

IRSNINSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2007

**Synthèse des résultats des réseaux
de surveillance de l'IRSN**

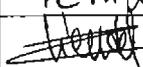
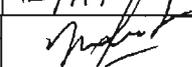
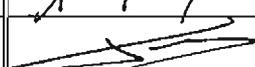
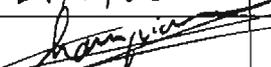


Projet 3.1.1. - Macroprocessus R3

BILAN DE L'ETAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT FRANÇAIS EN 2007

SYNTHESE DES RESULTATS DES RESEAUX DE SURVEILLANCE DE L'IRSN

Rapport DEI/SESURE n° 2008-48

	Réservé à l'unité		Visas pour diffusion		
	Auteur(s)	Vérificateur	Chef du SESURE	Directeur de la DEI	Directeur Général
Noms	Voir liste	G. MANIFICAT	J.M. PERES	D. CHAMPION	J. REPUSSARD
Dates	12/11/08	12/11/08	12/11/08	24/11/08	28/11/08
Signatures					

DIFFUSION : Libre Interne Limitée

Ont contribué à l'élaboration de ce rapport :

Nom	Organisme
CHAPTAL-GRADOZ Nathalie	Service d'étude et de surveillance de la radioactivité dans l'environnement
CHEVREUIL Martial	
CHITRY Frédéric	
D'AMICO Donato	
DEBAYLE Christophe	
LEPRIEUR Fabrice	
MANIFICAT Guillaume	
PERES Jean-Marc	
PIERRARD Olivier	
VERAN-VIGUIE Marie-Pierre	
RENAUD Philippe	
ROUSSEL-DEBET Sylvie	
THEBAULT Hervé	
FAYOLLE Corinne	Service de traitement des échantillons et de mesure pour l'environnement
LOYEN Jeanne	
ROBE Marie-Christine	

Le programme de surveillance radiologique du territoire a nécessité les compétences techniques et les moyens métrologiques de plusieurs laboratoires de l'IRSN :

- laboratoire de veille radiologique de l'environnement
- laboratoire de radioécologie de Cherbourg-Octeville
- laboratoire de traitement des échantillons
- laboratoire de mesure nucléaire
- laboratoire de mesure de la radioactivité dans l'environnement

La réalisation de l'ensemble des prélèvements ne pourrait se faire sans la contribution de nombreux correspondants (Service d'intervention et d'assistance en radioprotection de l'IRSN, 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
--

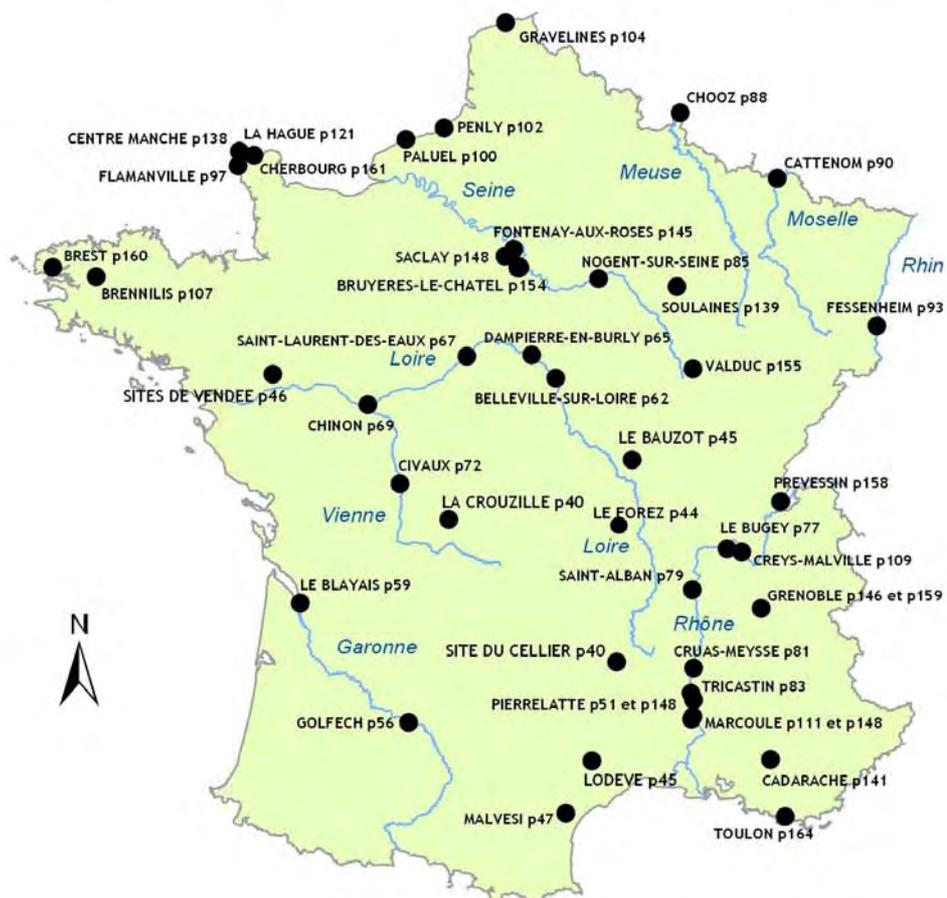
- SOMMAIRE -

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 SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE	17
IV.2. ORGANISATION DE LA SURVEILLANCE ET MOYENS ALLOUES	18
IV.2.1 Les réseaux de télésurveillance.....	19
IV.2.2 Les réseaux de prélèvements.....	20
IV.3. METHODOLOGIE ADOPTEE POUR LE CHOIX DES STATIONS DE SURVEILLANCE	23
IV.3.1 Choix des stations de prélèvements.....	23
IV.3.2 Choix des matrices environnementales.....	24
IV.3.3 Plans d'analyses.....	25
IV.3.4 Traitement et conditionnement des échantillons.....	26
IV.3.5 Radiochimie et mesures physiques.....	27
V. EVENEMENTS RADIOLOGIQUES DETECTES EN 2007.....	30
V.1. DETECTION D'UNE ACTIVITE ELEEVEE DUE AU TRITIUM DANS UN PRELEVEMENT D'EAU DANS L'ENVIRONNEMENT DE SACLAY EN FEVRIER 2007	30
V.2. DETECTION D'EMETTEURS ALPHA DANS LES PRELEVEMENTS D'AEROSOLS A PIERRELATTE EN OCTOBRE 2007	30
V.3. DETECTION DE COBALT 60 DANS UN PRELEVEMENT D'AEROSOLS DANS L'ENVIRONNEMENT DU SITE DE SOMANU AREVA A MAUBEUGE EN NOVEMBRE 2007	32
V.4. ELEVATION DU NIVEAU D'ACTIVITE BETA GLOBALE DANS LES AEROSOLS EN DECEMBRE 2007 DANS LE CENTRE ET LE NORD-EST DE LA FRANCE	33
V.5. DETECTION D'URANIUM DANS L'EAU DE L'ESSONNE A PITHIVIERS	34
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 DE L'ENVIRONNEMENT A PROXIMITE DES SITES NUCLEAIRES	38
VI.3. PRESENTATION DES RESULTATS.....	39
VI.4. RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES ANCIENS SITES MINIERS	39
VI.4.1 Site du Cellier (12).....	40
VI.4.2 Division minière de la Crouzille (87)	40
VI.4.3 Site du Forez (42).....	44
VI.4.4 Site du Bazot (71).....	45
VI.4.5 Site de Lodève (34).....	45
VI.4.6 Site de Vendée (44).....	46
VI.5. RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES INDUSTRIES SITUEES EN AMONT DANS LE CYCLE DU COMBUSTIBLE.....	47
VI.5.1 Site de Malvesi (11).....	47
VI.5.2 Site de Pierrelatte-Tricastin (26).....	51
VI.6. RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES CENTRALES NUCLEAIRES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE.....	55
VI.6.1 Bassin versant de la Garonne (82, 33).....	55
VI.6.2 Bassin versant de la Loire (18, 45, 41, 37, 86).....	61
VI.6.3 Bassin versant du Rhône (01, 38, 07, 26).....	76
VI.6.4 Bassin versant de la Seine - Nogent-sur-Seine (10).....	85
VI.6.5 Bassin versant de la Meuse - Chooz (08).....	88
VI.6.6 Bassin versant de la Moselle - Cattenom (57).....	90
VI.6.7 Bassin versant du Rhin - Fessenheim (68).....	93
VI.6.8 Le littoral de la Manche (50, 76, 59).....	97
VI.6.9 Installations à l'arrêt (29, 38)	107

VI.7. RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES INDUSTRIES SITUÉES EN AVAL DANS LE CYCLE DU COMBUSTIBLE.....	111
<i>VI.7.1 Site de Marcoule (30)</i>	111
<i>VI.7.2 Site de la Hague (50)</i>	121
VI.8. RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES CENTRES DE STOCKAGE DES DECHETS.....	138
<i>VI.8.1 Centre de stockage de la Manche (50)</i>	138
<i>VI.8.2 Centre de stockage de Soulaives (10)</i>	139
VII. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES CENTRES DE RECHERCHE ET DES BASES NAVALES NUCLEAIRES	141
VII.1. LES CENTRES DE RECHERCHE	141
<i>VII.1.1 CEA - centre de Cadarache (13)</i>	141
<i>VII.1.2 CEA - centre de Fontenay-aux-Roses (92)</i>	145
<i>VII.1.3 CEA - centre de Grenoble (38)</i>	146
<i>VII.1.4 CEA - centre de Valrho - Sites de Pierrelatte (26) et Marcoule (30)</i>	148
<i>VII.1.5 CEA - centre de Saclay (91)</i>	148
<i>VII.1.6 CEA - centre de Bruyères-le-Châtel (91)</i>	154
<i>VII.1.7 CEA - centre de Valduc (21)</i>	155
<i>VII.1.8 CERN - Prévessin (01)</i>	158
<i>VII.1.9 Institut Laue Langevin - Grenoble (38)</i>	159
VII.2. LES BASES NAVALES NUCLEAIRES	159
<i>VII.2.1 Brest (29)</i>	160
<i>VII.2.2 Cherbourg (50)</i>	161
<i>VII.2.3 Toulon (83)</i>	164
VIII. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES REJETS RADIOACTIFS DES SERVICES DE MEDECINE NUCLEAIRE.....	166
VIII.1. UTILISATION DES RADIONUCLEIDES EN MEDECINE NUCLEAIRE.....	166
VIII.2. LE RESEAU TELEHYDRO	166
<i>VIII.2.1 implantation et fonctionnement</i>	168
<i>VIII.2.2 Résultats acquis en 2007</i>	168
IX. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE GENERALE DU TERRITOIRE.....	170
IX.1. LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE.....	170
<i>IX.1.1 L'air</i>	170
<i>IX.1.2 Les aérosols atmosphériques</i>	178
<i>IX.1.3 Les eaux de pluies</i>	184
IX.2. LE MILIEU CONTINENTAL.....	185
<i>IX.2.1 Les cours d'eau (fleuves et rivières)</i>	185
<i>IX.2.2 Le milieu terrestre</i>	190
IX.3. LE LITTORAL.....	202
<i>IX.3.1 Les eaux de mer</i>	202
X. DIFFUSION DES DONNEES SUR INTERNET	206
X.1. LE SITE TELERAY	206
X.2. LE SITE EAU	207
X.3. LE SITE AEROSOL	208
X.4. LE SITE OPERA.....	209
XI. GLOSSAIRE.....	210
XII. ELEMENTS D'INFORMATION SUR LA RADIOACTIVITE ET LES RAYONNEMENTS IONISANTS	213
XII.1. QU'EST-CE QUE LA RADIOACTIVITE ?.....	213
XII.2. LA PERIODE RADIOACTIVE D'UN ELEMENT	213
XII.3. D'OU VIENT LA RADIOACTIVITE ?.....	214
<i>XII.3.1 Les sources d'exposition naturelle</i>	214
<i>XII.3.2 Les sources d'exposition provenant des applications des rayonnements ionisants</i> ...	215
XII.4. LES RAYONNEMENTS IONISANTS.....	215

<i>XII.4.1 Les différents rayonnements ionisants.....</i>	<i>215</i>
<i>XII.4.2 Les effets biologiques des rayonnements ionisants.....</i>	<i>216</i>
<i>XII.4.3 Les modes d'exposition aux rayonnements.....</i>	<i>216</i>
XIII. NOTIONS DE RADIOPROTECTION.....	218
XIV. INDEX DES FIGURES.....	219
XV. INDEX DES CARTES.....	221
XVI. INDEX DES TABLEAUX.....	223

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



Accès direct aux résultats de la surveillance générale du territoire français

Page 170 : **LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE**
(l'air, les aérosols, les eaux de pluie)

Page 185 : **LE MILIEU CONTINENTAL**
(les cours d'eau, les sols, les végétaux, ...)

Page 202 : **LE LITTORAL**
(les eaux de mer)



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 à :

- détecter aussi rapidement que possible et caractériser toute élévation anormale d'un accident radiologique ou nucléaire survenu en France ou à l'étranger ;
- vérifier que les activités nucléaires sont menées dans le respect des règles de rejet qui s'imposent à elles ;
- s'assurer que les milieux, dans toutes leurs composantes, restent dans un état radiologique satisfaisant qui n'induit pas une exposition excessive des personnes ou des écosystèmes.

Pour y répondre, l'IRSN gère un ensemble de stations de prélèvements et de mesures, répartis sur la totalité du territoire, qui correspond à deux natures de dispositifs :

- des balises de mesure automatique (plus de 200) avec une transmission en temps réel, assurent la mesure en continu de la radioactivité dans l'air et dans les fleuves pouvant déclencher une alerte en cas d'élévation inhabituelle de la radioactivité ;
- la collecte régulière d'échantillons sur 600 stations réparties sur l'ensemble du territoire, permet de quantifier les niveaux d'activité dans une vingtaine de matrices environnementales (aérosols, sédiments, herbes, mousses, mollusques ...). Ces échantillons sont mesurés dans les laboratoires accrédités de l'Institut.

Au total en 2007, 30000 prélèvements ont été effectués, donnant lieu à plus de 54 000 analyses. Pour les réseaux de télésurveillance, plus 17 millions de mesures 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.

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.

Du point de vue qualitatif, les niveaux de radioactivité mesurés par le dispositif de surveillance de l'IRSN en 2007 sont restés dans la gamme habituellement observée. Néanmoins, les réseaux de surveillance de l'IRSN ont détecté à cinq reprises une élévation inhabituelle de la radioactivité dont trois d'origine artificielle. Ces événements sont décrits au chapitre V.

En parallèle de la gestion de l'ensemble de ces dispositifs de surveillance, l'IRSN a engagé des réflexions et des développements techniques visant à s'adapter aux changements de contexte :

- d'une part, les chroniques de mesure de la radioactivité en France montrent une tendance générale à la diminution de l'activité de la plupart des radionucléides artificiels dans l'environnement, en relation avec l'évolution des activités nucléaires dont les rejets ont significativement été réduits ;
- d'autre part, des évolutions techniques sont nécessaires pour répondre aux attentes nouvelles des autorités et des acteurs de la société qui questionnent tout autant sur la compréhension des tendances évolutives que sur le respect des seuils réglementaires.

En termes d'information du public, l'Institut a poursuivi la diffusion des résultats de télémessure de la radioactivité gamma ambiante ainsi que ceux de la mesure de la radioactivité dans les aérosols, les eaux, boues et sédiments sur le site internet www.irsn.org, rubrique « radioactivité dans l'environnement ». L'Institut travaille actuellement au regroupement de ces résultats de surveillance dans une seule et même application Internet à accès cartographique. En complément, le présent bilan sera diffusé à 400 correspondants (préfectures, DRASS, DDASS, CLI, associations...) sous format papier ou CD ROM et mis en ligne sur le site Internet de l'Institut.

L'édition 2007 constitue la quatrième parution du bilan annuel de l'état radiologique de l'environnement, pour laquelle une attention particulière a été à nouveau portée sur le délai de publication. Des nouveautés méritent d'être soulignées, en particulier la systématisation des cartes des environs des sites surveillés et la mise en exergue de résultats particuliers ou de synthèses, sous forme d'encadrés bleus repérables dans le texte. La plupart de ces « focus » concernent des chroniques longues de résultats, que l'Institut est en mesure de présenter en raison du patrimoine unique de résultats de surveillance dont il dispose, couvrant plusieurs décennies. Nous sommes convaincus que ces présentations de résultats commentés donnent un meilleur éclairage des niveaux rencontrés sur le territoire. L'IRSN envisage pour l'avenir d'orienter encore davantage son bilan radiologique selon ce nouveau mode de présentation qui intégrera la connaissance acquise par l'institut dans le cadre d'études radioécologiques particulières.

Je vous souhaite une agréable lecture du bilan 2007, 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.

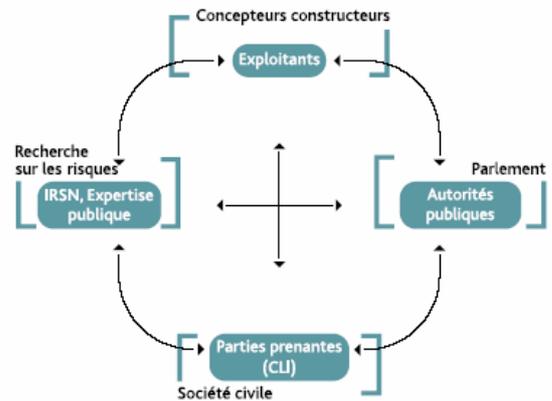
Jacques Repussard
Directeur Général

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 (299 M€ en 2007) est financé à hauteur de 69 % 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.

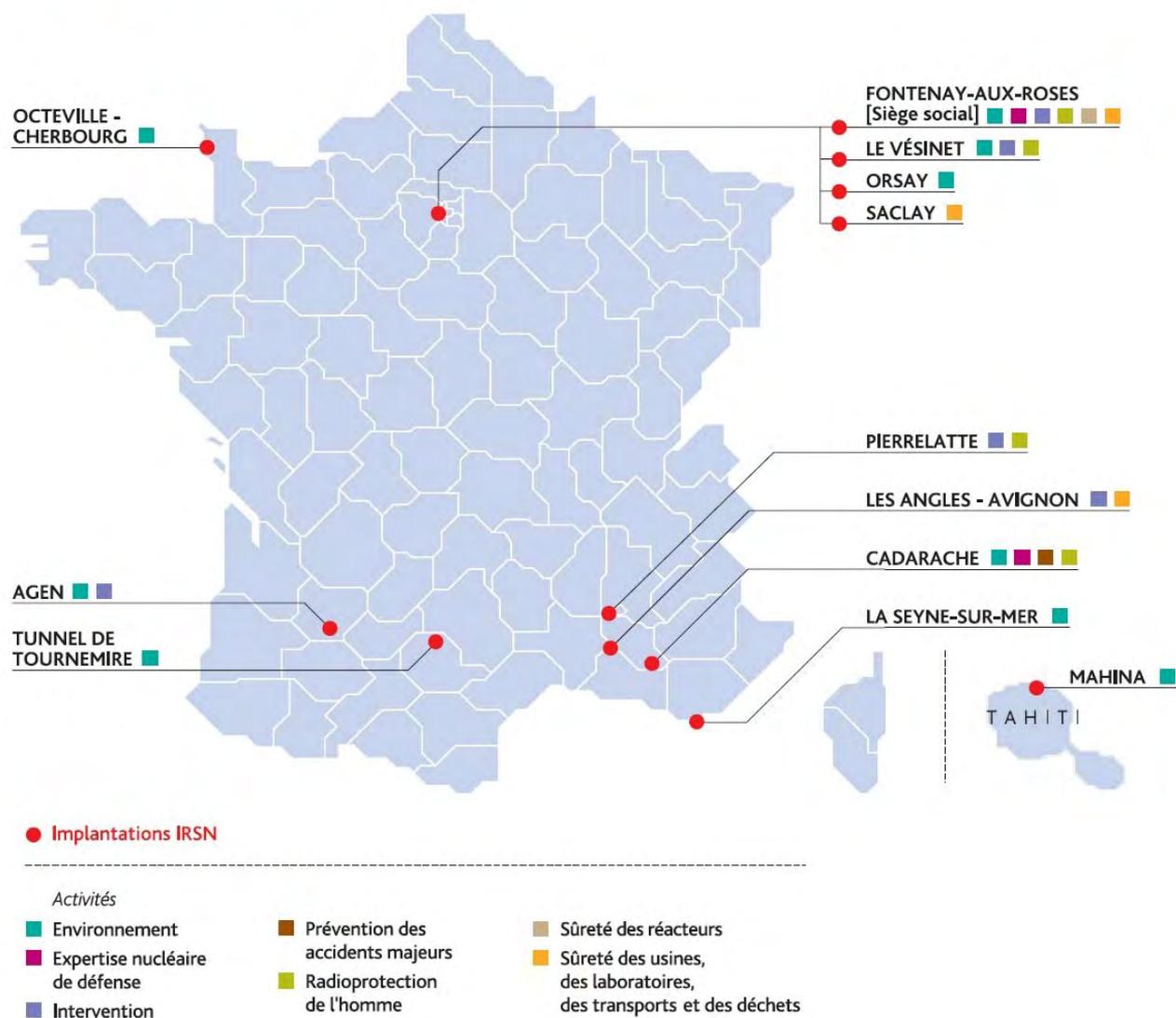
L'IRSN couvre l'ensemble du champ des activités nucléaires civiles ou de défense :

- **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 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 2 000 000 de consultations ont été enregistrées en 2007 ;
- **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.

Les implantations



Carte 2 : Implantations des sites de l'IRSN

III. MODE DE PRESENTATION DES RESULTATS

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 sont 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 faisant référence aux séries chronologiques disponibles. Dans cette édition 2007, le bilan fait ressortir certaines d'entre elles à travers des encarts détaillés.

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 le site Internet de l'IRSN.

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 229) : il permet de visualiser l'ensemble des stations de surveillance sur le territoire français et de retrouver les pages recherchées.

IV. LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

IV.1. LES OBJECTIFS DE LA SURVEILLANCE 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).

La surveillance radiologique de l'environnement menée par l'IRSN répond à trois objectifs principaux et complémentaires :

- détecter rapidement et caractériser toute élévation de radioactivité pouvant résulter d'un incident ou d'un accident survenant dans une installation nucléaire

Pour cela l'Institut développe des moyens permettant de détecter et de suivre aussi rapidement que possible une évolution anormale de la radioactivité dans l'environnement. Ainsi, l'IRSN est en mesure d'alerter précocement les pouvoirs publics d'une situation accidentelle et d'appuyer la gestion de crise qui en découle.

- vérifier que les activités nucléaires sont menées dans le respect des règles de rejet qui s'imposent à elles

Pour répondre à cet objectif, et en complément de la surveillance réglementaire assurée par les exploitants, l'Institut exploite des dispositifs de prélèvements dans les différents compartiments de l'environnement, localisés à proximité des installations nucléaires, afin de déceler d'éventuels « marquages discrets » provenant des rejets chroniques autorisés des installations. Par son expérience acquise et ses moyens d'expertise opérationnels, l'Institut contribue à l'évolution de la réglementation dans ce domaine.

- s'assurer que les milieux, dans toutes leurs composantes, restent dans un état radiologique satisfaisant qui n'induit pas d'exposition excessive des personnes ou des écosystèmes

Cet objectif passe par le suivi de l'évolution spatiale et temporelle des niveaux de radioactivité sur l'ensemble du territoire même s'il se focalise plus particulièrement sur l'environnement des principales installations susceptibles de rejeter des radionucléides. L'ensemble des mesures réalisées dans l'environnement et dans les éléments de la chaîne alimentaire contribue à l'évaluation des doses auxquelles la population est exposée.

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 nucléaires du cycle du combustible (Chapitre VI), centres 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).

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

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 d'indicateurs biologiques (compartiments biotique et abiotique) et de denrées (deux productions françaises, principalement le lait et le blé).

Les résultats de l'année 2007 sont 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) ;
- 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, préfetures, 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 ;
- la Direction Générale de l'Alimentation ;
- la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes.

IV.2.1 LES RESEAUX DE TELESURVEILLANCE

Les réseaux de télésurveillance sont constitués de 206 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.2.1.2) ;
- **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, et en temps réel, les données de ces quatre réseaux et les stocke. Un système de supervision associé à ce serveur peut déclencher une alarme du gestionnaire du dispositif de surveillance, en cas d'élévation inhabituelle de la radioactivité. La salle de télésurveillance située au Vésinet est dédiée à la centralisation et à la consultation des données ainsi qu'au pilotage des réseaux en situation d'urgence radiologique.

Tableau 1 : Nombre de mesures collectées en 2007 par les réseaux de télésurveillance sur le territoire français

Réseau	Nombre de mesures /an
Téléray (164 stations)	17 000 000
SARA (13 stations)	90 000
Hydrotéléray (7 stations)	30 000
Téléhydro (7 stations)	245 000



Figure 1 : Salle de télésurveillance de l'IRSN

Depuis début 2007, un programme de modernisation de ces dispositifs de télésurveillance est engagé en s'appuyant sur une plateforme d'expérimentation, installée au Vésinet. Les travaux conduits dans ce cadre ont pour objet d'une part d'améliorer les outils informatiques de gestion et de traitement de données arrivant dans le serveur central, et d'autre part de conduire des tests afin de sélectionner des sondes plus performantes.



Figure 2 : Salle Argos et sa plateforme de test

IV.2.2 LES RESEAUX DE PRELEVEMENTS

Les réseaux de surveillance par prélèvements de l'IRSN couvrent l'ensemble du territoire français et sont constitués de plus de 600 points de prélèvements d'échantillons qui sont ensuite analysés dans les laboratoires de l'Institut.

Ces prélèvements concernent les différents compartiments de l'environnement dans lesquels un marquage est susceptible d'être observé :

- 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 (sols, végétaux, produits de la chaîne alimentaire) ;
- le compartiment aquatique continental (prélèvements d'eaux de surface continentales, de matières en suspension (MES) décantées, sédiments, flore ou faune aquatiques) ;
- le compartiment marin (prélèvements d'eaux de surface marines, de sédiment, de flore et faune).

En 2007, plus de 30 000 prélèvements de 20 types différents ont été effectués sur l'ensemble du territoire français. Ils ont donné lieu à plus de 54 000 analyses.



Figure 3 : Prélèvements d'eau et de sédiments d'étangs et de ruisseaux



Figure 4 : Prélèvements d'herbe et arrivée à l'IRSN d'échantillons de sédiments, salades et feuilles d'arbres

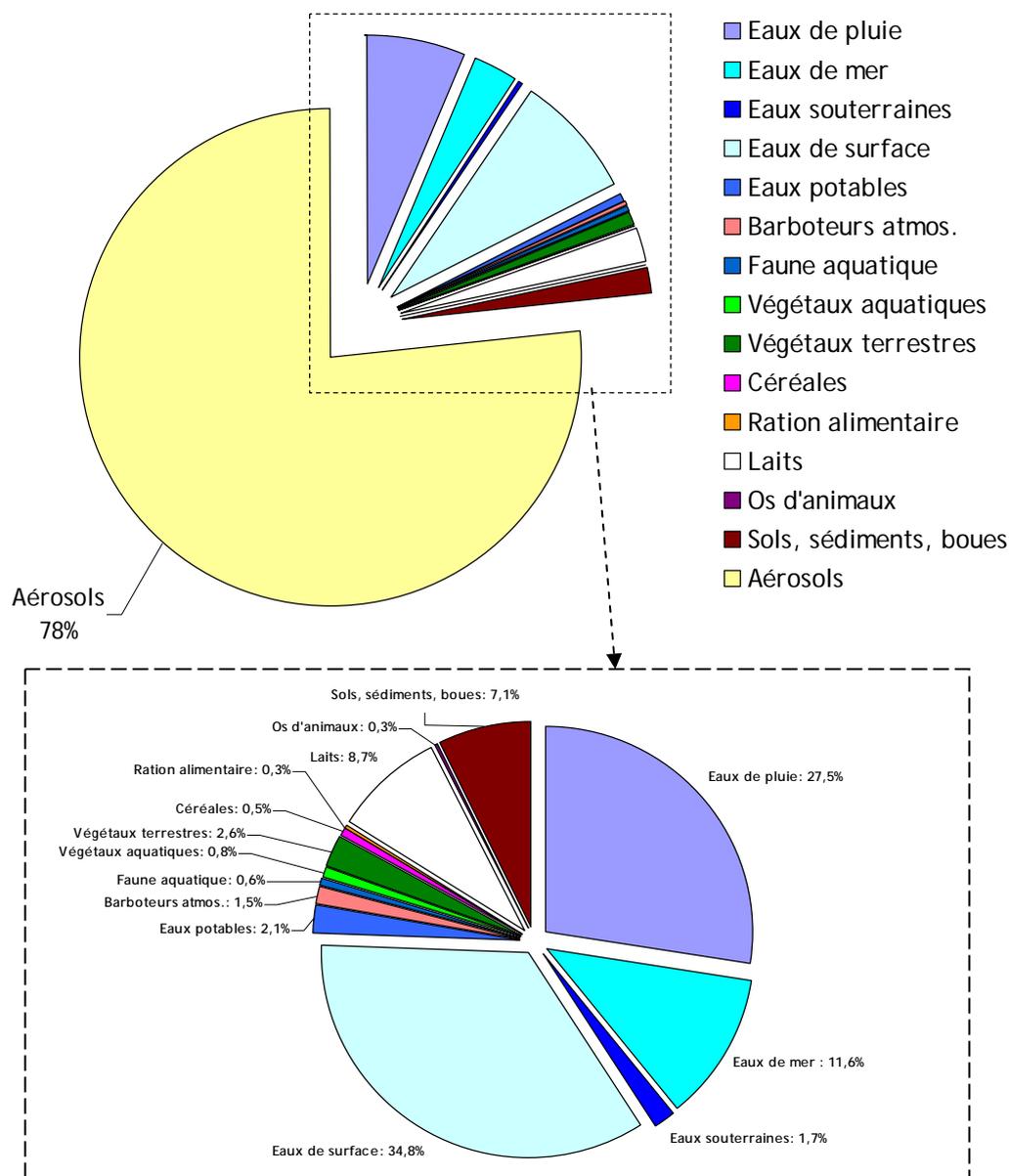


Figure 5 : Répartition par matrice des prélèvements réalisés en 2007

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

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 du marquage concerné 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 COMPARTIMENTS TERRESTRE ET ATMOSPHERIQUE

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. L'examen de la rose des vents² permet 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 sont représentatives des 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 d'aérosols atmosphériques ainsi que l'échantillonnage d'eau de pluie, de sol, de végétaux et de productions animales (principalement du lait), sont effectués au niveau de chaque station de référence.

En complément, il a été jugé pertinent de surveiller certaines agglomérations afin d'évaluer l'exposition des populations dans des sites très 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. Les échantillons d'eau sont 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 et de matières en suspension (MES) peut être manuel ou automatique (hydrocollecteurs), et être associé à un prélèvement de sédiments.

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.

² Calculée pour une période donnée, la rose des vents indique, sous forme de tableaux et graphiques, la fréquence des vents par direction.

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-après détaillent les différents prélèvements effectués dans les compartiments terrestre, aquatique continental et marin, ainsi que les critères associés à ces choix. En France, des prélèvements ou des mesures automatisées (Télésurveillance) déployés par l'IRSN sont également indiqués.

IV.3.2.1 COMPARTIMENT TERRESTRE

Milieux/Produits	Justification	Nature des prélèvements ou mesures
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
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	Nature des prélèvements ou mesures
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
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
Poissons	Régulièrement consommés par l'homme, les poissons sont de bons intégrateurs des radionucléides	Poissons

IV.3.2.3 COMPARTIMENT MARIN

Milieux/Produits	Justification	Nature des prélèvements ou mesures
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
Algues	Les algues marines réagissent rapidement à des variations de concentration de la radioactivité de l'eau	Algues vertes ou brunes répandues
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
Poissons	Leur position en fin de chaîne alimentaire en fait de bons intégrateurs des radionucléides, et ils sont largement consommés par les populations	Poissons, crustacés

IV.3.3 PLANS D'ANALYSES

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

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 ou du site

surveillé (taille, nature des rejets - voir au paragraphe VI.2. milieux récepteurs...) et de son historique événementiel (incidents passés, rejets passés, retombées...).

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

IV.3.4 TRAITEMENT ET CONDITIONNEMENT DES ECHANTILLONS

La mesure de la radioactivité sur un échantillon débute par sa préparation physique. Celle-ci va du simple conditionnement en récipient 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 M.E.S. Sédiments	Séchage Broyage Homogénéisation Calcination	Produit frais Produit sec Cendres	Spectrométrie gamma Spectrométrie alpha Comptages globaux (α , β) Strontium 90 Carbone 14 et élémentaire
Productions végétales Céréales	Séchage Broyage Homogénéisation Calcination Lyophilisation	Produit frais Produit sec	Spectrométrie gamma Spectrométrie alpha Tritium libre Strontium 90
Lait	Homogénéisation	Produit lyophilisé	Comptages globaux (α , β)
Poissons Crustacés Mollusques Algues	Séparation de la chair Séchage Broyage Homogénéisation Lyophilisation Calcination	Phase liquide Cendres	Carbone 14, carbone élémentaire Strontium + Terres Rares
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 Carbone 14, carbone élémentaire 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 6 : Récupération d'herbe séchée et broyée



Figure 7 : Récupération d'un papier filtre contenant les matières en suspension d'une eau filtrée

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.

En 2007, dans le cadre du programme de surveillance de la radioactivité dans l'environnement, plus de 30 000 échantillons ont été analysés ce qui a conduit à environ 54 000 mesures de radioactivité.

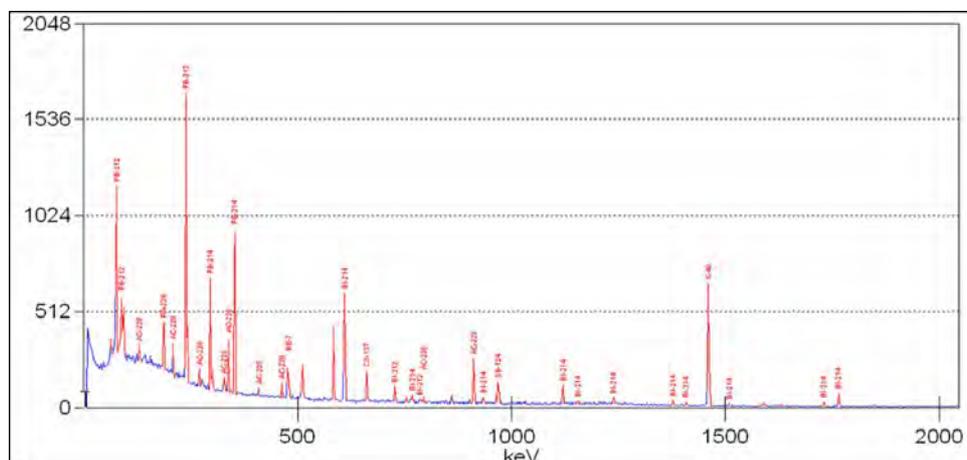


Figure 8 : Spectre des émetteurs de rayonnement gamma mesurés dans un sédiment du Rhône



Figure 9 : Transfert d'une solution aqueuse dans une cellule de déposition pour obtention d'un dépôt en couche mince avant mesure par spectrométrie alpha



Figure 10 : Chargement d'un compteur proportionnel en vue de la détermination de l'indice d'activité bêta globale

Crédit photos: M. Lafontan / O. Seignette

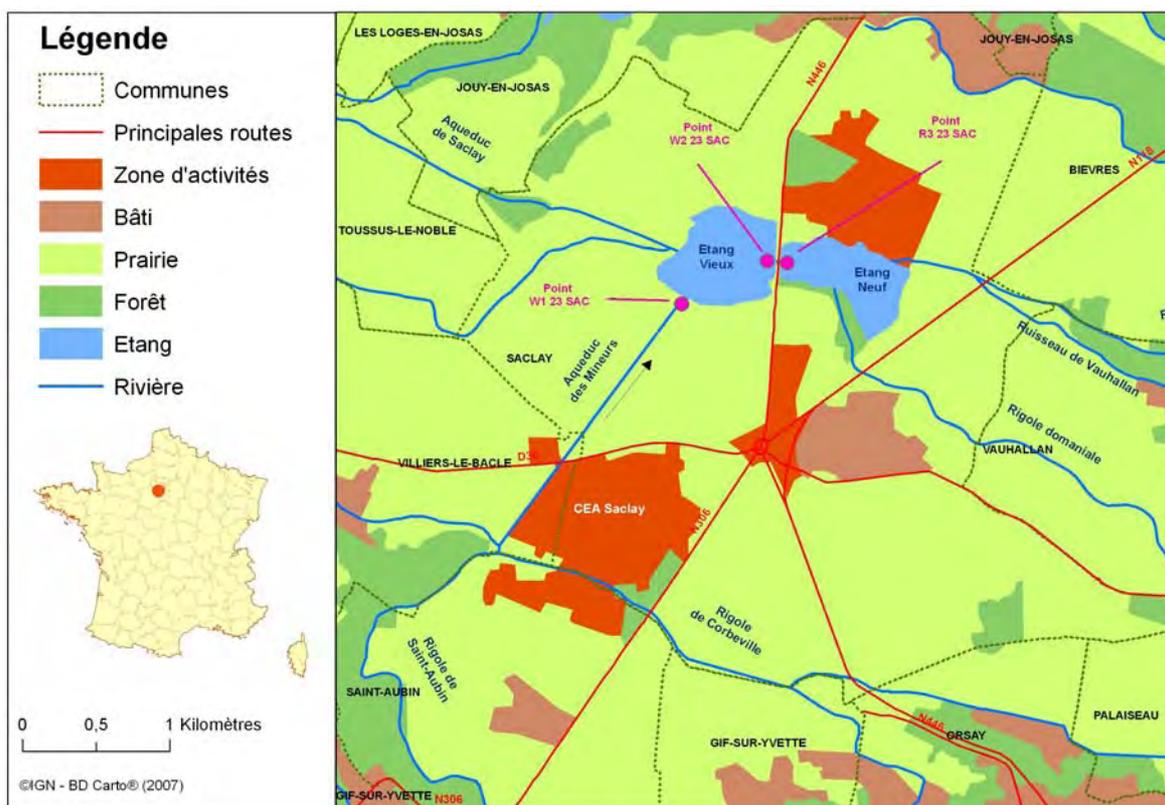
V. EVENEMENTS RADIOLOGIQUES DETECTES EN 2007

Au cours de l'année 2007, les réseaux de surveillance radiologique de l'IRSN ont, à 5 reprises, enregistré une élévation inhabituelle du niveau d'activité de certains radionucléides dans l'environnement. Ces événements ont fait l'objet d'études spécifiques destinées à rechercher l'origine de ces hausses d'activité. Les marquages radiologiques de l'environnement induits par ces événements ont été faibles et n'ont pas eu de conséquences sanitaires sur la population.

V.1. DETECTION D'UNE ACTIVITE ELEVEE DUE AU TRITIUM DANS UN PRELEVEMENT D'EAU DANS L'ENVIRONNEMENT DE SACLAY EN FEVRIER 2007

Une activité en tritium de 670 Bq/l a été détectée dans l'eau prélevée le 23 février 2007 à l'Aqueduc des Mineurs à Saclay, exutoire des rejets liquides du centre d'études du CEA.

Selon l'exploitant, le 22 février 2007, une manipulation programmée dans un laboratoire du bâtiment 547 a conduit au rejet de 237 GBq de tritium gazeux par l'émissaire E24 entre 8h00 et 23h00. Compte tenu de la direction des vents les 22 et 23 février, le tritium a été rabattu sur l'eau des aéroréfrigérants des réacteurs en cours de fonctionnement sur le centre, eau qui s'est ensuite déversée dans l'Aqueduc des Mineurs. Les résultats d'analyse des prélèvements journaliers du CEA, déclarés à l'ASN, indiquent des activités volumiques moyennes de 461, 487 et 210 Bq/l pour les 22, 23 et 24 février respectivement. Ces résultats sont cohérents avec l'activité de 670 Bq/l mesurée par l'IRSN dans le prélèvement ponctuel du 23 février.



Carte 3 : Plan de l'environnement du CEA de Saclay et des eaux surveillées

V.2. DETECTION D'EMETTEURS ALPHA DANS LES PRELEVEMENTS D'AEROSOLS A PIERRELATTE EN OCTOBRE 2007

Une valeur de 1 mBq/m³ en activité alpha a été détectée dans les prélèvements d'aérosols effectués entre le 3 et le 5 octobre 2007 à la station IRSN du site AREVA NC Pierrelatte. Les jours suivants, d'autres anomalies de plus faible ampleur ont été constatées sur cette station et sur les deux autres stations implantées sur le site du Tricastin. Une valeur de 2 mBq/m³ en activité alpha a été mesurée dans le prélèvement d'aérosols du 15 au 16 octobre 2007 à la station IRSN du site AREVA NC Pierrelatte (Voir Figure 11, Figure 12 et Figure 13).

La détection du thorium 234 ($0,09 \pm 0,05 \text{ mBq/m}^3$), descendant de l'uranium 238, dans les aérosols prélevés du 1^{er} au 24 octobre 2007 à la station AREVA NC Pierrelatte, permet de confirmer que la détection d'émetteurs alpha dans l'air était due à la présence d'uranium 238.

La déclaration par l'exploitant à l'ASN des incidents de fonctionnement survenus sur les installations COMURHEX (dont l'activité est de purifier et d'appliquer un traitement chimique au minerai d'uranium, avant son enrichissement pour la fabrication du combustible nucléaire) entre le 3 et le 11 octobre 2007 explique les anomalies radiologiques constatées par l'IRSN. Ces incidents de fonctionnement ont eu lieu dans l'atelier de décontamination et se sont accompagnés d'un dépassement ponctuel des seuils d'activité volumique alpha des rejets autorisés au niveau d'une cheminée de rejet.

COMURHEX a confirmé qu'un autre incident (de même origine) s'était produit entre le 15 et le 16 octobre 2007 expliquant la mesure de 2 mBq/m^3 .

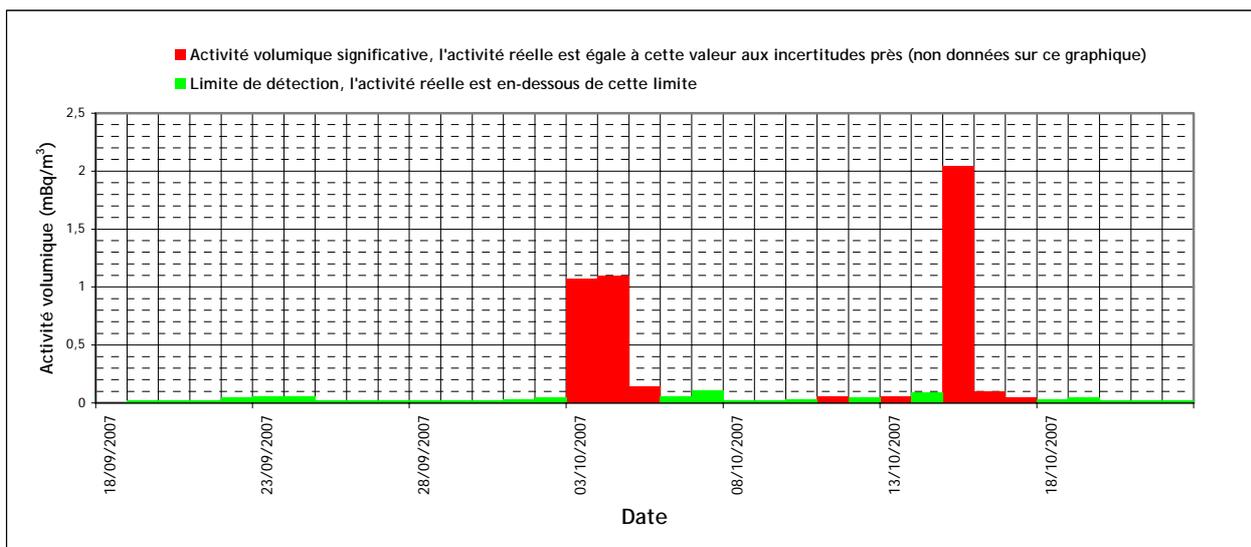


Figure 11 : Activité volumique alpha mesurée sur les prélèvements de la station d'AREVA NC Pierrelatte entre le 18 septembre et le 22 octobre 2007

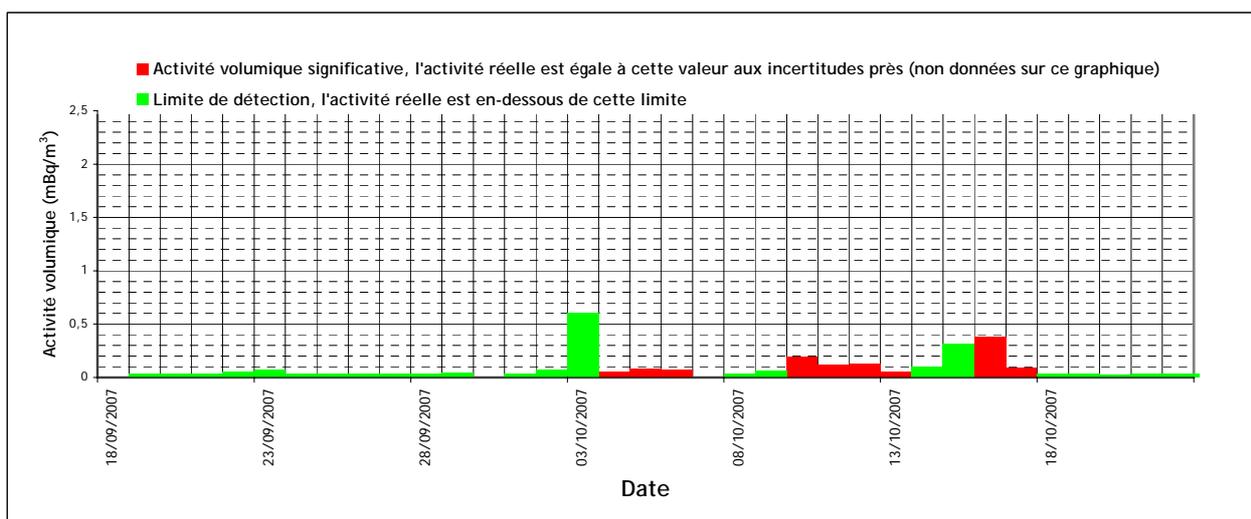


Figure 12 : Activité volumique alpha mesurée sur les prélèvements de la station d'EURODIF sur le site du Tricastin entre le 18 septembre et le 22 octobre 2007

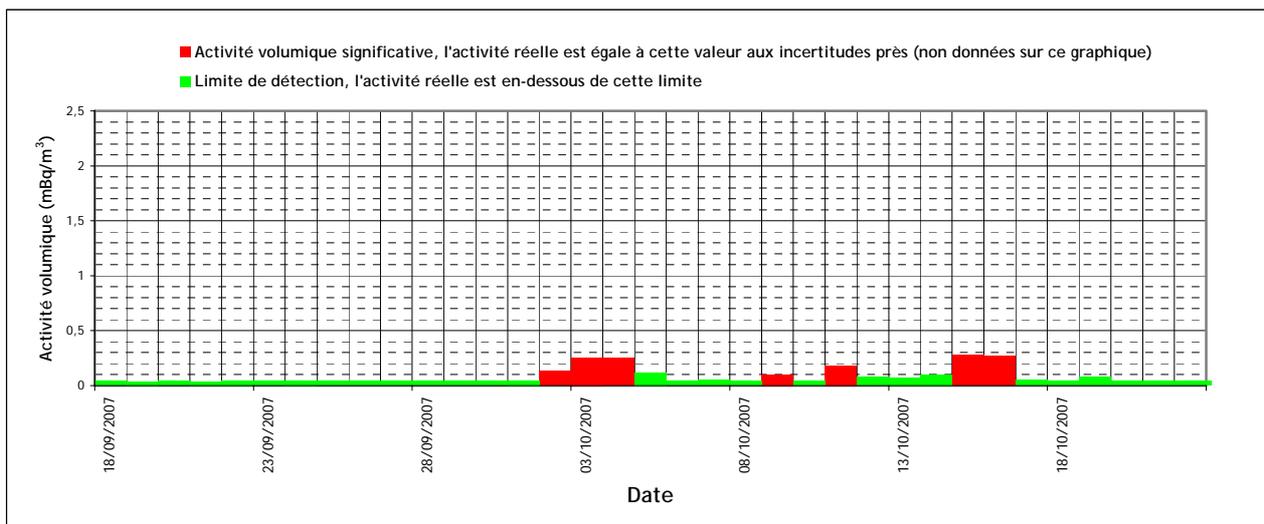


Figure 13 : Activité volumique alpha mesurée sur les prélèvements de la station du CNPE du Tricastin entre le 18 septembre et le 22 octobre 2007

V.3. DETECTION DE COBALT 60 DANS UN PRELEVEMENT D'AEROSOLS DANS L'ENVIRONNEMENT DU SITE DE SOMANU AREVA A MAUBEUGE EN NOVEMBRE 2007

Sur le site de SOMANU à Maubeuge, dont l'activité principale est la maintenance, l'entretien et la décontamination d'équipements de réacteurs nucléaires, une mesure bêta de $1,98 \pm 0,20$ mBq/m³ (supérieure aux valeurs habituelles de ce site, inférieures à 0,1 mBq/m³) a été observée dans le prélèvement d'aérosols effectué entre le 19 et le 20 novembre 2007. Les analyses complémentaires ont montré une activité de $1,36 \pm 0,33$ mBq/m³ en cobalt 60.

Ces constats ont été à l'origine d'une inspection de l'ASN, avec l'appui de l'IRSN.

Selon les explications fournies par l'exploitant, cette contamination atmosphérique ne proviendrait pas d'un dysfonctionnement récent de l'installation SOMANU.

L'hypothèse d'une ancienne contamination est fondée sur :

- l'absence, dans le prélèvement analysé par l'IRSN, de tous les autres radioéléments (cobalt 58, manganèse 54, etc.) qui, compte tenu des activités de l'installation, auraient dû normalement être également présents. Leurs absences s'expliqueraient par leurs disparitions par décroissance radioactive plus rapide que celle du cobalt 60 ;
- l'absence de contamination des filtres de très haute efficacité (THT) placés à la cheminée de rejet de l'installation ;
- l'absence de contamination sur le prélèvement d'aérosols de l'exploitant effectué au même endroit (les deux points sont distants de quelques mètres) et le même jour que le prélèvement de l'IRSN.

Ce constat montre que l'environnement atmosphérique n'est pas contaminé, ou alors de façon très ponctuelle et hétérogène.

Les hypothèses qui pourraient expliquer l'origine de cet événement sont :

- la remise en suspension d'anciennes poussières contaminées ;
- la contamination accidentelle du prélèvement par le correspondant local de la station chargé d'effectuer les prélèvements d'aérosols pour le compte de l'IRSN, celui-ci ayant effectué juste avant d'aller collecter le filtre aérosol de l'IRSN, des prélèvements d'herbe sur un point de surveillance du site où une contamination en cobalt 60 est connue et identifiée.

V.4. ELEVATION DU NIVEAU D'ACTIVITE BETA GLOBALE DANS LES AEROSOLS EN DECEMBRE 2007 DANS LE CENTRE ET LE NORD-EST DE LA FRANCE

Des activités volumiques bêta supérieures à 2,5 mBq/m³ ont été mesurées sur les prélèvements d'aérosols effectués entre le 18 et le 26 décembre 2007 dans les stations du Centre et du Nord-Est de la France. Les activités mesurées sur certains de ces prélèvements sont cinq à huit fois supérieures à celles habituellement mesurées.

Suite à ces événements, les analyses complémentaires (voir **Tableau 2**) effectuées sur ces prélèvements indiquent :

- l'absence de radioélément artificiel ;
- des activités significatives en plomb 210 ;
- un comptage alpha supérieur aux valeurs habituellement constatées.

En complément de ces observations, le réseau Téléray n'a décelé aucune augmentation sensible du débit de dose gamma sur la période et les sites concernés.

Ces constats permettent de conclure que les événements constatés sont d'origine naturelle et semblent dus aux conditions météorologiques pendant une période de grand froid. De telles conditions climatiques sont susceptibles d'induire une accumulation de particules atmosphériques en basse altitude et de favoriser la présence des radionucléides naturels issus de la désintégration du radon 222, notamment le plomb 210. Or l'IRSN a effectivement mesuré une activité en plomb 210 suffisante pour expliquer l'activité bêta mesurée sur ces prélèvements. La mesure d'une activité alpha significative s'explique par le radon 222 et ses descendants émetteurs alpha.

Des conditions météorologiques identiques avaient déjà induit une augmentation de l'activité bêta généralisée sur une vaste partie du territoire français en janvier 2006.

Tableau 2 : Analyses réalisées sur les prélèvements d'aérosols effectués du 18 au 26 décembre 2007 et sur lesquels une activité volumique bêta au moins égale à 2,5 mBq/m³ a été mesurée

Site	Comptage bêta	Comptage alpha	Activité du plomb 210	Période du prélèvement
SOMANU (Maubeuge)	2,7 ± 0,3 mBq/m ³	0,17 ± 0,05 mBq/m ³	2,5 ± 1,5 mBq/m ³	Du 24 au 25 décembre
CNPE de Saint Laurent des Eaux	2,9 ± 0,8 mBq/m ³	< 0,4 mBq/m ³	< 3,7 mBq/m ³	Du 23 au 24 décembre
	3,0 ± 0,8 mBq/m ³	0,15 ± 0,05 mBq/m ³	< 4,4 mBq/m ³	Du 24 au 25 décembre
CNPE de Nogent sur Seine	2,5 ± 0,3 mBq/m ³	0,17 ± 0,05 mBq/m ³	-	Du 21 au 22 décembre
	2,6 ± 0,3 mBq/m ³	0,16 ± 0,05 mBq/m ³	-	Du 22 au 23 décembre
	4,1 ± 0,4 mBq/m ³	0,26 ± 0,06 mBq/m ³	5,2 ± 2,1 mBq/m ³	Du 24 au 25 décembre
Lille	2,7 ± 0,3 mBq/m ³	0,15 ± 0,05 mBq/m ³	-	Du 22 au 23 décembre
CNPE de Fessenheim	3,1 ± 0,4 mBq/m ³	0,19 ± 0,06 mBq/m ³	-	Du 20 au 21 décembre
	2,5 ± 0,3 mBq/m ³	0,21 ± 0,06 mBq/m ³	-	Du 21 au 22 décembre
CNPE de Dampierre	2,5 ± 0,3 mBq/m ³	0,17 ± 0,05 mBq/m ³	-	Du 24 au 25 décembre
CNPE de Cattenom	3,5 ± 0,3 mBq/m ³	0,19 ± 0,05 mBq/m ³	4,8 ± 1,8 mBq/m ³	Du 24 au 25 décembre
	2,5 ± 0,3 mBq/m ³	0,13 ± 0,05 mBq/m ³	-	Du 25 au 26 décembre

Site	Comptage bêta	Comptage alpha	Activité du plomb 210	Période du prélèvement
CNPE de Belleville	2,5 ± 0,3 mBq/m ³	< 0,4 ± mBq/m ³	< 3,1 mBq/m ³	Du 24 au 25 décembre
Bourges	2,9 ± 0,8 mBq/m ³	0,15 ± 0,05 mBq/m ³	-	Du 24 au 25 décembre
Bellenaves	2,5 ± 0,3 mBq/m ³	0,21 ± 0,06 mBq/m ³	-	Du 18 au 19 décembre
	2,9 ± 0,3 mBq/m ³	0,17 ± 0,05 mBq/m ³	-	Du 19 au 20 décembre
	2,6 ± 0,5 mBq/m ³	0,13 ± 0,05 mBq/m ³	-	Du 20 au 21 décembre

V.5. DETECTION D'URANIUM DANS L'EAU DE L'ESSONNE A PITHIVIERS

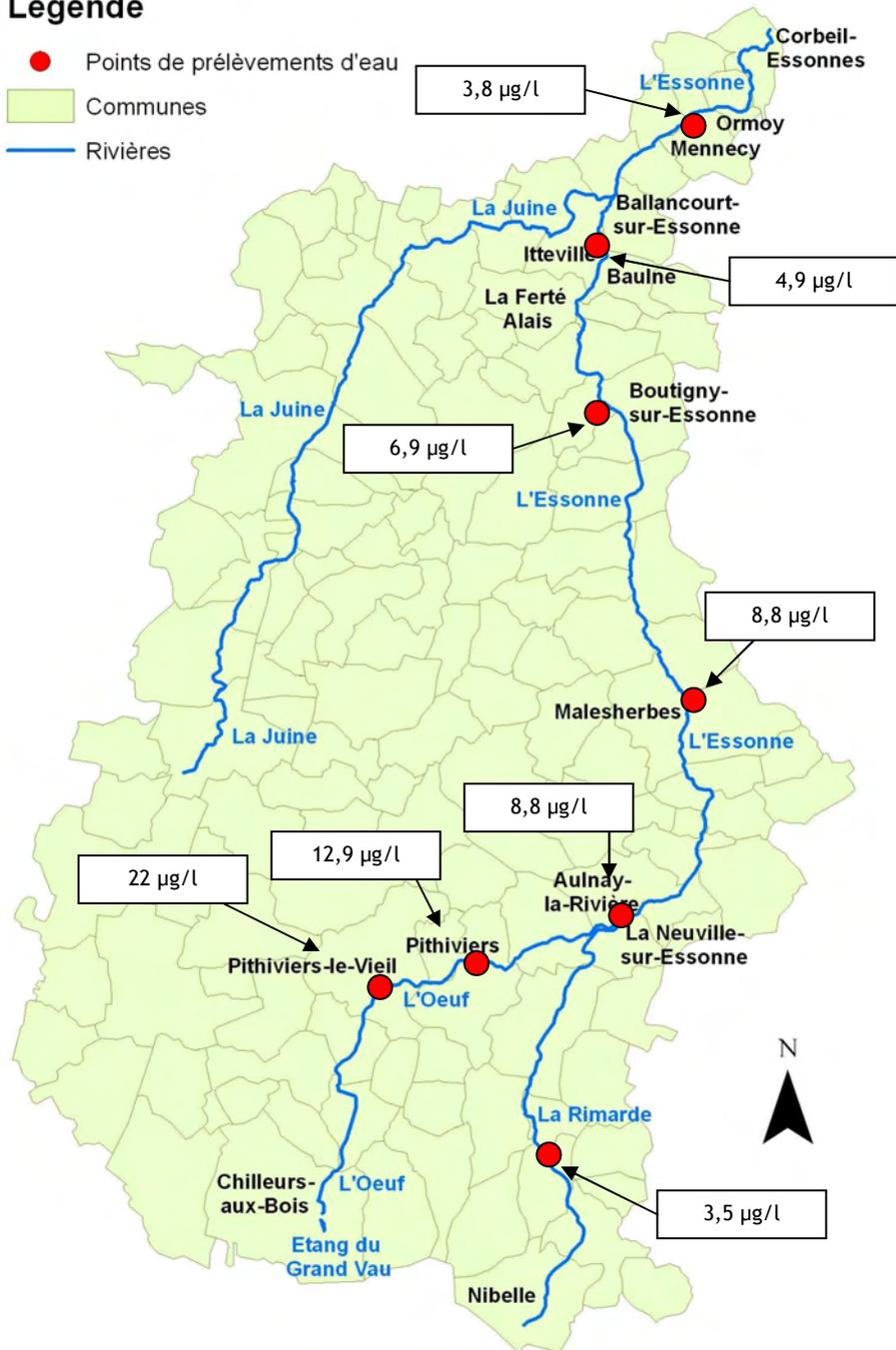
Dans le cadre d'investigations destinées à expliquer le niveau d'activité alpha globale proche de 0,1 Bq/l dans l'eau de la rivière Essonne près de sa confluence avec la Seine, l'IRSN a effectué différentes campagnes de prélèvements d'eau dans cette rivière en 2006 et 2007. Les résultats permettent de conclure que l'ancien site du CEA Le Bouchet, situé sur les communes de Vert-le-Petit et d'Itteville en bordure de l'Essonne, n'ajoute pas de supplément d'activité alpha globale significative dans l'eau de l'Essonne et n'est pas à l'origine du niveau d'activité alpha observé dans cette rivière. En effet, l'eau en amont hydraulique du site présente une activité alpha globale plus importante qu'en aval. Les investigations menées par l'IRSN conduisent à situer l'origine de ce marquage radiologique entre Pithiviers et Pithiviers-le-Vieil, où l'activité maximale mesurée est de 0,4 Bq/l en activité alpha, due à l'uranium.

Cette activité correspond à une concentration pondérale de l'uranium dans l'eau atteignant au maximum 22 µg/l aux environs de Pithiviers, dont l'origine n'a pas pu être précisément expliquée au terme des différentes campagnes de prélèvements. L'IRSN a communiqué à l'ASN et à sa division d'Orléans un rapport rendant compte de ces observations. Ce niveau de concentration est probablement à mettre en relation avec une origine naturelle, mais un examen est en cours afin de confirmer cette hypothèse et de s'assurer qu'il n'existe pas d'activité humaine actuelle ou passée pouvant être à l'origine de l'uranium observé dans l'Essonne dans ce secteur.

Les points de prélèvements avec les résultats des mesures de concentration en uranium pour les années 2006-2007 sont représentés sur la carte 4.

Légende

- Points de prélèvements d'eau
- Communes
- Rivières



Carte 4 : Points de prélèvements d'eau dans l'Essonne

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 combustible³ ;
- 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.

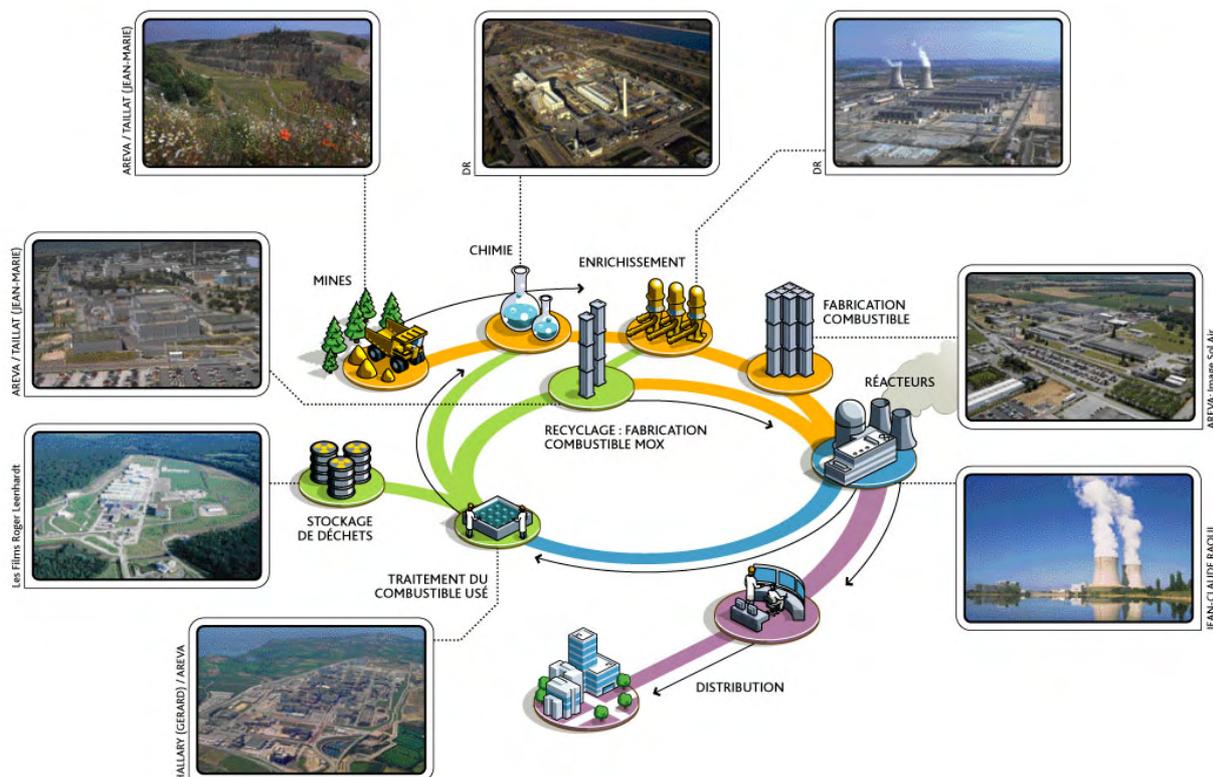


Figure 14 : Schéma simplifié du cycle du combustible nucléaire

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

³ 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 (cf. figure 15).

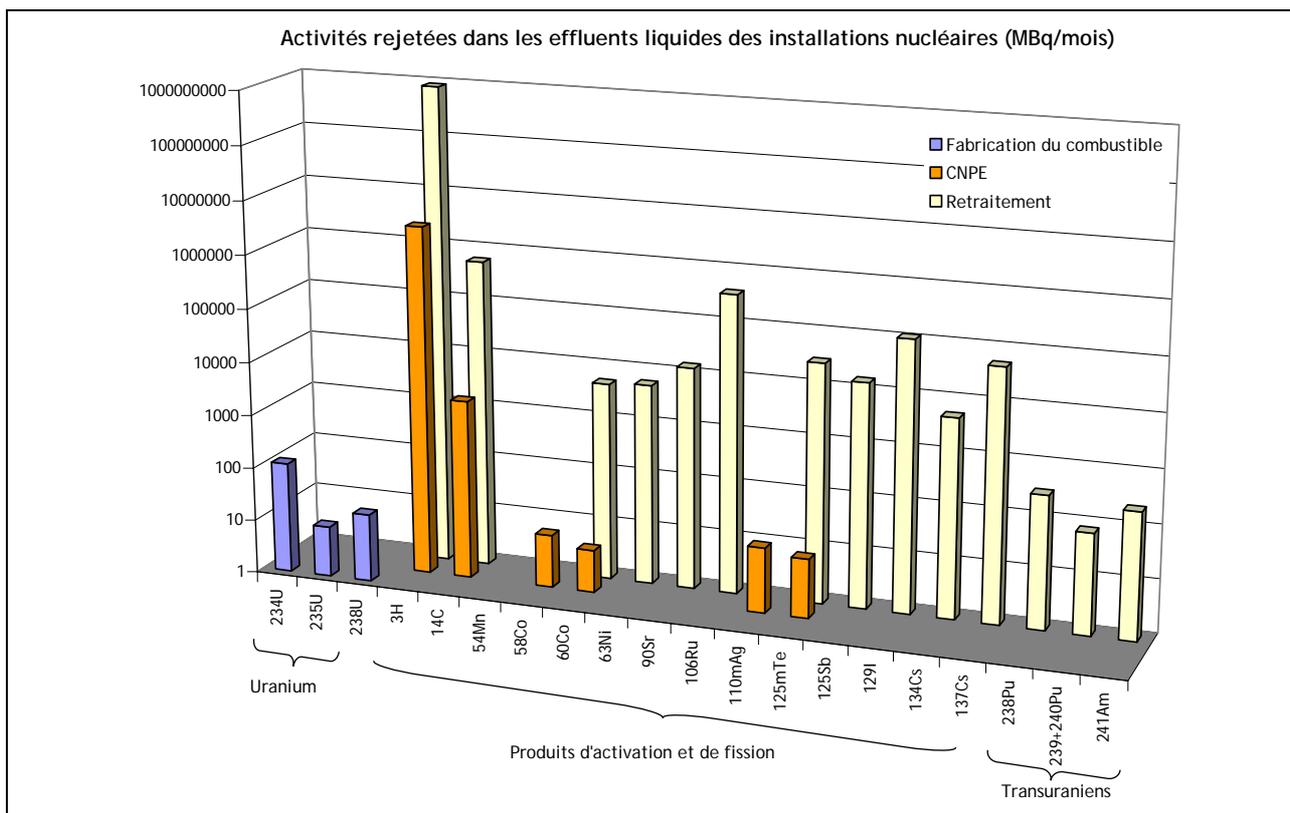


Figure 15 : Compositions types des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine de fabrication du combustible, d'un CNPE et d'une usine de retraitement du combustible nucléaire usé (données IRSN)



Carte 5 : Implantation des sites du cycle du combustible français

VI.2. 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 leur 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 marqués par les rejets liquides ou gazeux de l'installation surveillée. Ces niveaux sont ensuite comparés aux niveaux habituellement mesurés dans l'environnement sous et hors influence des rejets de l'installation. 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 d'aérosols, 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 d'eaux de surface en amont et aval des rejets liquides de l'installation (prélèvement semi-automatique par hydrocollecteur en aval de l'installation) ;
- le prélèvement de sédiment en amont et des MES en aval des rejets liquides de l'installation (prélèvement semi-automatique par hydrocollecteur en aval de l'installation) ;
- le prélèvement de bioindicateurs de radiocontamination essentiellement pour la surveillance du littoral marin (algues, mollusques) ;
- le prélèvement de deux productions françaises importantes, l'une d'origine animale (le lait) et la seconde d'origine végétale (le blé) dans une exploitation agricole implantée sous les vents dominants.

Ce plan type est complété, notamment lors de marquage avéré, par des prélèvements de sols, d'eaux souterraines, de végétaux terrestres et d'autres produits de la chaîne alimentaire, réalisés soit dans le cadre d'une surveillance régulière (environnement des sites de Marcoule ou de la Hague), soit dans le cadre d'études spécifiques.

VI.3. 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 2007 dans l'environnement des installations.

VI.4. 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 non extrait ainsi que ses descendants, en particulier le ^{230}Th (période 75 000 ans) et le ^{226}Ra (période 1 600 ans). Ces résidus constituent 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 fondée sur le contrôle des voies de transfert de l'uranium et de ses descendants par diffusion dans le milieu aquatique (collecte et analyse d'échantillons d'eaux de rivière, de sédiments, de végétaux, de poissons). Seules les mines les plus importantes font l'objet de cette surveillance particulière par l'IRSN.

VI.4.1 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. Le prochain suivi sera réalisé en 2008.

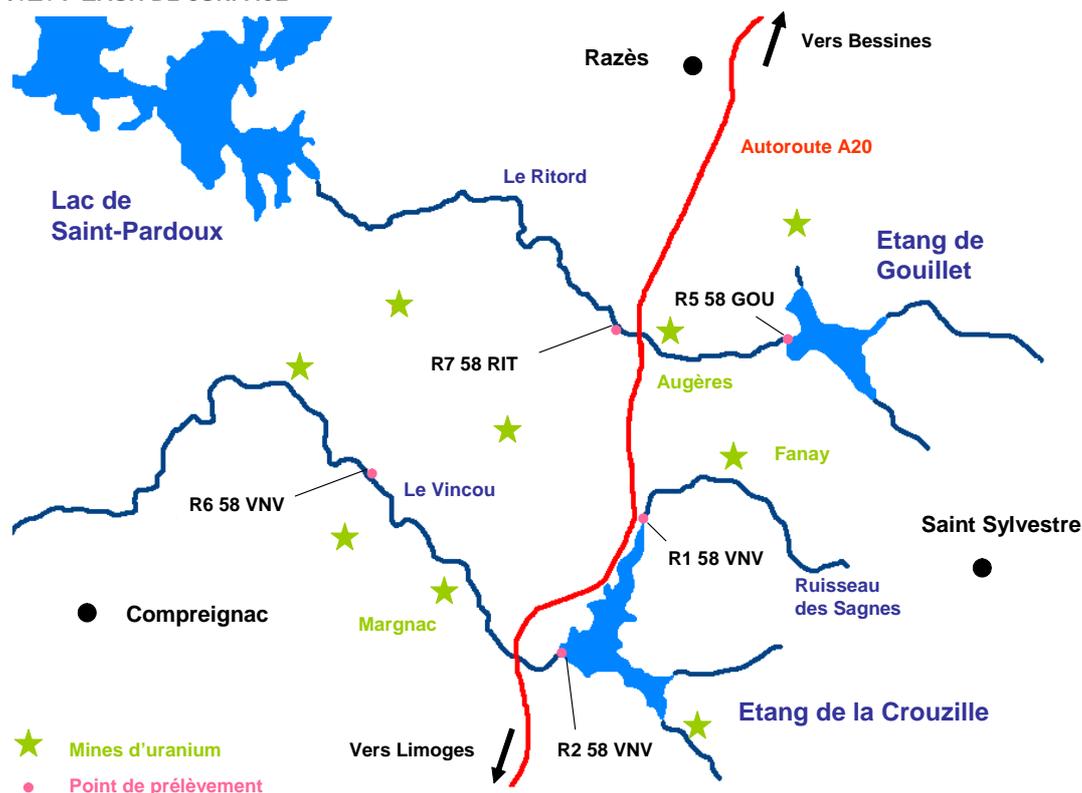
VI.4.2 DIVISION MINIERE DE LA CROUZILLE (87)

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

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

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

VI.4.2.1 EAUX DE SURFACE



Carte 6 : 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 6). 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). En 2007, les prélèvements d'eau dans l'étang de la Cruzille ont eu lieu de janvier à juin et ont cessé en juillet par manque d'eau dans l'étang. En effet, la vidange de l'étang a commencé au cours du premier semestre 2007, afin de permettre à AREVA de réaliser des opérations de curage de boues du fond de l'étang.

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 (0,97 Bq/l) dans l'eau du ruisseau des Sagnes à Saint-Sylvestre est supérieure d'un facteur 3 à celle de l'eau de l'étang (0,38 Bq/l). Plus en aval, à Margnac, l'activité moyenne alpha globale de l'eau du Vincou (0,30 Bq/l) est inférieure 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 valeurs guides recommandées par le Code de la Santé Publique (CSP) pour les eaux de boisson (0,1 Bq/l). Ces eaux contiennent en moyenne plus de 15 µg/l d'uranium (15 µg/l est la valeur guide fixée par l'OMS qui a trait au risque de toxicité chimique de l'uranium dans les eaux de boisson).

Tableau 3 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le ruisseau des Sagnes à Saint-Sylvestre (point R1 58 VNV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	0,170 ± 0,024	0,300 ± 0,030	0,218	12/12
	²³⁴ U	Bq/l	0,180 ± 0,027	0,540 ± 0,065	0,360	12/12
	²³⁸ U	Bq/l	0,170 ± 0,026	0,550 ± 0,066	0,362	12/12
	Equivalent U pondéral	µg/l	13,6 ± 2,1	42,2 ± 5,1	28,0	12/12
	α global	Bq/l	0,62 ± 0,08	1,30 ± 0,16	0,97	12/12
	β global	Bq/l	0,65 ± 0,07	2,10 ± 0,10	1,31	12/12
	K	mg/l	< 1,0	1,6 ± 0,1	-	1/12

Tableau 4 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans l'étang de la Crouzille (point R2 58 VNV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	0,035 ± 0,084	0,078 ± 0,012	0,063	6/6
	²³⁴ U	Bq/l	0,140 ± 0,018	0,290 ± 0,035	0,193	6/6
	²³⁸ U	Bq/l	0,130 ± 0,018	0,290 ± 0,035	0,195	6/6
	Equivalent U pondéral	µg/l	10,5 ± 1,4	22,5 ± 2,7	15,0	6/6
	α global	Bq/l	0,27 ± 0,05	0,48 ± 0,08	0,38	6/6
	β global	Bq/l	0,41 ± 0,48	0,60 ± 0,60	0,49	6/6
	K	mg/l	< 1,0	1,0 ± 0,1	-	1/6

Tableau 5 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le ruisseau Le Vincou à Margnac (point R6 58 VNV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	0,028 ± 0,07	0,047 ± 0,011	0,038	3/4
	²³⁴ U	Bq/l	0,077 ± 0,009	0,230 ± 0,025	0,137	4/4
	²³⁸ U	Bq/l	0,075 ± 0,009	0,220 ± 0,026	0,134	4/4
	Equivalent U pondéral	µg/l	5,9 ± 0,7	17,4 ± 2,0	10,5	4/4
	α global	Bq/l	0,19 ± 0,03	0,43 ± 0,06	0,30	4/4
	β global	Bq/l	0,23 ± 0,04	0,55 ± 0,06	0,39	4/4
	K	mg/l	1,0 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,3	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Secteur de l'étang de Guillet

Trois ruisseaux alimentent l'étang de Guillet, qui lui-même alimente le Ritord, une rivière qui collecte les rejets de plusieurs sites miniers (dont celui d'Augères) avant de rejoindre le lac de Saint-Pardoux (voir Carte 6). Un premier prélèvement est réalisé à l'étang de Guillet (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 (0,05 Bq/l) et dans celles du Ritord à Razès (0,22 Bq/l) met en évidence un marquage des eaux de surface (augmentation d'un facteur 4 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 (0,22 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. Ces eaux contiennent en moyenne moins de 15 µg/l d'uranium.

Tableau 6 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans l'étang de Gouillet (point R5 58 GOU)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,03	< 0,03	-	0/12
	U pondéral	µg/l	< 0,1	0,7 ± 0,1	0,4	10/12
	α global	Bq/l	0,03 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,05	12/12
	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,14	-	1/12
	K (mg/l)	mg/l	< 0,1	< 0,1	-	0/12

Tableau 7 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	< 0,030	0,065 ± 0,010	0,052	11/12
	²³⁴ U	Bq/l	< 0,017	0,022 ± 0,003	0,095	12/12
	²³⁸ U	Bq/l	< 0,013	0,023 ± 0,003	0,093	12/12
	Equivalent U pondéral	µg/l	< 1,2	1,7 ± 0,2	7,3	12/12
	α global	Bq/l	0,03 ± 0,01	0,46 ± 0,07	0,22	12/12
	β global	Bq/l	< 0,12	0,58 ± 0,06	0,28	11/12
	K	mg/l	1,2 ± 0,1	2,7 ± 0,2	1,7	12/12

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 8 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans la rivière la Gartempe (point R4 58 GTP), à Châteauponsac

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,03	0,045 ± 0,008	-	1/12
	U pondéral	µg/l	< 0,1	2,0 ± 0,4	0,8	6/12
	α global	Bq/l	< 0,02	0,14 ± 0,03	0,04	10/12
	β global	Bq/l	< 0,10	0,15 ± 0,04	0,13	6/12
	K (mg/l)	mg/l	1,5 ± 0,1	3,3 ± 0,2	2,5	12/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.4.2.2 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 9 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	0,056 ± 0,008	-	2/12
	²³⁴ U	Bq/l	0,010 ± 0,003	0,069 ± 0,021	0,025	12/12
	²³⁸ U	Bq/l	0,007 ± 0,003	0,065 ± 0,009	0,025	11/12
	Equivalent U pondéral	µg/l	0,7 ± 0,2	5,2 ± 1,2	1,9	11/12
	α global	Bq/l	0,03 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,07	12/12
	β global	Bq/l	< 0,11	0,18 ± 0,04	0,15	7/12
	K	mg/l	< 1,0	1,6 ± 0,1	1,3	8/12

En 2007, les résultats des mesures d'activités alpha et bêta globales sont restés inférieurs aux valeurs guides du CSP pour les eaux de boisson (respectivement de 0,1 et 1 Bq/l).

VI.4.3 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 (la mine des Bois-Noirs - Limouzat), 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.

VI.4.3.1 EAUX DE SURFACE

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 10 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans l'évacuateur de crue du site du Forez (point R1 89 FOR)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	0,072 ± 0,013	-	2/12
	²³⁴ U	Bq/l	0,011 ± 0,004	0,057 ± 0,009	0,030	12/12
	²³⁸ U	Bq/l	0,010 ± 0,004	0,046 ± 0,009	0,029	12/12
	Equivalent U pondéral	µg/l	0,8 ± 0,3	4,0 ± 0,7	2,3	12/12
	α global	Bq/l	0,03 ± 0,01	0,20 ± 0,04	0,10	12/12
	β global	Bq/l	0,12 ± 0,03	0,22 ± 0,04	0,17	11/12
	K	mg/l	1,5 ± 0,1	2,4 ± 0,1	1,9	12/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

L'activité alpha globale moyenne présente un niveau égal à la valeur guide de 0,1 Bq/l recommandée par le CSP pour les eaux de boisson. Elle reste 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.4.4 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. Sa période d'exploitation 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, des prélèvements d'eau souterraine sont réalisés semestriellement dans 3 puits de propriétés privées situées sur la commune d'Issy-l'Evêque.

Tableau 11 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	< 0,03	0,079 ± 0,010	0,096 ± 0,012
	²³⁴ U	Bq/l	0,064 ± 0,042	0,32 ± 0,05	0,045 ± 0,007
	²³⁸ U	Bq/l	0,059 ± 0,039	0,35 ± 0,06	0,044 ± 0,007
	Equivalent U pondéral	µg/l	4,8 ± 3,1	26,0 ± 4,3	3,4 ± 0,5
	α global	Bq/l	0,05 ± 0,01	0,67 ± 0,09	0,24 ± 0,04
	β global	Bq/l	0,69 ± 0,06	1,00 ± 0,07	1,80 ± 0,11
	K	mg/l	24 ± 1	17 ± 1	47 ± 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 de 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.4.5 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. Son exploitation a débuté en 1975 et s'est achevée en 1997.

Dans le cadre du suivi de l'évolution de la radioactivité, 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.4.6 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 a débuté en 1954 et s'est achevée en 1991. Dans le cadre du suivi de l'évolution de la radioactivité, 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 12 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans la Moine (point R2 44 MOI), à Gétigné

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	< 0,030	-	0/12
	²³⁴ U	Bq/l	0,009 ± 0,003	0,071 ± 0,009	0,044	12/12
	²³⁸ U	Bq/l	0,009 ± 0,003	0,065 ± 0,009	0,040	12/12
	Equivalent U pondéral	µg/l	0,7 ± 0,2	5,3 ± 0,7	3,3	12/12
	α global	Bq/l	0,02 ± 0,01	0,12 ± 0,02	0,08	12/12
	β global	Bq/l	0,25 ± 0,03	0,44 ± 0,04	0,33	12/12
	K	mg/l	6,1 ± 0,3	14,0 ± 0,7	8,7	12/12

Tableau 13 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans la Sèvre Nantaise (point R1 44 SVN), à Gorges

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	< 0,030	-	0/11
	U pondéral	µg/l	0,5 ± 0,1	1,4 ± 0,3	0,9	9/11
	α global	Bq/l	< 0,03	0,05 ± 0,01	0,04	9/11
	β global	Bq/l	0,18 ± 0,04	0,32 ± 0,05	0,26	11/11
	K	mg/l	5,3 ± 0,3	8,9 ± 0,5	7,1	11/11

* 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 4 fois supérieure dans l'eau de la Moine par rapport à celle de l'eau de la Sèvre Nantaise. Cela s'explique probablement par la proximité immédiate de la Moine par rapport à l'ancienne mine.

VI.5. RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES INDUSTRIES SITUEES EN AMONT DANS LE CYCLE DU COMBUSTIBLE

Les usines de traitement et concentration situées 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, l'opération d'enrichissement se fait sur un composé chimique ultra pur, l'hexafluorure d'uranium (UF_6) obtenu par conversion des concentrés miniers.

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

L'uranium est ensuite transféré à l'usine d'enrichissement EUODIF (également à Pierrelatte) sous forme d' UF_6 solide. Les 3 isotopes de l'uranium présents à l'état naturel (Uranium 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, le procédé permet un enrichissement sélectif et progressif.

Après l'opération d'enrichissement à l'usine d'EUODIF, l' UO_2 est transféré à l'usine FBFC de Romans-sur-Isère (fabrication des assemblages combustible pour les centrales nucléaires dites « à eau légère »).

La surveillance continue de l'environnement terrestre et aquatique par l'IRSN des sites de Malvési et Pierrelatte, 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 ne fait provisoirement plus l'objet d'une surveillance de l'environnement.

VI.5.1 SITE DE MALVESI (11)

Dans le cadre de la surveillance de l'environnement autour du site de Malvési de la société COMURHEX, des prélèvements d'eau de surface sont réalisés mensuellement. Ils sont complétés par des prélèvements mensuels de végétaux terrestres. Suite à l'arrêt des prélèvements qui étaient réalisés jusqu'à fin 2005 par la DDASS de l'Aude, la surveillance du site de COMURHEX n'a pu être réorganisée qu'en août 2007, avec des prélèvements désormais effectués par un laboratoire privé.

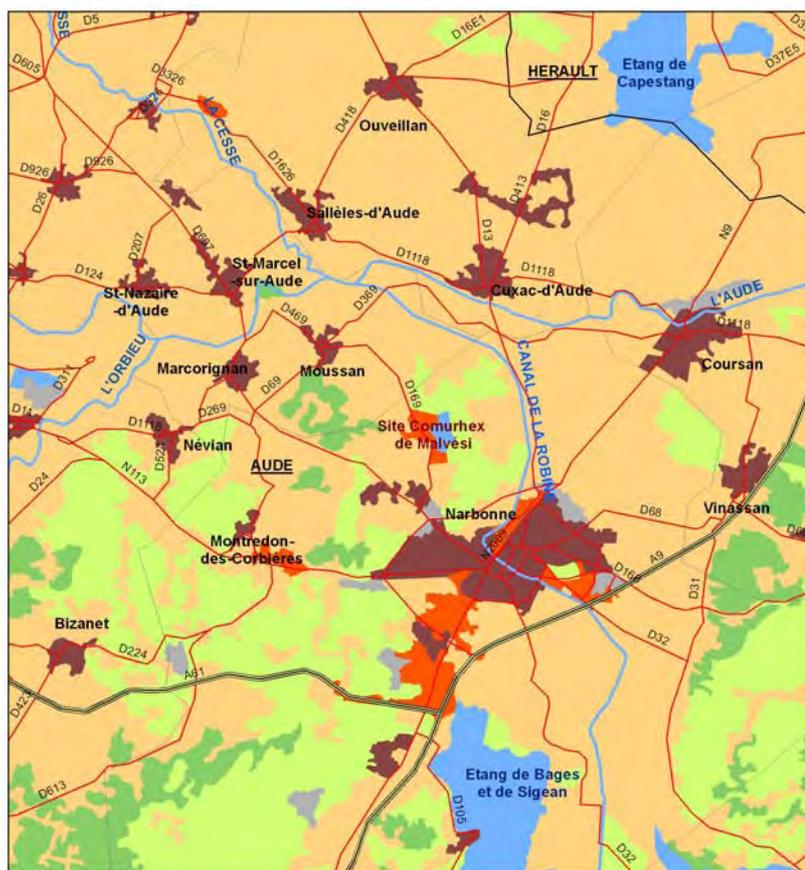
Légende

- Département
- Autoroutes
- Principales routes
- Zone d'activités
- Bâti
- Prairie
- Forêt
- Zone agricole
- Mine, décharge et chantier
- Eau



0 2 4 Kilomètres

©IFEN - CORINE land cover 2000®



Carte 7 : Situation géographique du site de COMURHEX Malvesi

VI.5.1.1 EAUX DE SURFACE

VI.5.1.1.1. Prélèvements réalisés sur le site de COMURHEX

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

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

Tableau 14 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le lac artificiel de Malvesi (point W2 65 LCA)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	< 0,033	-	0/5
	²³⁴ U	Bq/l	1,30 ± 0,17	2,60 ± 0,18	2,24	5/5
	²³⁸ U	Bq/l	1,40 ± 0,17	2,70 ± 0,19	2,32	5/5
	Equivalent U pondéral	µg/l	104,7 ± 13,1	205,4 ± 14,4	176,7	5/5
	α global	Bq/l	2,40 ± 0,29	4,10 ± 0,45	3,36	5/5
	β global	Bq/l	2,10 ± 0,23	3,30 ± 0,33	2,64	5/5
	K	mg/l	6,5 ± 0,3	7,2 ± 0,4	6,8	5/5

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.5.1.1.2. Prélèvements réalisés dans l'environnement placé sous l'influence de l'usine

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

Dans l'eau prélevée à la résurgence de l'Oeillal, dans le canal de Cadariège comme dans le canal du Tauran, la moyenne de l'activité alpha globale est supérieure à la valeur guide recommandée par le CSP de 0,1 Bq/l pour les eaux de boisson. Elle est plus élevée dans le canal du Tauran, qui recueille les rejets liquides de l'usine COMURHEX.

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

Tableau 15 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans la résurgence de l'Oeillal (point R7 65 RES)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	< 0,040	-	1/5
	²³⁴ U	Bq/l	0,024 ± 0,004	0,029 ± 0,005	0,027	5/5
	²³⁸ U	Bq/l	0,016 ± 0,004	0,021 ± 0,004	0,019	5/5
	Equivalent U pondéral	µg/l	1,6 ± 0,3	1,9 ± 0,4	1,8	5/5
	α global	Bq/l	0,10 ± 0,02	0,15 ± 0,02	0,12	5/5
	β global	Bq/l	0,22 ± 0,05	< 0,28	-	2/5
	K	mg/l	5,3 ± 0,3	5,7 ± 0,3	5,5	5/5

Tableau 16 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le canal de Cadariège (point R8 65 CDG)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	< 0,036	-	0/5
	²³⁴ U	Bq/l	0,030 ± 0,005	0,190 ± 0,021	0,063	5/5
	²³⁸ U	Bq/l	0,019 ± 0,004	0,200 ± 0,022	0,058	5/5
	Equivalent U pondéral	µg/l	1,9 ± 0,4	15,1 ± 1,7	4,7	5/5
	α global	Bq/l	0,08 ± 0,02	0,30 ± 0,05	0,13	5/5
	β global	Bq/l	0,14 ± 0,04	0,27 ± 0,05	0,20	5/5
	K	mg/l	4,7 ± 0,3	5,1 ± 0,3	4,8	5/5

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 17 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le canal de Tauran (point R4 65 TAV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	²²⁶ Ra	Bq/l	< 0,030	< 0,032	-	0/5
	²³⁴ U	Bq/l	0,044 ± 0,016	0,470 ± 0,061	0,147	5/5
	²³⁸ U	Bq/l	0,042 ± 0,015	0,440 ± 0,057	0,155	4/5
	Equivalent U pondéral	µg/l	3,3 ± 1,2	35,3 ± 4,6	11,7	5/5
	α global	Bq/l	0,11 ± 0,01	0,76 ± 0,08	0,26	5/5
	β global	Bq/l	0,23 ± 0,03	0,54 ± 0,04	0,31	5/5
	K	mg/l	5,6 ± 0,3	6,4 ± 0,3	6,0	5/5

VI.5.1.2 VEGETAUX TERRESTRES

Des prélèvements mensuels de végétaux terrestres (feuilles de conifères, herbe) sont réalisés en cinq points du site de Malvési sous et hors des vents dominants.

La présence d'uranium 234 et d'uranium 238, est décelée dans tous les prélèvements mensuels (Tableau 18). Les activités des autres radionucléides d'origine artificielle mesurés (émetteurs gamma hors ⁷Be et ⁴⁰K) sont restées inférieures aux limites de détection. Les plus fortes activités massiques sont mesurées dans les échantillons d'herbe prélevés au lieu dit Tauran (situé à l'est du site sous les vents dominants), puis à L'Echine d'Ane (situé au nord-ouest du site). Les résultats mesurés dans les aiguilles de conifères sont plus faibles et plus homogènes au lieu-dit Livièrre Basse (sud-est du site). Par ailleurs, on observe que les rapports d'activité des isotopes de l'uranium mesurés dans les différents échantillons de végétaux sont à l'équilibre (rapport proche de 1).

Ces résultats mettent en évidence un marquage de la flore terrestre, mais ils ne permettent pas d'évaluer la contribution potentielle liée aux rejets de l'usine COMURHEX.

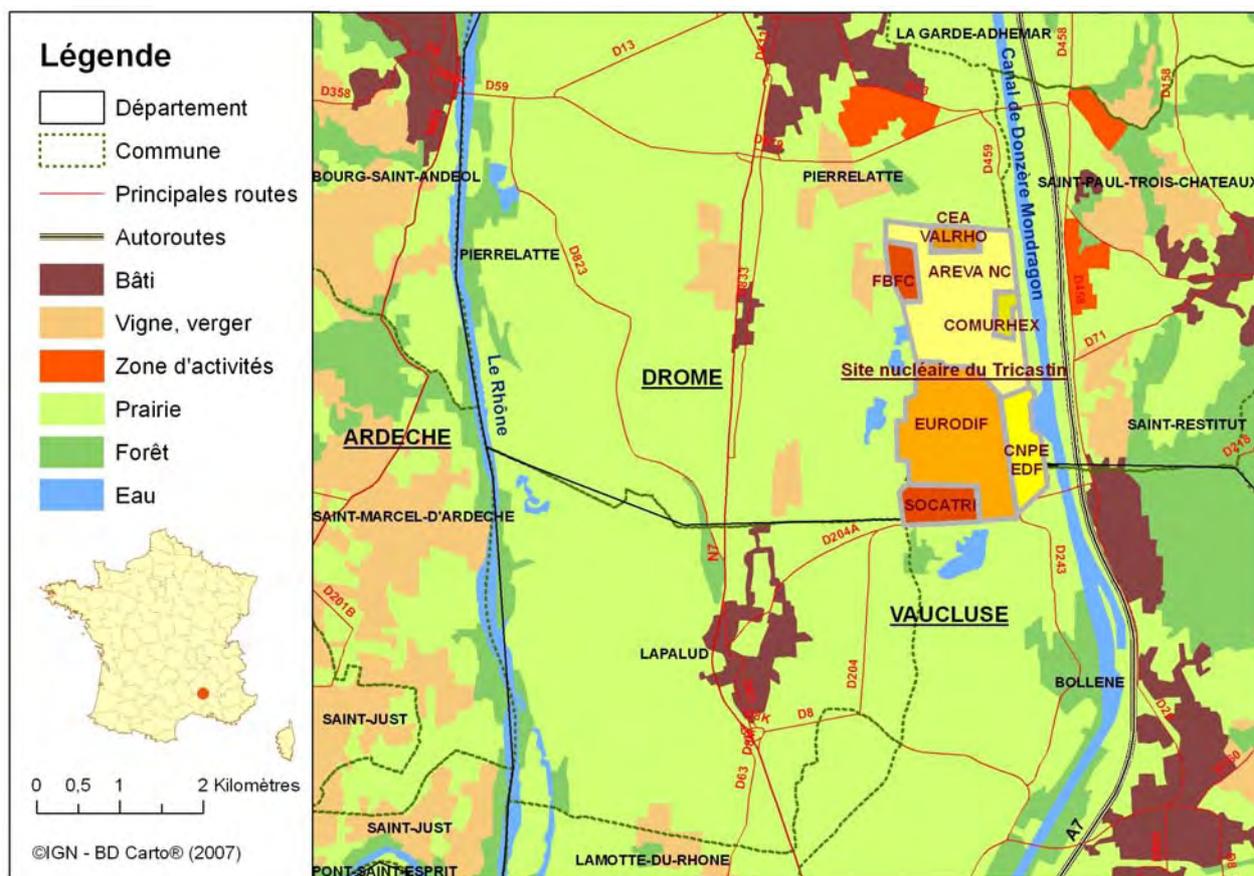
Tableau 18 : Résultats d'analyse de végétaux prélevés entre août et décembre 2007 dans l'environnement du site de Malvési

			Min.	Max.	Moyenne	*
Conifère <i>Au niveau de la source l'Oeillal (témoin au nord)</i>	²³⁴ U	Bq/kg sec	5,9 ± 0,6	13,6 ± 1,2	10,42	5/5
	²³⁸ U	Bq/kg sec	6,09 ± 0,6	14,1 ± 1,3	10,95	5/5
Conifère <i>Lieu-dit Livièrre Basse (sud-est du site)</i>	²³⁴ U	Bq/kg sec	1,2 ± 0,2	2,7 ± 0,3	1,94	5/5
	²³⁸ U	Bq/kg sec	1,2 ± 0,2	2,7 ± 0,33	1,89	5/5
Herbe <i>Lieu-dit Tauran (est du site)</i>	²³⁴ U	Bq/kg sec	15,7 ± 1,7	43,4 ± 3,5	34,78	5/5
	²³⁸ U	Bq/kg sec	15,2 ± 1,7	43,9 ± 3,5	36,25	5/5
Herbe <i>Voisinage de l'Echine d'Ane (nord-ouest du site)</i>	²³⁴ U	Bq/kg sec	6,1 ± 0,8	95,3 ± 9,5	25,07	5/5
	²³⁸ U	Bq/kg sec	6,6 ± 0,8	99,3 ± 9,9	26,27	5/5
Conifère <i>Voisinage des Amérats Hauts (ouest du site)</i>	²³⁴ U	Bq/kg sec	8,7 ± 0,6	8,7 ± 0,7	8,20	5/5
	²³⁸ U	Bq/kg sec	7,0 ± 0,6	10,9 ± 0,8	8,60	5/5

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.5.2 SITE DE PIERRELATTE-TRICASTIN (26)

L'environnement des sites du Tricastin et de Pierrelatte, très proches géographiquement, 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). Dans ce paragraphe sont présentés les résultats de la surveillance spécifique aux installations exploitées par AREVA (COMURHEX, EURODIF, SOCATRI, FBFC et AREVA NC) et par le CEA Valrhô. Le paragraphe VI.6.3.4 présente les résultats de la surveillance du CNPE du Tricastin).



Carte 8 : Situation géographique du site de Pierrelatte-Tricastin et des différentes INB présentes sur ce site

VI.5.2.1 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).

Des activités volumiques alpha supérieures aux valeurs habituellement constatées sur le site de Pierrelatte ont été mesurées sur certains des prélèvements d'aérosols effectués au cours du mois d'octobre. Celles-ci étaient dues à des incidents de fonctionnement sur l'installation de la COMURHEX (voir données au paragraphe IX.1.2.1.2 et paragraphe V.2 sur les événements radiologiques 2007).

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 19 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2007 à la station nord du site de Pierrelatte (PH 62 PLA)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau brute	³ H	Bq/l	< 9,0	12,0 ± 2,5	-	1/11
	²³⁸ Pu	Bq/l	< 0,0012	< 0,0062	-	0/8
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/l	< 0,0007	< 0,0023	-	0/8
	²⁴¹ Am	Bq/l	< 0,0015	< 0,0030	-	0/8
	α global	Bq/l	< 0,019	< 0,023	-	0/11
	β global	Bq/l	< 0,10	0,12 ± 0,04	-	1/11

Tableau 20 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2007 à la station sud du site de Pierrelatte (PH 62 PRL)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau brute	³ H	Bq/l	< 9,0	11,0 ± 2,3	-	1/11
	²³⁸ Pu	Bq/l	< 0,0012	< 0,0054	-	0/9
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/l	< 0,0006	< 0,0021	-	0/9
	²⁴¹ Am	Bq/l	< 0,0014	< 0,0019	-	0/9
	α global	Bq/l	< 0,018	0,037 ± 0,007	-	3/11
	β global	Bq/l	< 0,10	1,60 ± 0,10	-	4/11

* 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.5.2.2 EAUX DE SURFACE

Le plan de surveillance des eaux de surface prévoit trois prélèvements instantanés 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.6.3.4).

Tableau 21 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R0 62 CAM dans le canal de Donzère-Mondragon en amont du site de Pierrelatte

Eau filtrée	α global	Bq/l	0,025 ± 0,009
	β global	Bq/l	< 0,10
	K	mg/l	1,5 ± 0,1

Tableau 22 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R2 62 CAV dans le canal de Donzère-Mondragon en aval du site de Pierrelatte

Eau filtrée	α global	Bq/l	0,037 ± 0,011
	β global	Bq/l	< 0,10
	K	mg/l	1,7 ± 0,1

Tableau 23 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	0,12 ± 0,02
	²³⁸ U	Bq/l	0,10 ± 0,01
	α global	Bq/l	0,21 ± 0,04
	β global	Bq/l	0,23 ± 0,04
	K	mg/l	3,0 ± 0,2

Dans l'eau prélevée en aval du site (ruisseau 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). L'activité en uranium correspond à une concentration volumique de 9 µg/l. En ce qui concerne l'activité bêta globale, le niveau mesuré s'explique par la présence de potassium 40 et d'uranium.

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.5.2.3 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 du lieu de prélèvement sur le terrain.

Tableau 24 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 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	< 0,13	0,20 ± 0,04	< 0,11	0,36 ± 0,05	-
	α global	Bq/l	-	-	-	-	0,43 ± 0,07	-
	²³⁴ U	Bq/l	-	-	-	-	0,27 ± 0,04	-
	²³⁸ U	Bq/l	-	-	-	-	0,22 ± 0,04	-
	K	mg/l	1,6 ± 0,1	1,8 ± 0,1	5,0 ± 0,3	1,7 ± 0,1	5,7 ± 0,3	-

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. L'origine de ces valeurs reste à éclaircir, notamment pour ce qui concerne la part attribuable aux activités nucléaires. L'activité en uranium correspond à une concentration volumique de 20 µg/l. En ce qui concerne l'activité bêta globale, le niveau mesuré s'explique par la présence de potassium 40 et d'uranium.

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux collectées aux autres points de prélèvement.

VI.5.2.4 CEREALES (BLE)

Des prélèvements de blé sont effectués lors de la récolte annuelle, à partir du silo de Saint-Paul-Trois-Châteaux.

La concentration de potassium 40, radionucléide d'origine naturelle, est de $134,31 \pm 9,8$ Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $4,3 \pm 0,3$ g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Rhône Alpes » (120 ± 14 Bq/kg frais) (cf. § IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD \approx 4,5$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb ($LD \approx 1,2$ Bq/kg frais) ; ^{125}Sb ($LD \approx 1,3$ Bq/kg frais) ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ($LD \approx 0,7$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs , ^{137}Cs ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD \approx 5,6$ Bq/kg frais).

VI.6. RESULTATS DE LA 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 gazeux et liquides. 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.

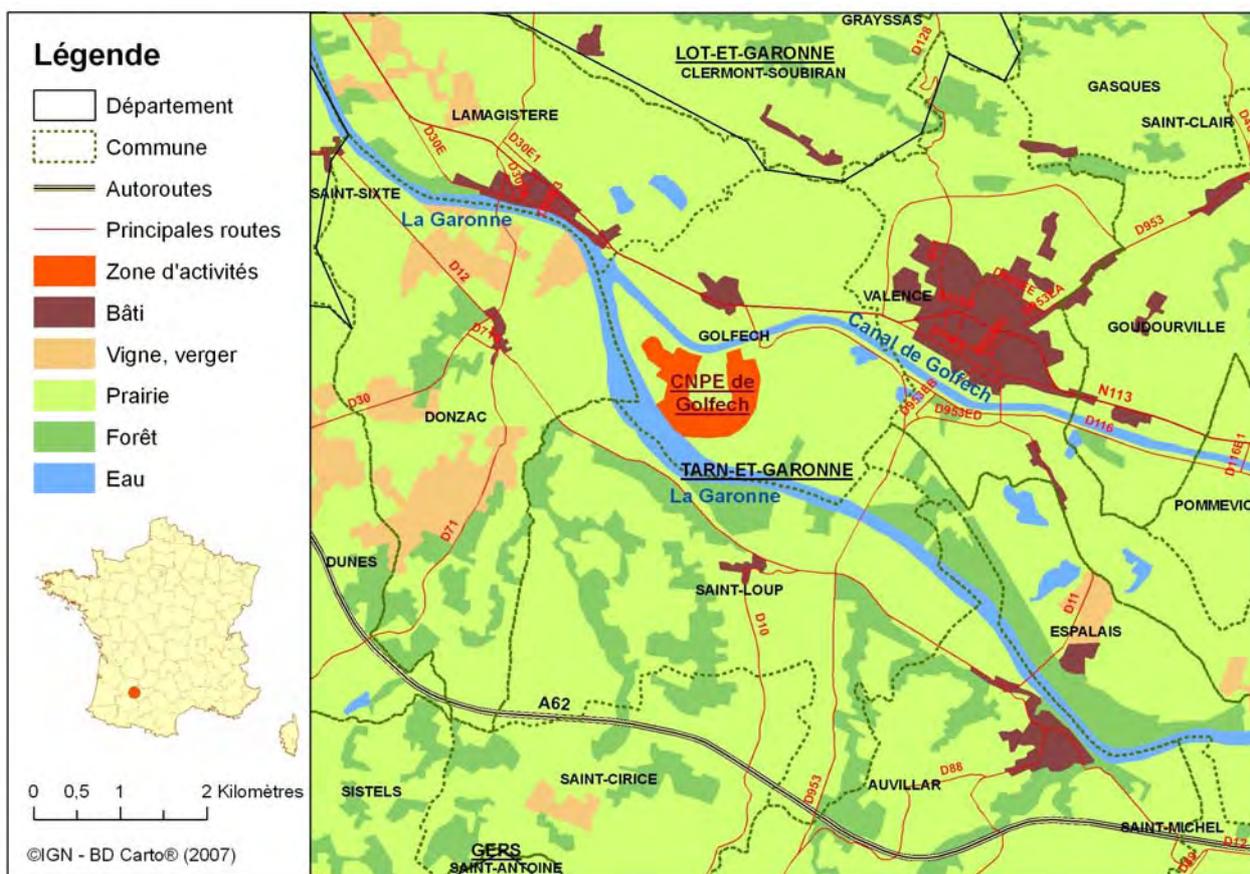
L'IRSN, en parallèle du programme de surveillance imposé à l'exploitant, effectue des contrôles du milieu récepteur spécifiques à chaque site (rayonnement gamma, activité des poussières atmosphériques, de l'eau de pluie, des eaux de surface et souterraines, des MES décantées, des sols, des sédiments et des indicateurs biologiques et alimentaires).

VI.6.1 BASSIN VERSANT DE LA GARONNE (82, 33)



Carte 9 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Garonne

VI.6.1.1 GOLFECH (82)



Carte 10 : Implantation du CNPE de Golfech

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.6.1.1.1. 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.6.1.1.2. Eaux de surface

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

Tableau 25 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R0 159 CAM dans la Garonne en amont du CNPE de Golfech

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,08 \pm 0,03	0,12 \pm 0,03	0,09	3/6
	α global	Bq/l	< 0,01	< 0,03	-	0/6
	^3H	Bq/l	< 8,1	< 9,0	-	0/6
	K	mg/l	2,2 \pm 0,1	2,7 \pm 0,1	2,4	6/6

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 29 ± 3 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 26 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 159 GAV dans la Garonne en aval du CNPE de Golfech

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,07	0,14 \pm 0,03	0,11	4/6
	α global	Bq/l	< 0,01	< 0,03	-	0/6
	^3H	Bq/l	7,3 \pm 1,4	29,0 \pm 3,2	14,6	5/6
	K	mg/l	1,6 \pm 0,1	2,7 \pm 0,1	2,4	6/6

VI.6.1.1.3. Matières en suspension

Des traces de césium 137 ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau de la Garonne prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé en aval du CNPE à Saint-Romain-le-Noble (Tableau 27).

Tableau 27 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Garonne en aval du CNPE de Golfech (SD 159 GAV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	3,0 \pm 0,7	8,7 \pm 2,4	4,4	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Ces activités avec une valeur maximale de 8,7 Bq/kg sec déjà relevée les années précédentes, s'expliquent principalement par la rémanence des dépôts suite aux retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl. Les activités des autres radionucléides mesurés sont restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2007.

VI.6.1.1.4. Végétaux aquatiques

Des prélèvements mensuels de végétaux aquatiques (myriophylles de la Garonne) sont effectués dans la Garonne aux stations de prélèvement de Saint-Nicolas-de-la-Grave (amont du CNPE) et de Lamagistère (aval du CNPE).

Parmi les radionucléides d'origine artificielle recherchés (^{131}I , ^{60}Co , ^{58}Co , ^{54}Mn , ^{137}Cs ...), des traces d'iode 131 sont décelées dans les végétaux aquatiques prélevés en amont et en aval des rejets liquides du CNPE de Golfech, à des niveaux comparables sur les deux stations (valeurs maximales observées, respectivement de $3,3 \pm 0,42$ Bq/kg frais à Saint-Nicolas-de-la-Grave et de $2,6 \pm 0,46$ Bq/kg frais à Lamagistère). Le nombre de valeurs significatives est toutefois plus élevé pour les prélèvements effectués à Saint-Nicolas-de-la-Grave situé en amont des rejets de

la centrale (pour la station amont : 12 valeurs significatives sur 12 mesures réalisées, contre 5 sur 12 pour la station située en aval). La présence de ce radionucléide dans l'environnement aquatique du CNPE de Golfech s'explique donc principalement par les rejets des installations hospitalières situées en amont du CNPE (Toulouse notamment) (cf. chapitre VIII).

De faibles activités massiques en césium 137 sont également observées sur 3 des 12 échantillons analysés. Les niveaux observés dans les végétaux aquatiques prélevés en amont et en aval des rejets liquides du CNPE sont du même ordre de grandeur et n'excèdent pas $0,2 \pm 0,02$ Bq/kg frais. La présence de ce radionucléide est principalement liée aux retombées atmosphériques passées.

VI.6.1.1.5. Végétaux terrestres

Des prélèvements mensuels de végétaux terrestres (herbe, feuilles et mousses) sont effectués dans la commune de Saint-Nicolas-de-la-Grave.

Des traces de césium 137 sont décelées régulièrement dans les échantillons de mousses terricoles et d'herbe (valeur maximale observée en 2007 de 1 Bq/kg frais dans les mousses). Les résultats de mesure des autres émetteurs gamma (^{131}I , ^{60}Co , ^{58}Co ,...), caractéristiques des rejets gazeux de la centrale, sont restés inférieurs aux limites de détection, ce qui tend à confirmer que les traces de césium 137 mesurées peuvent être attribuées à la rémanence des dépôts suite aux retombées atmosphériques passées (essais militaires, accident de Tchernobyl).

Des mesures de tritium et de carbone 14, radionucléides prépondérants dans les rejets gazeux du site, feront l'objet d'un suivi dans les végétaux terrestres à partir de 2009.

VI.6.1.1.6. Lait

Des prélèvements mensuels de lait de vache sont réalisés aux abords du CNPE, dans la commune de Merles. Les résultats sont présentés dans le **Tableau 28** ci-après.

Tableau 28 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Golfech

			Min.	Max.	Moyenne
Lait	^{40}K	Bq/l	$43,7 \pm 5,4$	$51,8 \pm 6,3$	47,3
	K	g/l	$1,4 \pm 0,17$	$1,67 \pm 0,20$	1,51
	^{90}Sr (Sr+TR)	Bq/l	< 0,08	$0,16 \pm 0,03$	-
	^{131}I	Bq/l	< 0,28	< 0,58	-
	^{137}Cs	Bq/l	< 0,15	< 0,19	-
	^{134}Cs	Bq/l	< 0,17	< 0,22	-

Pour les radionucléides susceptibles d'être rejetés par la centrale nucléaire et transférés dans le lait (iode 131, césium 137), les activités volumiques sont restées inférieures aux limites de détection.

Une faible activité volumique en strontium (méthode Sr+TR), de 0,16 Bq/l, a été décelée pour 1 des 12 prélèvements analysés (Tableau 28). Le nombre de valeurs significatives détectées pour ce radionucléide est plus faible qu'en 2006 (6 prélèvements sur 12 en 2006). Comme pour l'année 2006, la valeur maximale observée en 2007 est proche de la limite de détection.

VI.6.1.1.7. Céréales (blé)

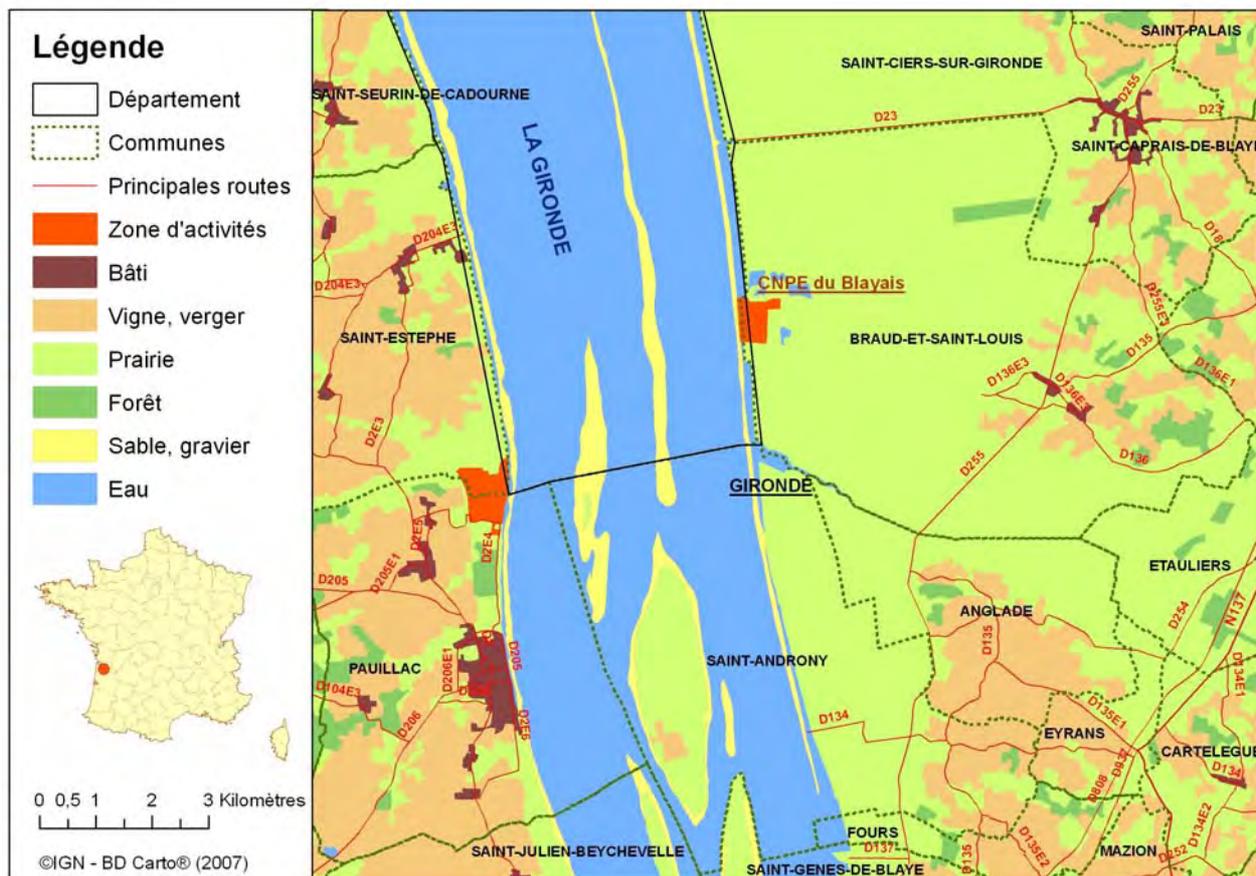
Des prélèvements de blé sont effectués lors de la récolte annuelle à partir d'un échantillonnage provenant du silo de Valence-d'Agen.

La concentration de potassium 40 est de $107,9 \pm 12,9$ Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $3,48 \pm 0,42$ g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Poitou Charente Aquitaine » (120 ± 14 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD=4,8$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb ($LD=0,7$ Bq/kg frais) ; ^{125}Sb ($LD=1,4$ Bq/kg frais) ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ($LD=0,8$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs , ^{137}Cs ($LD=0,7$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD=0,5$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD=4,5$ Bq/kg frais).

VI.6.1.2 LE BLAYAIS (33)



Carte 11 : Implantation du CNPE du Blayais

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.6.1.2.1. 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.6.1.2.2. 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 ont repris en septembre 2007.

Comme pour tous les CNPE du littoral de la Manche, les prélèvements d'eaux sont désormais 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 prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 29 ± 4 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 29 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 138 GIV (ouvrage de rejets du CNPE du Blayais)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$3,30 \pm 0,86$	$3,60 \pm 0,86$	3,45	2/2
	α global	Bq/l	< 0,03	< 0,03	-	0/2
	^3H	Bq/l	$24,0 \pm 3,6$	$29,0 \pm 4,0$	26,5	2/2
	K	mg/l	110 ± 5	120 ± 6	115	2/2

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.6.1.2.3. Matières en suspension

Comme pour les eaux collectées par hydrocollecteur, les prélèvements de boues de décantation ont repris en septembre 2007.

Des traces de césium 137 ont été décelées dans les mélanges bimestriels de MES prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'ouvrage de dilution des rejets du CNPE du Blayais ($3,8 \pm 0,7$ Bq/kg sec en septembre-octobre et $1,9 \pm 0,5$ Bq/kg sec en novembre-décembre). Des traces de plutonium 239+240 ont également été détectées en septembre-octobre ($0,26 \pm 0,07$ Bq/kg sec).

Ces résultats s'expliquent par la rémanence des dépôts suite aux retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl et les retombées des essais nucléaires passés. Les activités massiques des autres radionucléides mesurés, caractéristiques des rejets liquides, sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2007.

VI.6.1.2.4. Lait de vache

Des prélèvements mensuels de lait sont effectués au niveau de deux fermes situées dans les communes de Saint-Androny et de Saint-Ciers-sur-Gironde. Les principaux résultats sont présentés dans le Tableau 30.

Tableau 30 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE du Blayais

			Station de Saint-Ciers/Gironde			Station de Saint-Androny		
			Min.	Max.	Moyenne	Min.	Max.	Moyenne
Lait	^{40}K	Bq/l	$39,7 \pm 5,1$	$54,3 \pm 6,7$	45	$40,4 \pm 5,1$	$52,7 \pm 6,6$	47
	K	g/l	$1,28 \pm 0,16$	$1,75 \pm 0,21$	1,51	$1,3 \pm 0,16$	$1,7 \pm 0,21$	1,52
	^{90}Sr (Sr+TR)	Bq/l	< 0,08	< 0,16	-	< 0,07	< 0,21	-
	^{131}I	Bq/l	< 0,25	< 1	-	< 0,27	< 1,14	-
	^{137}Cs	Bq/l	< 0,16	< 0,22	-	< 0,17	< 0,21	-
	^{134}Cs	Bq/l	< 0,19	< 0,24	-	< 0,17	< 0,21	-

Parmi les principaux radionucléides susceptibles d'être rejetés par la centrale nucléaire et transférés dans le lait (iode 131, césium 137), les activités volumiques mesurées sont restées inférieures aux limites de détection.

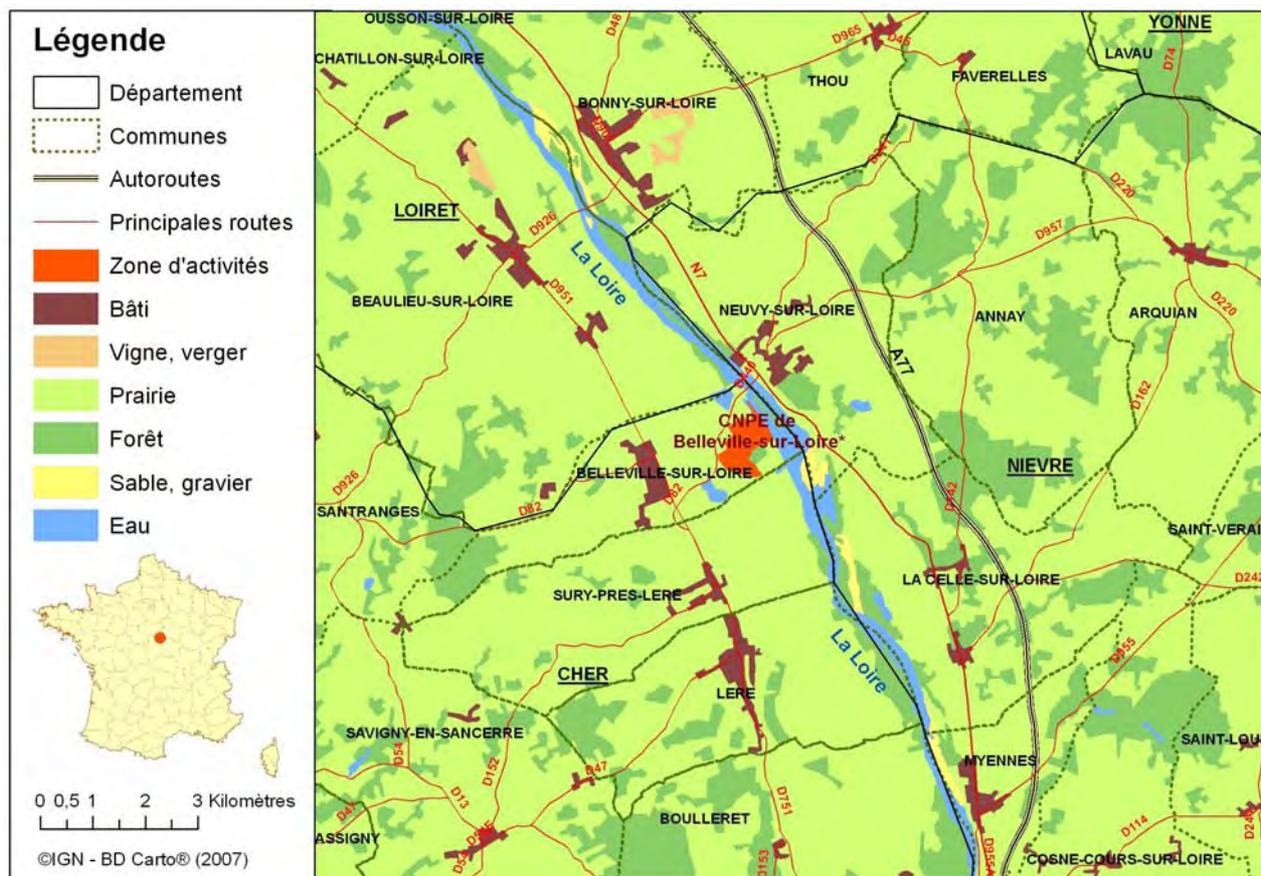
Les radionucléides caractéristiques des retombées atmosphériques passées (exemple : ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{134}Cs) ne sont plus décelés en 2007. En 2006, le strontium était détecté sur 50% des échantillons à un niveau très proche de la limite de détection.

VI.6.2 BASSIN VERSANT DE LA LOIRE (18, 45, 41, 37, 86)



Carte 12 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Loire

VI.6.2.1 BELLEVILLE-SUR-LOIRE (18)



Carte 13 : Implantation du CNPE de Belleville-sur-Loire

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.6.2.1.1. 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.6.2.1.2. 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 en aval la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de $17,0 \pm 3,2$ Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 31 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	< 0,11	0,19 \pm 0,04	-	2/6
	α global	Bq/l	< 0,03	0,03 \pm 0,01	-	1/6
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 9,9	-	0/6
	K	mg/l	2,8 \pm 0,1	3,8 \pm 0,2	3,3	6/6

Tableau 32 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	0,18 \pm 0,04	0,16	5/6
	α global	Bq/l	< 0,022	0,04 \pm 0,01	0,03	3/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	17,0 \pm 3,2	14,0	3/6
	K	mg/l	3,3 \pm 0,2	4,5 \pm 0,2	4,0	6/6

VI.6.2.1.3. Matières en suspension

Des traces de césium 137 sont mesurées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau de la Loire prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé à Châtillon-sur-Loire (Tableau 33).

Tableau 33 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Loire en aval du CNPE de Belleville-sur-Loire (SD 149 LOV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	1,5 \pm 0,5	5,4 \pm 0,8	3,5	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Ces activités massiques, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

Les activités des autres radionucléides recherchés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection, et ce pour tous les mélanges analysés en 2007.

VI.6.2.1.4. Lait de vache

Des prélèvements mensuels de lait sont effectués dans une ferme située à Neuvy-sur-Loire. Les principaux résultats sont présentés dans le Tableau 34.

Tableau 34 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Belleville-sur-Loire

		Min.	Max.	Moyenne	
Lait	⁴⁰ K	Bq/l	46 ± 6	54,6 ± 6,6	49,9
	K	g/l	1,5 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,6
	⁹⁰ Sr (Sr+TR)	Bq/l	< 0,08	0,14 ± 0,03	-
	¹³¹ I	Bq/l	< 0,2	< 0,6	-
	¹³⁷ Cs	Bq/l	< 0,15	< 0,22	-
	¹³⁴ Cs	Bq/l	< 0,17	< 0,25	-

Parmi les principaux radionucléides susceptibles d'être rejetés par la centrale nucléaire et transférés dans le lait, les activités volumiques mesurées en iode 131 et césium 137 sont restées inférieures aux limites de détection.

Parmi les radionucléides caractéristiques des retombées atmosphériques passées (⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs), seule une faible activité volumique de strontium (méthode Sr+TR) a été mesurée sur un des neuf prélèvements de lait analysés. Comme en 2006, la valeur maximale observée est proche de la limite de détection, mais le nombre de valeurs significatives mesurées a diminué, celui-ci était de 6 prélèvements sur 12 en 2006.

VI.6.2.1.5. Céréales (blé)

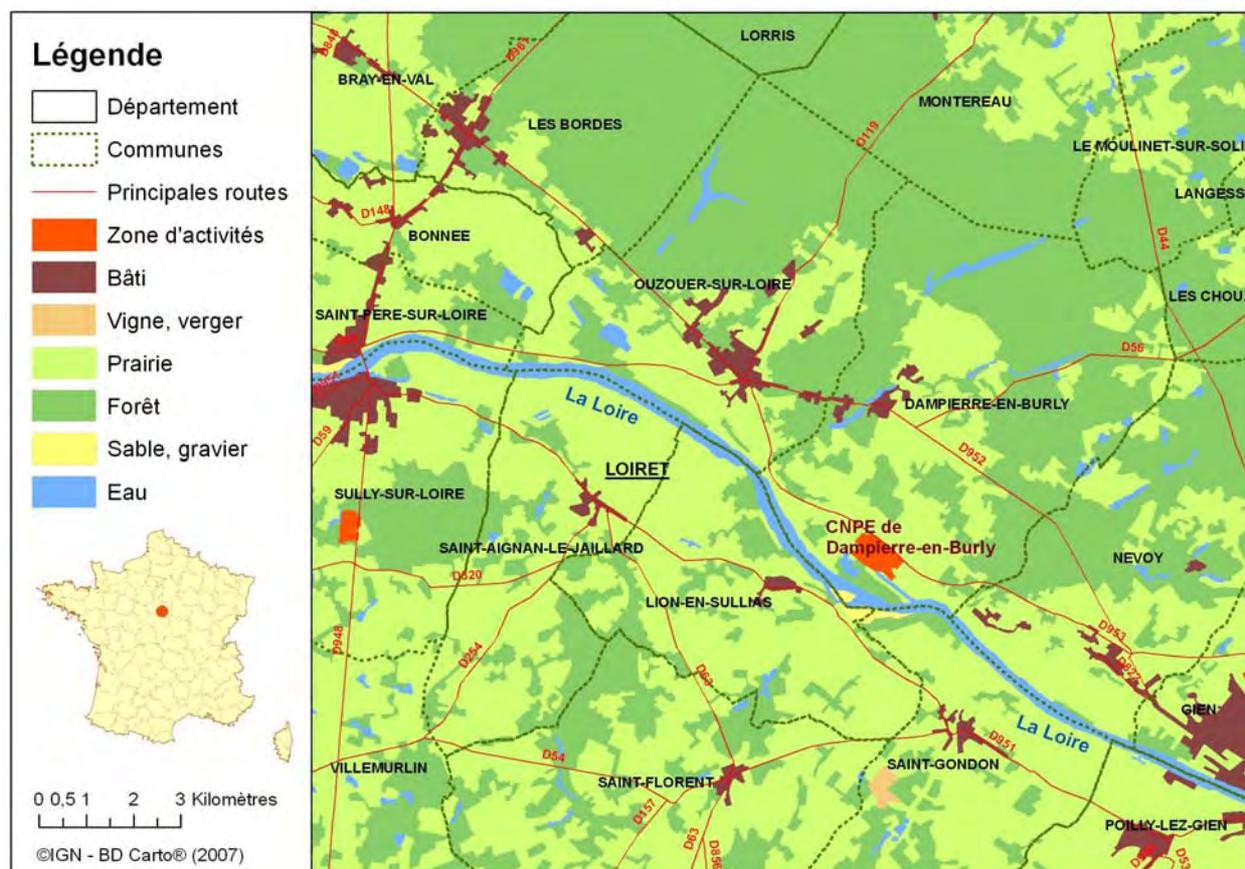
Les prélèvements de blé sont réalisés lors de la récolte annuelle, à partir d'un échantillonnage de trois silos situés sur les communes de Léré, Sury-près-Léré et Belleville-sur-Loire.

La concentration de potassium 40 est de 106,5 ± 13 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à 3,43 ± 0,42 g/kg frais). Cette valeur est légèrement inférieure aux résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Centre » (129 ± 10 Bq/kg frais) (cf. paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés sur le mélange de blés sont restées inférieures aux limites de détection.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ¹⁰⁶Ru (LD≅5 Bq/kg frais) ; ¹²⁴Sb, ¹²⁵Sb (LD≅1,3 Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag (LD≅0,8 Bq/kg frais) ; ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs (LD≅0,5 Bq/kg frais) ; ⁵⁸Co, ⁶⁰Co (LD≅0,5 Bq/kg frais) ; ⁷Be (LD≅5,9 Bq/kg frais).

VI.6.2.2 DAMPIERRE-EN-BURLY (45)



Carte 14 : Implantation du CNPE de Dampierre-en-Burly

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.6.2.2.1. 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.6.2.2.2. 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 52 ± 5 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 35 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 85 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Dampierre-en-Burly

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,12 ± 0,04	0,16 ± 0,04	0,14	6/6
	α global	Bq/l	< 0,02	< 0,03	-	2/6
	^3H	Bq/l	9,3 ± 3,2	52,0 ± 5,2	31,6	6/6
	K	mg/l	3,4 ± 0,2	4,7 ± 0,2	4,1	6/6

VI.6.2.2.3. Matières en suspension

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau de la Loire prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé à Ouzouer-sur-Loire (Tableau 36).

Tableau 36 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Loire en aval du CNPE de Dampierre-en-Burly (SD 85 LOV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Boues de décantation	^{137}Cs	Bq/kg sec	4,9 ± 1,0	8,3 ± 1,2	6,9	6/6

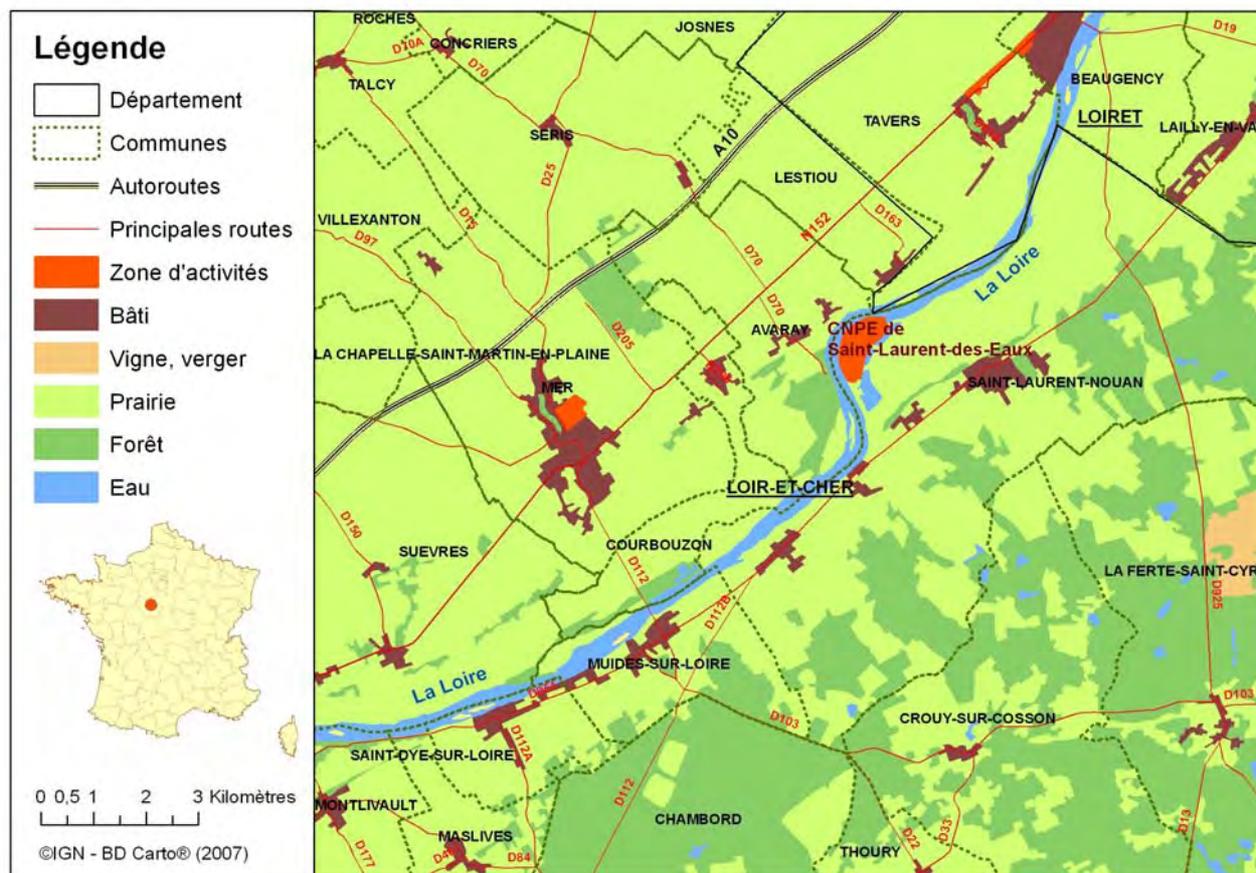
* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

D'autres radionucléides artificiels sont mesurés dans les MES décantées en aval du CNPE :

- l'argent 110 métastable pour le mélange d'août-septembre (valeur maximale de $1,9 \pm 1,0$ Bq/kg sec).
- le plutonium 239+240 pour le mélange de décembre-janvier ($0,44 \pm 0,13$ Bq/kg sec) est mesuré à des niveaux comparables aux années précédentes. Sa présence s'explique par les retombées atmosphériques passées (accident de Tchernobyl, retombées des essais nucléaires).

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

VI.6.2.3 SAINT-LAURENT-DES-EAUX (41)



Carte 15 : Implantation du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux

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.6.2.3.1. 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.6.2.3.2. Eaux de surface

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

Tableau 37 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	0,12 \pm 0,04	0,18 \pm 0,04	0,15	5/6
	α global	Bq/l	< 0,02	< 0,03	0,03	3/6
	K	mg/l	3,2 \pm 0,2	4,3 \pm 0,2	3,9	6/6

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 16 \pm 3 Bq/l) due aux rejets liquides.

Tableau 38 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	< 0,10	0,16 \pm 0,04	0,14	5/6
	α global	Bq/l	< 0,02	0,03 \pm 0,01	0,03	3/6
	^3H	Bq/l	< 9,5	16,0 \pm 2,7	14,8	4/6
	K	mg/l	2,1 \pm 0,1	4,6 \pm 0,3	3,9	6/6

VI.6.2.3.3. Matières en suspension

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau de la Loire prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé à Muides-sur-Loire (Tableau 39).

Tableau 39 : Activités en ^{137}Cs et $^{239+240}\text{Pu}$ mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Loire en aval du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux (SD 98 LOV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	6,2 \pm 1,7	13,2 \pm 2,1	8,9	6/6
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg sec	0,16 \pm 0,06	0,20 \pm 0,07	-	2/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Ces valeurs, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl et les retombées des essais nucléaires passés.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2007.

VI.6.2.3.4. Lait

La surveillance de la radioactivité dans le lait a été interrompue suite au désengagement de la DDASS 45 qui effectuait des prélèvements mensuels dans une ferme à proximité de la centrale de Saint-Laurent-des-Eaux. Le suivi de la radioactivité dans le lait sous influence des rejets de la centrale reprendra à partir de 2009.

VI.6.2.3.5. Céréales (blé)

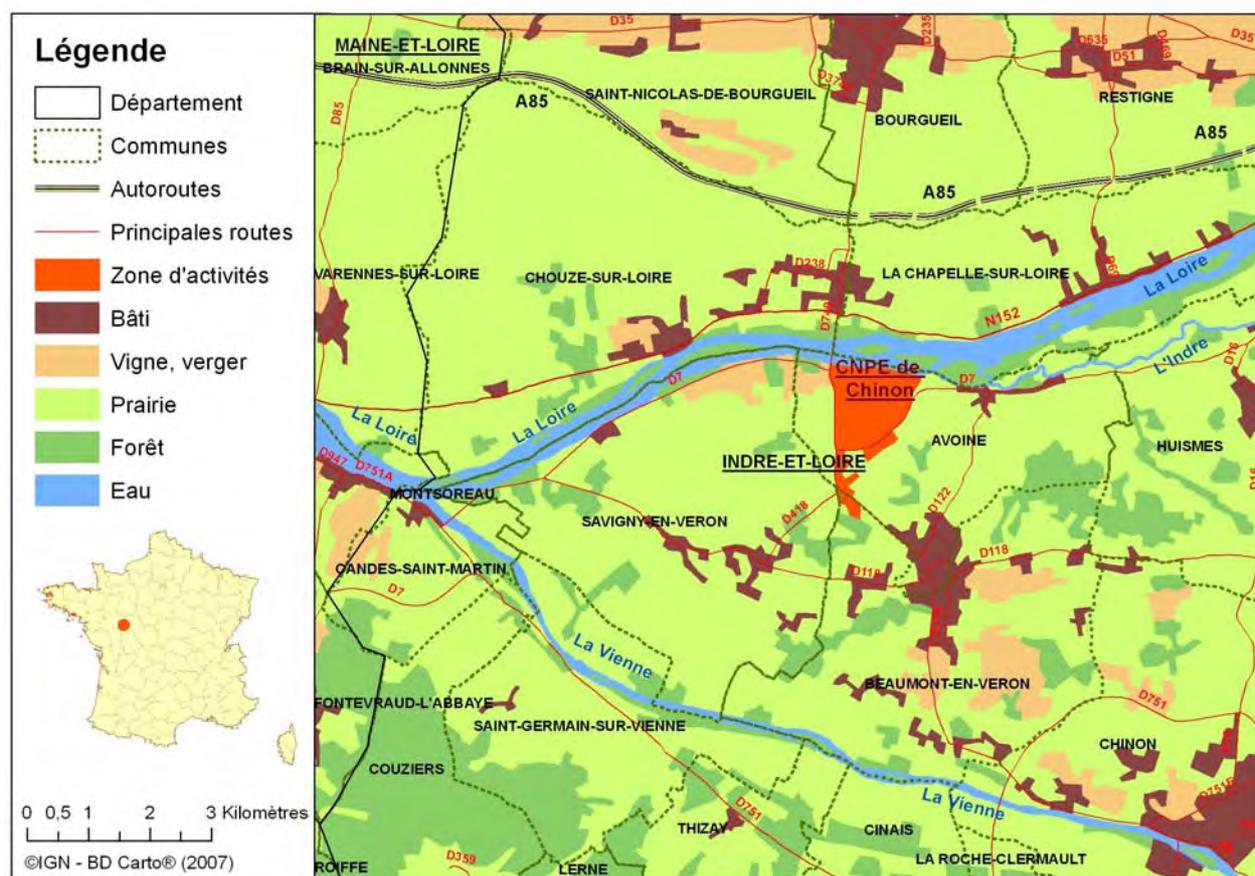
Des prélèvements de blé sont effectués lors de la récolte annuelle dans la commune de Sully-sur-Loire.

La concentration mesurée en potassium 40 est de $126,5 \pm 8,2$ Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $4 \pm 0,46$ g/kg frais). Cette valeur est du même ordre de grandeur que les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Centre » (129 ± 10 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD \approx 5$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD \approx 1,4$ Bq/kg frais) ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ($LD \approx 0,8$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs , ^{137}Cs ($LD \approx 0,5$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD \approx 5$ Bq/kg frais).

VI.6.2.4 CHINON (37)



Carte 16 : Implantation du CNPE de Chinon

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.6.2.4.1. 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.6.2.4.2. Eaux de surface

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

Tableau 40 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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 0,04	0,16	6/6
	α global	Bq/l	< 0,03	0,04 \pm 0,01	-	2/6
	K	mg/l	3,3 \pm 0,2	4,7 \pm 0,2	4,0	6/6

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 17 \pm 4 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 41 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	0,17 \pm 0,04	0,15	6/6
	α global	Bq/l	< 0,02	0,03 \pm 0,01	-	2/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	17,0 \pm 3,7	12,2	3/6
	K	mg/l	3,4 \pm 0,2	4,3 \pm 0,2	4,0	6/6

VI.6.2.4.3. Matières en suspension

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau de la Loire prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé à Candès-Saint-Martin (Tableau 42).

Tableau 42 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Loire en aval du CNPE de Chinon (SD 52 LOV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	3,6 \pm 1,1	7,4 \pm 1,4	5,8	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Ces activités massiques, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2007.

VI.6.2.4.4. Lait

Des prélèvements mensuels de lait de vache sont effectués dans une ferme située à Brehemont. Les principaux résultats sont présentés dans le Tableau 43.

Tableau 43 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Chinon

		Min.	Max.	Moyenne	
Lait	⁴⁰ K	Bq/l	45 ± 5,5	54 ± 6,7	48,3 ± 5,7
	K	g/l	1,45 ± 0,17	1,74 ± 0,09	1,6 ± 0,1
	⁹⁰ Sr (Sr+TR)	Bq/l	< 0,08	< 0,10	-
	¹³¹ I	Bq/l	< 0,22	< 0,55	-
	¹³⁷ Cs	Bq/l	< 0,15	< 0,22	-
	¹³⁴ Cs	Bq/l	< 0,17	< 0,22	-

Parmi les principaux radionucléides susceptibles d'être rejetés par la centrale nucléaire et transférés dans le lait (iode 131, césium 137), les activités volumiques mesurées sont restées inférieures aux limites de détection.

Aucune activité volumique en strontium 90 (méthode Sr+ TR) n'a été détectée.

VI.6.2.4.5. Céréales (blé)

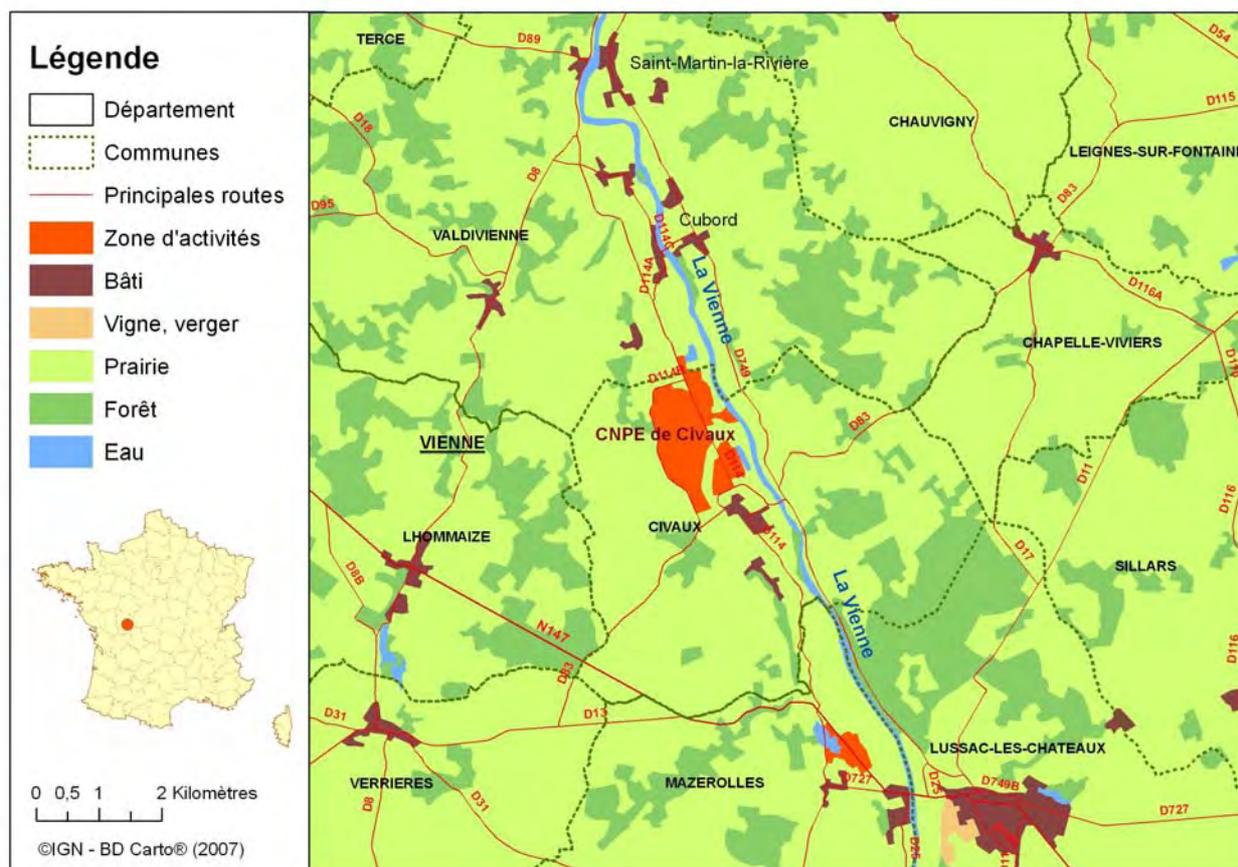
Des prélèvements de blé sont effectués lors de la récolte annuelle à proximité de la centrale de Chinon.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 119,50 ± 9,6 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à 3,9 ± 0,31 g/kg frais). Cette valeur est légèrement inférieure aux résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Centre » (129 ± 10 Bq/kg frais) (cf. paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ¹⁰⁶Ru (LD≅4,3 Bq/kg frais) ; ¹²⁴Sb, ¹²⁵Sb (LD≅1,3 Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag (LD≅0,7 Bq/kg frais) ; ¹³⁴Cs (LD≅0,6 Bq/kg frais), ¹³⁷Cs (LD≅0,5 Bq/kg frais) ; ⁵⁸Co, ⁶⁰Co (LD≅0,6 Bq/kg frais) ; ⁷Be (LD≅5 Bq/kg frais).

VI.6.2.5 CIVAUX (86)



Carte 17 : Implantation du CNPE de Civaux

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). À cela s'ajoutent des analyses effectuées sur des prélèvements de végétaux terrestres, sols, végétaux aquatiques et poissons, et céréales.

VI.6.2.5.1. 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.6.2.5.2. Eaux de surface

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

Tableau 44 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R0 169 VIM dans la Vienne en amont du CNPE de Civaux

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,08 \pm 0,03	0,13 \pm 0,03	0,11	5/6
	α global	Bq/l	< 0,01	< 0,03	-	0/6
	^3H	Bq/l	< 8,1	< 9,2	-	0/6
	K	mg/l	1,9 \pm 0,1	2,8 \pm 0,1	2,5	6/6

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 21,0 \pm 3,6 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 45 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 169 VIV dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,08 \pm 0,02	0,13 \pm 0,04	0,10	6/6
	α global	Bq/l	< 0,02	< 0,02	-	0/6
	^3H	Bq/l	6,0 \pm 1,4	21,0 \pm 3,6	11,6	6/6
	K	mg/l	2,1 \pm 0,1	3,2 \pm 0,2	2,7	6/6

VI.6.2.5.3. Matières en suspension

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau de la Vienne prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur aval situé au lieu-dit Cave de Bréchonnière (Tableau 46).

Tableau 46 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux (SD 169 VIV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	7,9 \pm 1,3	15,0 \pm 2,1	10,4	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Ces valeurs, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les mélanges analysés en 2007.

VI.6.2.5.4. Végétaux aquatiques

Un prélèvement annuel de végétaux aquatiques (myriophylles et jussies) est effectué dans la Vienne en aval des rejets liquides du CNPE de Civaux, à proximité de Cubord.

Aucun radionucléide émetteur gamma, caractéristique des rejets d'effluents liquides de la centrale, n'a été détecté dans les échantillons prélevés en aval de la centrale au mois de septembre 2007.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les végétaux aquatiques sont : ^{106}Ru (LD \approx 5 Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb (LD \approx 0,5 Bq/kg frais) ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$ (LD \approx 0,9 Bq/kg frais) ; ^{131}I (LD \approx 0,7 Bq/kg frais) ; ^{134}Cs (LD \approx 0,6 Bq/kg frais), ^{137}Cs (LD \approx 0,6 Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co (LD \approx 0,5 Bq/kg frais) ; ^{54}Mn (LD \approx 0,6 Bq/kg frais) ; ^7Be (LD \approx 5 Bq/kg frais).

VI.6.2.5.5. Poissons

Une pêche annuelle de poissons (gardons, chevesnes et poissons chats) est réalisée dans la Vienne en aval de la centrale.

Pour ce qui concerne les radionucléides d'origine artificielle recherchés, seules des traces de césium 137 sont observées ($0,18 \pm 0,10$ Bq/kg frais). Ces résultats sont comparables à ceux de l'année 2006.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans poissons sont : ^{106}Ru ($LD \cong 1,5$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD \cong 0,5$ Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag ($LD \cong 0,24$ Bq/kg frais) ; ^{131}I ($LD \cong 0,2$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs ($LD \cong 0,15$ Bq/kg frais), ^{137}Cs ($LD \cong 0,18$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \cong 0,2$ Bq/kg frais) ; ^{54}Mn ($LD \cong 0,2$ Bq/kg frais).

VI.6.2.5.6. Sols

Un prélèvement annuel de sol est réalisé sur la commune de la Chapelle Viviers.

Parmi les radionucléides d'origine artificielle recherchés, on observe des traces de strontium 90 ($3,3 \pm 0,4$ Bq/kg sec) et de césium 137 ($8,4 \pm 0,8$ Bq/kg sec). Ces valeurs sont comparables à celles mesurées en 2006. La présence résiduelle de ces radionucléides n'est pas attribuable aux rejets gazeux de la centrale, car le strontium 90, caractéristique des retombées atmosphériques passées (essais militaires notamment) n'est pas rejeté dans les effluents gazeux de la centrale. En outre, le suivi de la radioactivité dans les compartiments atmosphériques et terrestres confirme l'absence de marquage lié aux émetteurs gamma rejetés par la centrale de Civaux (paragraphe IX.1.2.1.2).

VI.6.2.5.7. Végétaux terrestres

Des échantillons d'herbe et de feuilles d'arbre (bioindicateurs de radiocontamination des retombées atmosphériques) sont prélevés mensuellement sur la commune de la Chapelle-Viviers pour évaluer l'impact des rejets gazeux de la centrale sur le milieu terrestre. Un prélèvement annuel de mousse est également réalisé.

Les mesures effectuées dans les différents types de végétaux terrestres ne révèlent pas la présence de radionucléides émetteurs gamma caractéristiques des rejets gazeux des centrales REP (isotopes radioactifs du cobalt et du césium...). Les résultats sont restés inférieurs aux limites de détection ($LD \cong 1$ à 4 Bq/kg sec).

Le carbone 14 et le tritium, radionucléides prépondérants dans les rejets gazeux des CNPE, font également l'objet d'un suivi dans les échantillons de feuilles d'arbre. En 2007, la concentration moyenne annuelle en carbone 14 de 280 Bq/kg carbone est légèrement supérieure à la valeur du bruit de fond de 242 Bq/kg de carbone. Toutefois, l'incertitude associée aux résultats, en moyenne de 25%, ne permet pas de conclure si les rejets du site sont à l'origine d'un faible marquage des végétaux terrestres. Pour le tritium, les résultats sont restés inférieurs aux limites de détection (LD comprises entre 180 et 469 Bq/kg frais pour les échantillons de feuilles). Les performances métrologiques atteintes pour ces deux radionucléides permettent de détecter une élévation anormale liée à un incident de rejet gazeux, mais ne permettent pas de confirmer l'absence de marquage des végétaux pour un fonctionnement normal de l'installation.

VI.6.2.5.8. Lait

Des prélèvements mensuels de lait de vache sont effectués dans une ferme située dans la commune de la Chapelle Viviers. Les principaux résultats sont présentés dans le **Tableau 47**.

Tableau 47 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Civaux

		Min.	Max.	Moyenne	
Lait	⁴⁰ K	Bq/l	43,5 ± 5,3	55,2 ± 6,7	48,3 ± 3,4
	K	g/l	1,4 ± 0,17	1,8 ± 0,2	1,56 ± 0,22
	⁹⁰ Sr (Sr+TR)	Bq/l	0,16 ± 0,04	0,18 ± 0,04	-
	¹³¹ I	Bq/l	< 0,2	< 0,65	-
	¹³⁷ Cs	Bq/l	< 0,17	< 0,22	-
	¹³⁴ Cs	Bq/l	< 0,18	< 0,24	-
	³ H	Bq/l	-	< 20	-

Parmi les principaux radionucléides susceptibles d'être rejetés par la centrale nucléaire et transférés dans le lait (iode 131, césium 137), les activités volumiques mesurées sont restées inférieures aux limites de détection.

Parmi les radionucléides caractéristiques des retombées atmosphériques passées, des traces de strontium 90, comprises entre 0,16 et 0,18 ± 0,04 Bq/l, sont observées sur 3 des 12 prélèvements analysés. Le nombre de valeurs significatives observé en 2006 était de 7 sur 12 prélèvements.

VI.6.2.5.9. Céréales

Des prélèvements de blé provenant de la commune de Leignes-sur-Fontaine sont effectués lors de la récolte annuelle.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 122,4 ± 10 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à 3,95 ± 0,3 g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Poitou Charente Aquitaine » (120 ± 14 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 contrôlés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ¹⁰⁶Ru (LD≅3,7 Bq/kg frais) ; ¹²⁴Sb, ¹²⁵Sb (LD≅1 Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag (LD≅0,7 Bq/kg frais) ; ¹³⁴Cs (LD≅0,6 Bq/kg frais), ¹³⁷Cs (LD≅0,5 Bq/kg frais) ; ⁵⁸Co, ⁶⁰Co (LD≅0,6 Bq/kg frais) ; ⁷Be (LD≅5,3 Bq/kg frais).

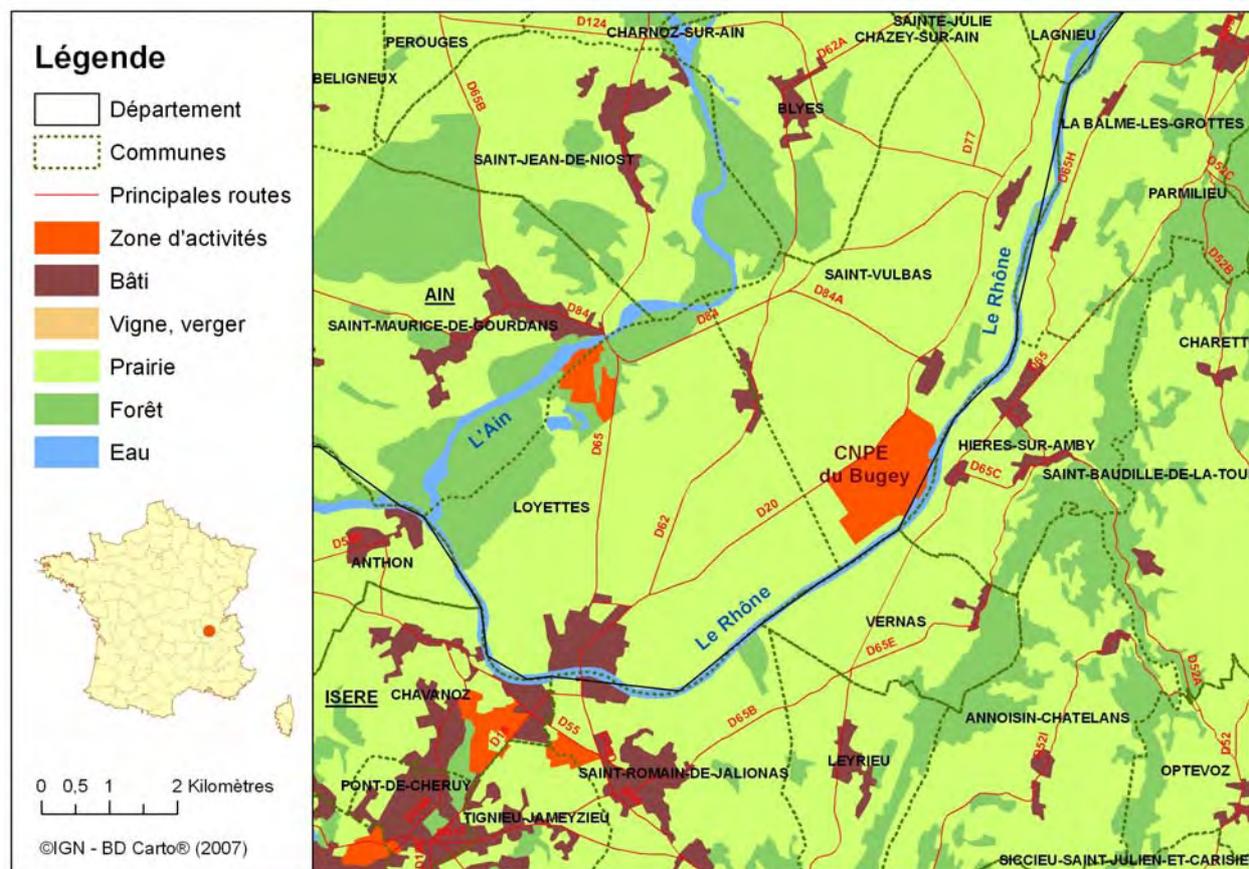
VI.6.3 BASSIN VERSANT DU RHONE (01, 38, 07, 26)



Carte 18 : Implantation des CNPE du bassin versant du Rhône

N.B. : Le CNPE de Creys-Malville est en phase de démantèlement (chapitre VI.6.9.2).

VI.6.3.1 LE BUGEY (01)



Carte 19 : Implantation du CNPE du Bugey

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 du 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'ajoutent un prélèvement d'eaux souterraines et de céréales.

VI.6.3.1.1. 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.6.3.1.2. Eaux de surface

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

Tableau 48 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R2 47 ROV sur le Rhône en aval du CNPE du Bugey

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,12	< 0,15	-	1/6
	α global	Bq/l	0,027 \pm 0,009	0,041 \pm 0,011	0,034	6/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	11,0 \pm 3,2	-	2/6
	K	mg/l	1,6 \pm 0,1	2,0 \pm 0,1	1,8	6/6

VI.6.3.1.3. Eaux souterraines

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

Tableau 49 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P6 47 dans l'environnement du CNPE du Bugey

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,13 \pm 0,03	0,14 \pm 0,04	0,14	2/2
	^3H	Bq/l	< 9,4	< 9,6	-	0/2
	K	mg/l	2,9 \pm 0,1	3,2 \pm 0,1	3,1	2/2

VI.6.3.1.4. Matières en suspension

Des traces de césium 137 sont relevées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau du Rhône prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé à Loyettes. Elles s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

De faibles niveaux sont mesurés en cobalt 58, cobalt 60 et argent 110 métastable, radionucléides artificiels présents dans les rejets d'effluents liquides rejetés par le CNPE du Bugey en 2007 (Tableau 50).

Tableau 50 : Activités en ^{137}Cs , ^{58}Co , ^{60}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Rhône en aval du CNPE du Bugey (SD 47 ROV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	2,0 \pm 0,4	6,5 \pm 0,9	4,0	6/6
	^{58}Co	Bq/kg sec	< 0,80	2,0 \pm 0,8	-	2/6
	^{60}Co	Bq/kg sec	< 0,46	2,4 \pm 0,5	-	2/6
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	Bq/kg sec	< 0,85	10,2 \pm 1,4	4,3	4/6

* 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 2007.

VI.6.3.1.5. Lait

La surveillance du lait a été interrompue suite au désengagement de la DDASS 38 qui effectuait des prélèvements mensuels dans une ferme à proximité de la centrale du Bugey. Le suivi de la radioactivité dans le lait sous influence des rejets de la centrale devrait reprendre à partir de 2009.

VI.6.3.1.6. Céréales

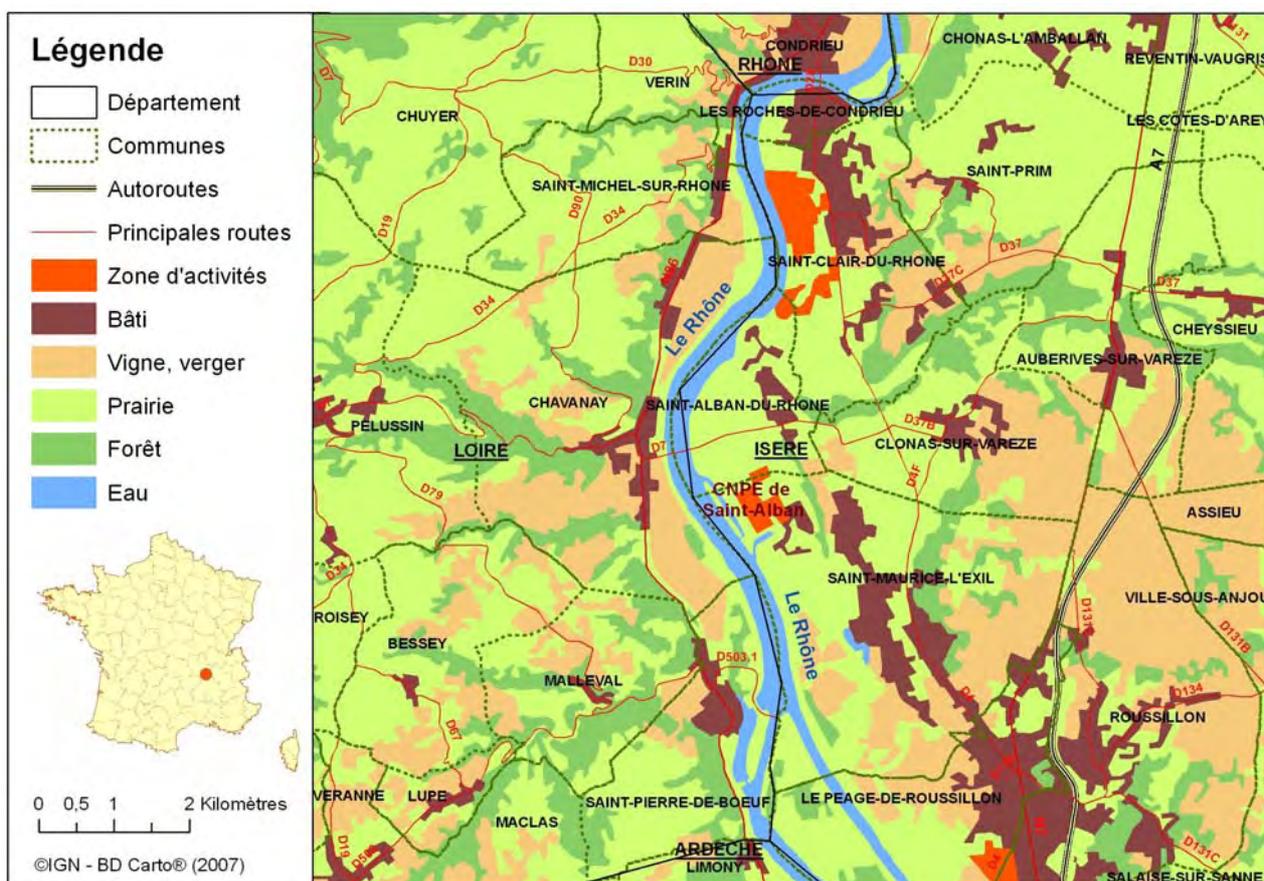
Des prélèvements de blé provenant de la commune de Meximieux sont effectués lors de la récolte annuelle.

La concentration mesurée en potassium 40 est de $114,24 \pm 9,3$ Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $3,69 \pm 0,3$ g/kg frais). Cette valeur est légèrement inférieure aux résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Rhône Alpes » (120 ± 14 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 contrôlés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD \approx 4,5$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD \approx 1$ Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag ($LD \approx 0,7$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais), ^{137}Cs ($LD \approx 0,5$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD \approx 5,2$ Bq/kg frais).

VI.6.3.2 SAINT-ALBAN (38)



Carte 20 : Implantation du CNPE de Saint-Alban

Le CNPE de Saint 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), complétée par des prélèvements de céréales.

VI.6.3.2.1. 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.6.3.2.2. 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 2007.

Tableau 51 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	< 0,14	-	0/6
	α global	Bq/l	< 0,03	< 0,03	-	0/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 12,0	-	0/6
	K	mg/l	1,9 \pm 0,1	3,0 \pm 0,2	2,3	6/6

VI.6.3.2.3. Matières en suspension

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau du Rhône prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé en aval du barrage de Saint-Pierre-de-Bœuf (Tableau 52). Elles s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

Une faible activité massique en cobalt 60 a été détectée dans les boues de décantation de septembre-octobre. La détection de ce radionucléide est à mettre en relation avec les rejets liquides autorisés du CNPE de Saint-Alban.

Une activité massique importante en iode 131 a également été relevée dans le mélange de boues de septembre-octobre. La présence de ce radionucléide n'est pas liée aux rejets de la centrale de Saint-Alban (activités volumiques des effluents avant rejet dans le Rhône en 2007 inférieures à 0,5 Bq/l). Il est possible que l'iode 131 provienne de la station d'épuration située à proximité de l'hydrocollecteur à Saint-Pierre-de-Bœuf. Ce type de station traite les rejets de la médecine nucléaire (chapitre VIII).

Tableau 52 : Activités en ^{137}Cs , ^{60}Co et ^{131}I mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Rhône en aval du CNPE de Saint-Alban (SD 155 ROV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	5,4 \pm 0,8	13,6 \pm 2,5	7,4	6/6
	^{60}Co	Bq/kg sec	< 0,9	3,6 \pm 1,1	-	1/6
	^{131}I	Bq/kg sec	< 22,7	170,7 \pm 50,7	-	1/6

* 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 2007.

VI.6.3.2.4. Lait

La surveillance du lait a été interrompue suite au désengagement de la DDASS 42 qui effectuait des prélèvements mensuels dans une ferme à proximité de la centrale de Saint-Alban. Le suivi

de la radioactivité dans le lait sous influence des rejets de la centrale reprendra à partir de 2009.

VI.6.3.2.5. Céréales

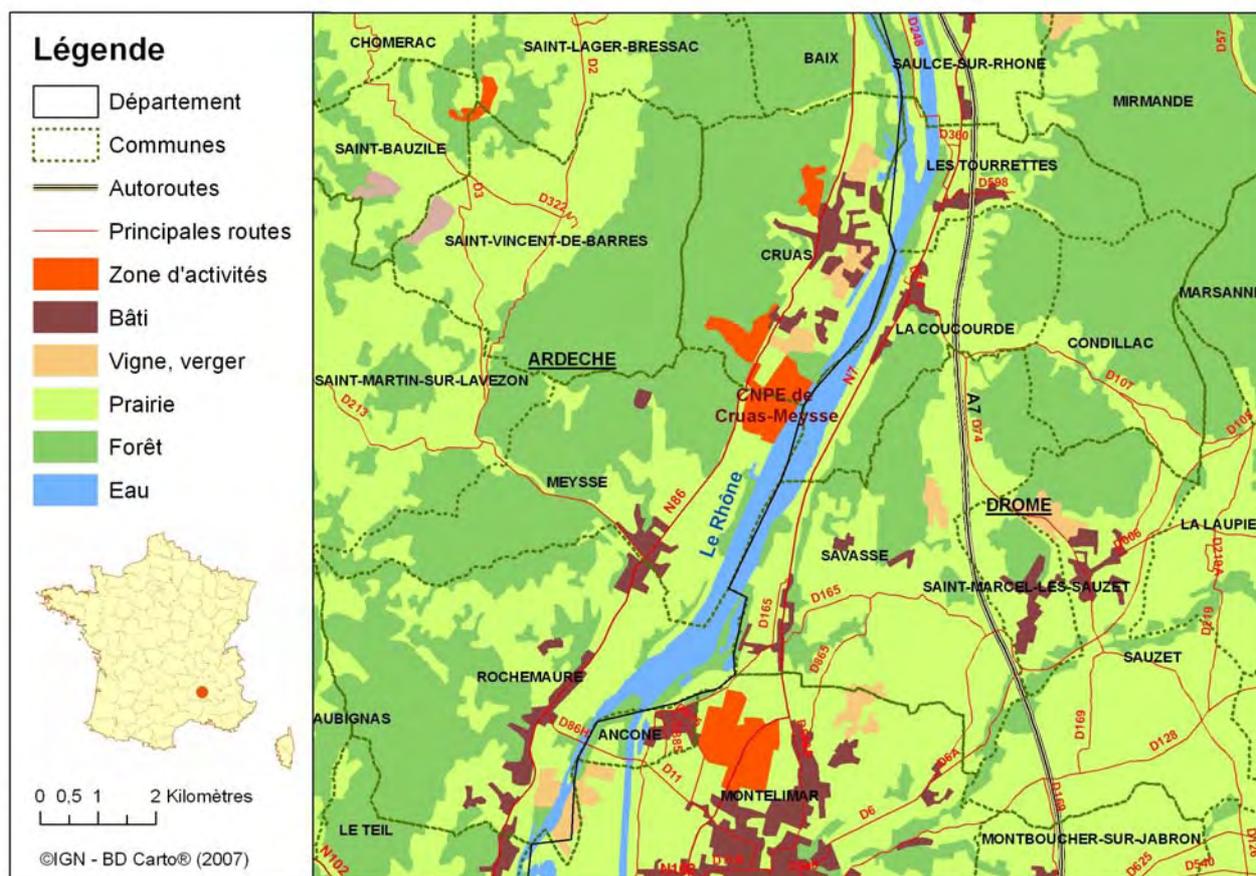
Des prélèvements de blé provenant de la commune de Saint-Prim sont effectués lors de la récolte annuelle.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 114 ± 9 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $3,7 \pm 0,3$ g/kg frais). Cette valeur est légèrement inférieure aux résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Rhône Alpes » (120 ± 14 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD \approx 4,5$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD \approx 1$ Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag ($LD \approx 0,7$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais), ^{137}Cs ($LD \approx 0,5$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD \approx 5,2$ Bq/kg frais).

VI.6.3.3 CRUAS-MEYSSE (07)



Carte 21 : Implantation du CNPE de Cruas-Meysse

Le CNPE de Cruas-Meysse 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), complétée par des prélèvements de céréales.

VI.6.3.3.1. 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.6.3.3.2. Eaux de surface

Les données relatives au point en amont hydraulique (point aval du CNPE de Saint-Alban) sont accessibles au paragraphe VI.6.3.2.2.

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval révèlent la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de $16,0 \pm 3,2$ Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 53 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	$0,14 \pm 0,04$	-	1/6
	α global	Bq/l	< 0,03	$0,05 \pm 0,01$	0,03	3/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	$16,0 \pm 3,2$	-	2/6
	K	mg/l	$1,8 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,1$	2,0	6/6

VI.6.3.3.3. Matières en suspension

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau du Rhône prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé à Rochemaure (Tableau 54). Elles s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

Des faibles concentrations sont mesurées en cobalt 58, cobalt 60 et argent 110 métastable, radionucléides d'origine artificielle présents dans les rejets liquides du CNPE en 2007 (chapitre VI.2).

Tableau 54 : Activités en ^{137}Cs , ^{58}Co , ^{60}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Rhône en aval du CNPE de Cruas (SD 157 ROV)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	$7,0 \pm 0,9$	$10,8 \pm 1,3$	8,3	6/6
	^{58}Co	Bq/kg sec	< 0,9	$2,4 \pm 0,9$	-	1/6
	^{60}Co	Bq/kg sec	< 1,0	$2,4 \pm 0,6$	-	2/6
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	Bq/kg sec	< 1,1	$2,2 \pm 0,9$	1,6	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 2007.

VI.6.3.3.4. Lait

La surveillance du lait a été interrompue suite au désengagement de la DDASS 26 qui effectuait des prélèvements mensuels à proximité de la centrale de Cruas. Le suivi de la radioactivité dans le lait sous influence des rejets de la centrale devrait reprendre à partir de 2009.

VI.6.3.3.5. Céréales

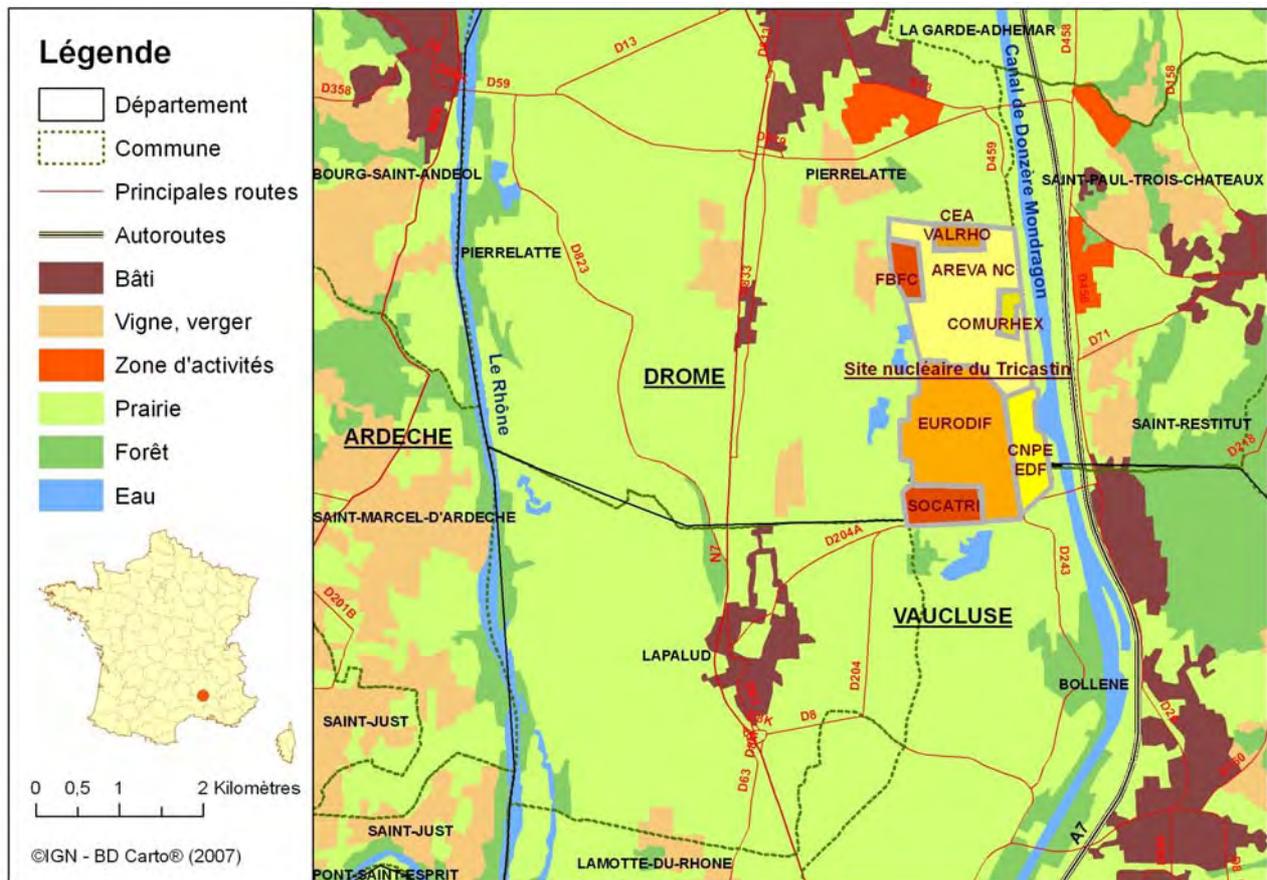
Des prélèvements de blé provenant du S.C.A de la Larpie sont effectués lors de la récolte annuelle.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 127 ± 10 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $4,1 \pm 0,3$ g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Rhône-Alpes » (120 ± 14 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 contrôlés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD=4,7$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD=1$ Bq/kg frais) ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ($LD=0,8$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs ($LD=0,7$ Bq/kg frais), ^{137}Cs ($LD=0,5$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD=0,6$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD=4,9$ Bq/kg frais).

VI.6.3.4 TRICASTIN (26)



Carte 22 : Implantation du CNPE du Tricastin

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'ajoutent des prélèvements d'eaux souterraines et de céréales.

VI.6.3.4.1. 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.6.3.4.2. Eaux de surface

Le point de prélèvement en amont hydraulique est représenté par le point aval du CNPE de Cruas (voir données du paragraphe VI.6.3.3.2).

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

Tableau 55 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	< 0,12	-	0/6
	α global	Bq/l	< 0,025	0,035 \pm 0,011	0,030	5/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 11,0	-	0/6
	K	mg/l	1,7 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1	2,1	6/6

VI.6.3.4.3. Matières en suspension

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau du canal de Donzère-Mondragon prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé à Bollène (Tableau 56).

Tableau 56 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans MES décantées prélevées en 2007 dans le Rhône en aval du CNPE du Tricastin (SD 75 CAV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	3,2 \pm 0,7	7,5 \pm 2,4	5,1	6/6

Ces valeurs, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par la rémanence des dépôts suite aux retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2007.

VI.6.3.4.4. Eaux souterraines

Les prélèvements et analyses des eaux souterraines au droit du site sont effectués semestriellement. Aucune activité anormale n'a été décelée en 2007, hormis un marquage en tritium dû au CNPE.

Tableau 57 : 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	0,14 \pm 0,04	0,17 \pm 0,04	0,16	2/2
	^3H	Bq/l	17,0 \pm 3,2	34,0 \pm 4,1	25,5	2/2
	K	mg/l	3,4 \pm 0,2	3,5 \pm 0,2	3,5	2/2

VI.6.3.4.5. Céréales

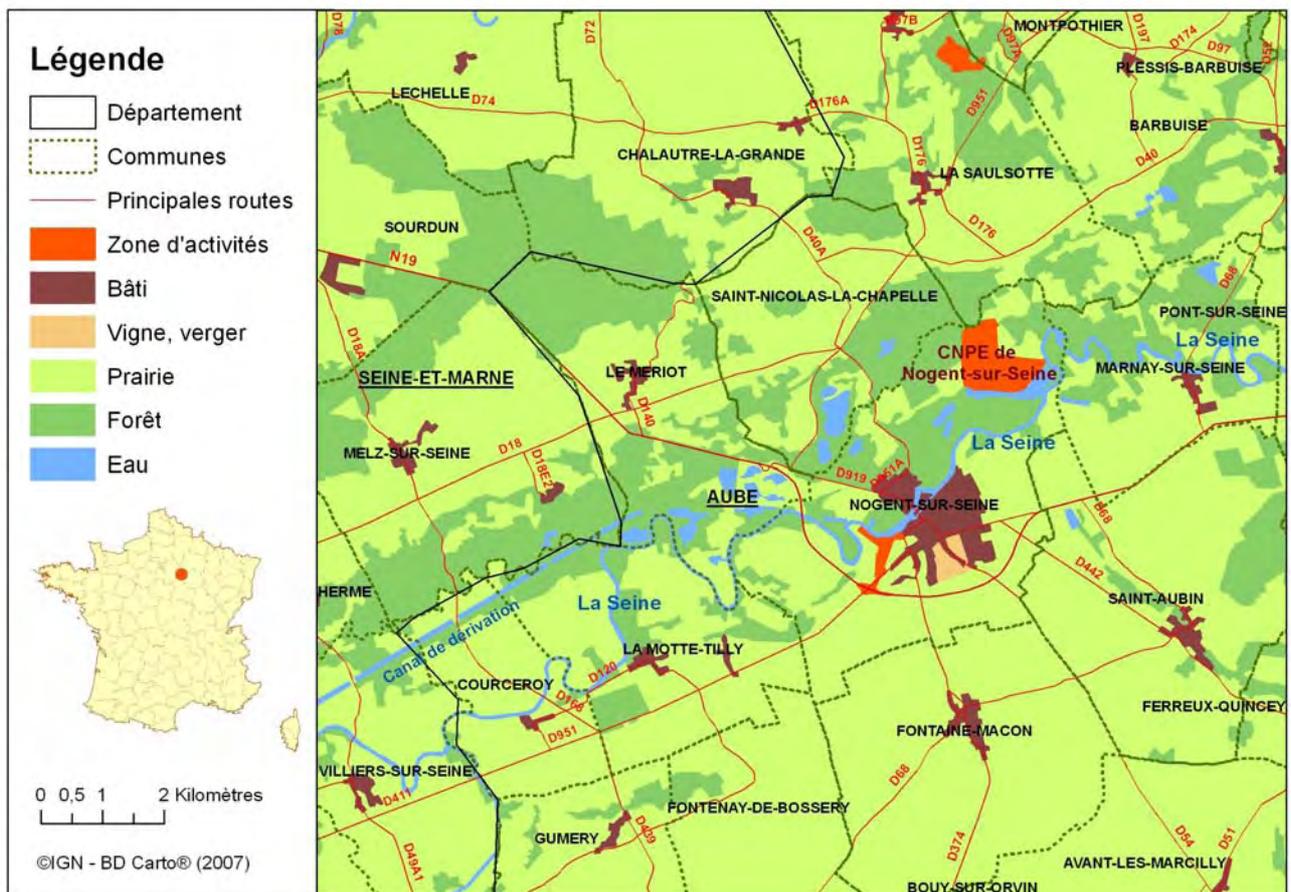
Des prélèvements de blé provenant de la commune de Bollène sont effectués lors de la récolte annuelle.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 121 ± 20 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $9,9 \pm 0,3$ g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Rhône-Alpes » (120 ± 14 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 contrôlés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD \approx 4,7$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD \approx 1,5$ Bq/kg frais) ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ($LD \approx 0,75$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs ($LD \approx 0,65$ Bq/kg frais), ^{137}Cs ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \approx 0,65$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD \approx 6,9$ Bq/kg frais).

VI.6.4 BASSIN VERSANT DE LA SEINE - NOGENT-SUR-SEINE (10)



Carte 23 : 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), complétée par des prélèvements de céréales.

VI.6.4.1 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.6.4.2 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 mai-juin (activité moyenne de 54 ± 5 Bq/l) et juillet-août (activité moyenne de 49 ± 4 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE (Tableau 58).

Tableau 58 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	< 0,14	-	0/6
	α global	Bq/l	< 0,02	$0,03 \pm 0,01$	-	1/6
	^3H	Bq/l	$26,0 \pm 3,6$	$54,0 \pm 4,9$	41,3	6/6
	K	mg/l	$1,9 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,1$	2,3	6/6

VI.6.4.3 MATIERES EN SUSPENSION

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau de la Seine prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé à Nogent-sur-Seine (Tableau 59). Elles s'expliquent principalement par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

Des activités massiques significatives en cobalt 58, cobalt 60 et argent 110m ont été relevées dans les échantillons, malgré les faibles niveaux d'activités volumiques, rejetés par les effluents liquides de la centrale de Nogent en 2007.

Tableau 59 : Activités en ^{137}Cs , ^{58}Co , ^{60}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Seine en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (SD 151 SEV)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	$2,0 \pm 0,7$	$3,3 \pm 0,7$	2,8	6/6
	^{58}Co	Bq/kg sec	< 0,8	$4,7 \pm 1,0$	-	2/6
	^{60}Co	Bq/kg sec	< 0,7	$2,9 \pm 0,5$	2,3	4/6
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	Bq/kg sec	< 0,8	$1,2 \pm 0,7$	-	1/6

* 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 2007.

VI.6.4.4 LAIT

Des prélèvements mensuels de lait de vache sont effectués dans une ferme située dans la commune de Marcilly-sur-Seine. Les principaux résultats sont présentés dans le Tableau 60.

Tableau 60: Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Nogent-sur-Seine

		Min.	Max.	Moyenne	
Lait	⁴⁰ K	Bq/l	46,9 ± 5,7	51,2 ± 6,4	49,7
	K	g/l	1,5 ± 0,2	1,7 ± 0,2	1,6
	⁹⁰ Sr (Sr+TR)	Bq/l	0,21 ± 0,05	0,23 ± 0,04	-
	¹³¹ I	Bq/l	< 0,24	< 0,8	-
	¹³⁷ Cs	Bq/l	< 0,14	< 0,20	-
	¹³⁴ Cs	Bq/l	< 0,17	< 0,25	-

Parmi les principaux radionucléides artificiels susceptibles d'être rejetés par la centrale et transférés dans le lait (iode 131, césium 137), les activités volumiques mesurées sont restées inférieures aux limites de détection.

Par ailleurs, sur douze des prélèvements réalisés, deux échantillons ont présenté une activité volumique significative en strontium 90 avec une valeur maximale de 0,23 ± 0,04 Bq/l, qui est à mettre en relation avec la rémanence des dépôts suite aux retombées atmosphériques de Tchernobyl et des essais nucléaires.

VI.6.4.5 CEREALES

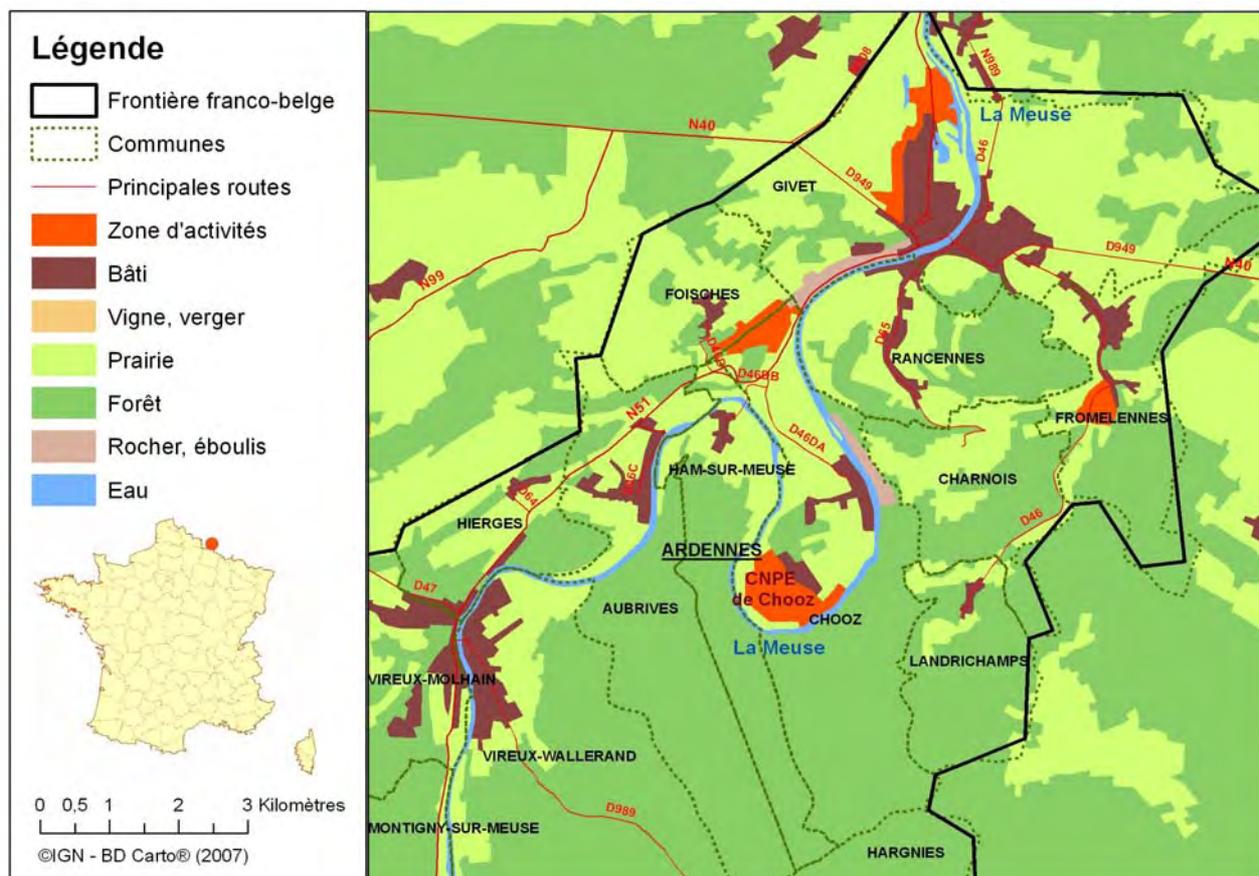
Des prélèvements de blé provenant de la commune de Saulotte et des communes avoisinantes sont effectués annuellement.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 124 ± 10 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à 4,0 ± 0,3 g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « zone est » (114 ± 10 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ¹⁰⁶Ru (LD≅4,5 Bq/kg frais) ; ¹²⁴Sb, ¹²⁵Sb (LD≅1,2 Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag (LD≅0,7 Bq/kg frais) ; ¹³⁴Cs (LD≅0,5 Bq/kg frais), ¹³⁷Cs (LD≅0,5 Bq/kg frais) ; ⁵⁸Co, ⁶⁰Co (LD≅0,6 Bq/kg frais) ; ⁷Be (LD≅4,6 Bq/kg frais).

VI.6.5 BASSIN VERSANT DE LA MEUSE - CHOOZ (08)



Carte 24 : 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), complétée par des prélèvements de céréales.

VI.6.5.1 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.6.5.2 EAUX DE SURFACE

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

Tableau 61 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 83 MEM sur la Meuse en amont du CNPE de Chooz

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,12	< 0,13	-	1/6
	α global	Bq/l	< 0,03	< 0,03	-	0/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 10,0	-	0/6
	K	mg/l	1,9 \pm 0,1	3,2 \pm 0,2	2,7	6/6

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence en faible quantité de tritium (activité maximale de 22 \pm 4 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Tableau 62 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	< 0,09	0,14 \pm 0,04	-	1/6
	α global	Bq/l	< 0,02	< 0,03	-	0/6
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	< 9,4	22,0 \pm 3,8	15,3	4/6
	K	mg/l	2,7 \pm 0,1	3,5 \pm 0,2	3,1	6/6

VI.6.5.3 MATIERES EN SUSPENSION

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau de la Meuse prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé à Rancennes (Tableau 63). Elles s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

Par ailleurs, de faibles activités massiques en cobalt 60 ont été relevées : il s'agit d'un radionucléide artificiel présent dans les rejets liquides du CNPE de Chooz B en 2007.

Tableau 63 : Activités en ^{137}Cs et ^{60}Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Meuse en aval du CNPE de Chooz (SD 83 MEV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	7,7 \pm 1,1	11,7 \pm 1,9	9,2	6/6
	^{60}Co	Bq/kg sec	< 0,8	3,4 \pm 0,8	1,9	4/6

* 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 les mélanges analysés en 2007.

VI.6.5.4 LAIT

La surveillance du lait a été interrompue suite au désengagement de la DDASS 08 qui effectuait des prélèvements mensuels à proximité de la centrale de Chooz. Le suivi de la radioactivité dans le lait sous influence des rejets de la centrale devrait reprendre à partir de 2009.

VI.6.5.5 CEREALES

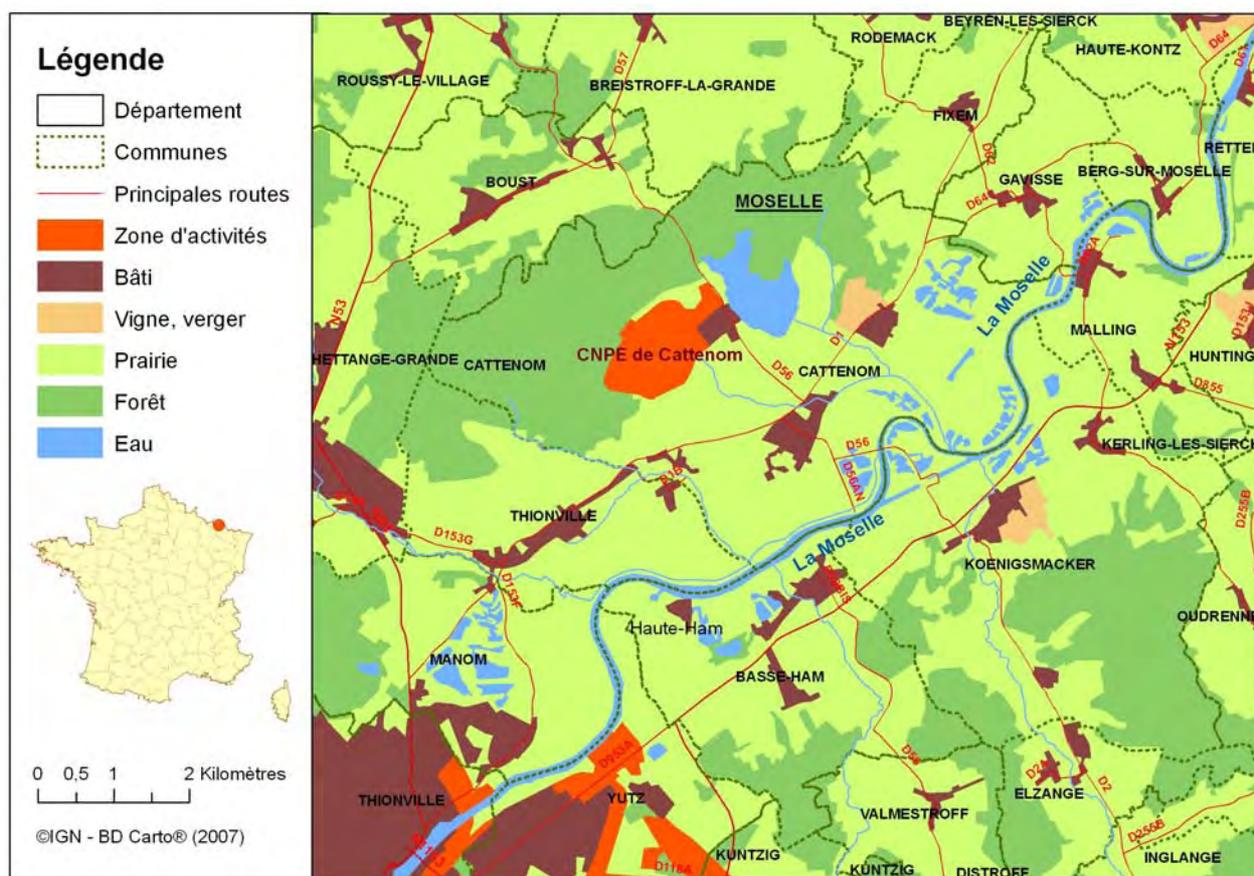
Des prélèvements de blé provenant de Rancennes et des communes avoisinantes sont réalisés lors de la récolte annuelle.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 110 ± 9 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $3,6 \pm 0,3$ g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « zone est » (114 ± 10 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD \approx 4,8$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD \approx 1,7$ Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag ($LD \approx 0,8$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs ($LD \approx 0,7$ Bq/kg frais), ^{137}Cs ($LD \approx 0,5$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \approx 0,9$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD \approx 10,1$ Bq/kg frais).

VI.6.6 BASSIN VERSANT DE LA MOSELLE - CATTENOM (57)



Carte 25 : Implantation du CNPE de Cattenom

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), complétée par des prélèvements de céréales.

VI.6.6.1 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.6.6.2 EAUX DE SURFACE

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont du CNPE (Tableau 64).

Tableau 64 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	0,21 \pm 0,04	0,32 \pm 0,04	0,25	5/6
	α global	Bq/l	< 0,03	< 0,03	-	0/6
	^{234}U	Bq/l	-	0,010 \pm 0,003	-	1/1
	^{238}U	Bq/l	-	0,010 \pm 0,003	-	1/1
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 9,8	-	0/6
	K	mg/l	6,4 \pm 0,3	10,0 \pm 0,5	7,8	6/6

Les analyses réalisées sur les eaux prélevées en aval ont mis en évidence la présence de tritium (activité maximale de 42 \pm 5 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE (Tableau 65).

Tableau 65 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 144 MOV en aval du CNPE de Cattenom, à Berg-sur-Moselle

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,19 \pm 0,04	0,28 \pm 0,04	0,24	5/6
	α global	Bq/l	< 0,03	< 0,04	-	0/6
	^{234}U	Bq/l	-	< 0,011	-	0/1
	^{238}U	Bq/l	-	< 0,010	-	0/1
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	20,0 \pm 3,5	42,0 \pm 4,6	31,2	6/6
	K	mg/l	4,6 \pm 0,2	7,6 \pm 0,4	6,1	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.6.6.3 MATIERES EN SUSPENSION

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau de la Moselle prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé à Berg-sur-Moselle (Tableau 66). Elles s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

Des traces de cobalt 60, radionucléide artificiel présent dans les rejets liquides chroniques du CNPE, ont été relevées pour le mélange de juin-juillet.

Tableau 66 : Activités en ^{137}Cs et ^{60}Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Moselle en aval du CNPE de Cattenom (SD 144 CTN)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	$3,9 \pm 0,6$	$6,7 \pm 1,0$	5,1	6/6
	^{60}Co	Bq/kg sec	< 0,8	$0,9 \pm 0,5$	-	1/6

* 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 2007.

VI.6.6.4 LAIT

Des prélèvements mensuels de lait sont effectués dans une ferme située dans la commune de Fixem. Les principaux résultats sont présentés dans le **Tableau 67**.

Tableau 67 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Cattenom

			Min.	Max.	Moyenne
Lait	^{40}K	Bq/l	$39 \pm 5,1$	$56 \pm 6,7$	47,4
	K	g/l	$1,25 \pm 0,16$	$1,8 \pm 0,22$	$1,6 \pm 0,09$
	^{90}Sr (Sr+TR)	Bq/l	< 0,086	< 0,14	-
	^{131}I	Bq/l	< 0,24	< 0,22	-
	^{137}Cs	Bq/l	< 0,15	< 0,23	-
	^{134}Cs	Bq/l	< 0,17	< 0,27	-

Aucun des radionucléides artificiels contrôlés n'a été détecté dans les échantillons de lait.

VI.6.6.5 CEREALES

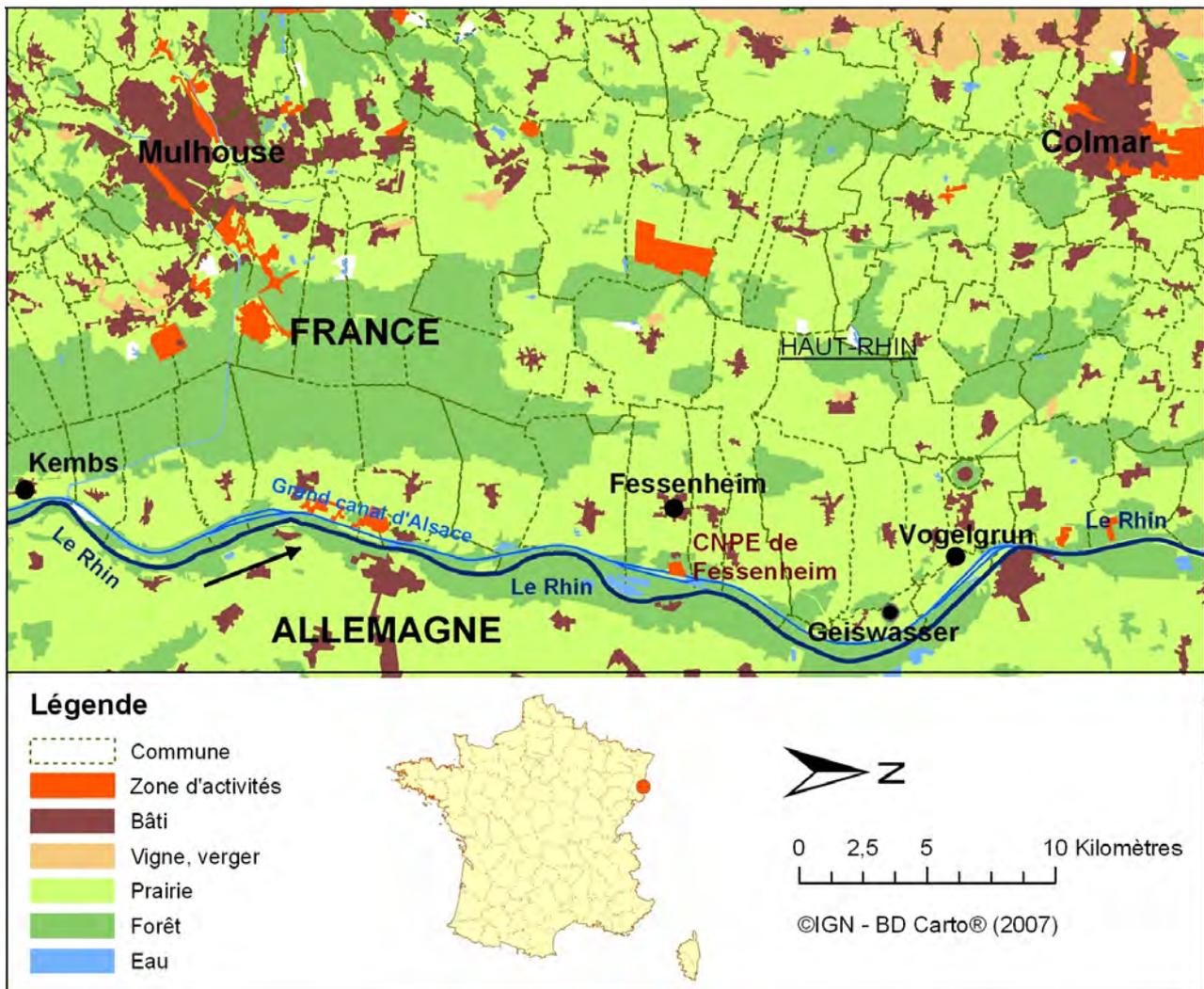
Des prélèvements de blé sont réalisés lors de la récolte annuelle, à partir d'un échantillonnage de plusieurs silos situés sur les communes de Fixem, Puttelage-les-Thionville et Beyren-les-Sierck.

La concentration de potassium 40 est de 113 ± 13 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $3,6 \pm 0,4$ g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats des blés collectés dans la région « est » (114 ± 9 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés sur le mélange de blés sont restées inférieures aux limites de détection.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD \approx 4,1$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD \approx 1,1$ Bq/kg frais) ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ($LD \approx 0,7$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs , ^{137}Cs ($LD \approx 0,5$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \approx 0,5$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD \approx 4,2$ Bq/kg frais).

VI.6.7 BASSIN VERSANT DU RHIN - FESSENHEIM (68)



Carte 26 : 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). À cela s'ajoutent des prélèvements d'eaux souterraines et de céréales.

VI.6.7.1 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.6.7.2 EAUX SOUTERRAINES

Les prélèvements et analyses des eaux souterraines sont effectués semestriellement. Aucune activité anormale n'a été décelée en 2007 (Tableau 68).

Tableau 68 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P4 48 FES du CNPE de Fessenheim

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,13	< 0,13	-	0/2
	α global	Bq/l	< 0,03	< 0,03	-	0/2
	^3H	Bq/l	< 9,0	$10,0 \pm 2,9$	10	1/2
	K	mg/l	$2,4 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,1$	2,7	2/2

VI.6.7.3 EAUX DE SURFACE

Aucune activité anormale n'a été décelée dans les eaux de surface prélevées en amont et en aval du CNPE (Tableau 69, Tableau 70).

Tableau 69 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	< 0,10	< 0,13	-	1/6
	α global	Bq/l	< 0,02	< 0,03	-	0/6
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 9,9	-	0/6
	K	mg/l	$1,6 \pm 0,1$	$2,3 \pm 0,1$	2,0	6/6

Tableau 70 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	< 0,09	< 0,14	-	0/6
	α global	Bq/l	< 0,025	$0,032 \pm 0,010$	-	2/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 10,0	-	0/6
	K	mg/l	$1,9 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,2$	2,2	6/6

VI.6.7.4 MATIERES EN SUSPENSION

Des traces de césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau du Grand Canal d'Alsace prélevées sous forme décantées (boues) au niveau des hydrocollecteurs de Kembs et de Vogelgrün (Tableau 71, Tableau 72). Elles s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

De faibles niveaux en cobalt 60 ont également été observés en 2007 sur un mélange bimestriel : il s'agit d'un radionucléide artificiel présent dans les rejets liquides du CNPE.

Tableau 71 : Activités en ^{137}Cs et ^{60}Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Grand Canal d'Alsace à Kembs, en amont du CNPE de Fessenheim (SD 70 CAM)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	$4,3 \pm 0,5$	$10,5 \pm 1,2$	8,6	6/6
	^{60}Co	Bq/kg sec	-	$0,4 \pm 0,2$	-	1/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 72 : Activités en ^{137}Cs et ^{60}Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Grand Canal d'Alsace à Vogelgrün, en aval du CNPE de Fessenheim (SD 73 CAV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	$5,3 \pm 0,7$	$8,4 \pm 1,0$	6,6	6/6
	^{60}Co	Bq/kg sec	-	$0,5 \pm 0,3$	-	1/6

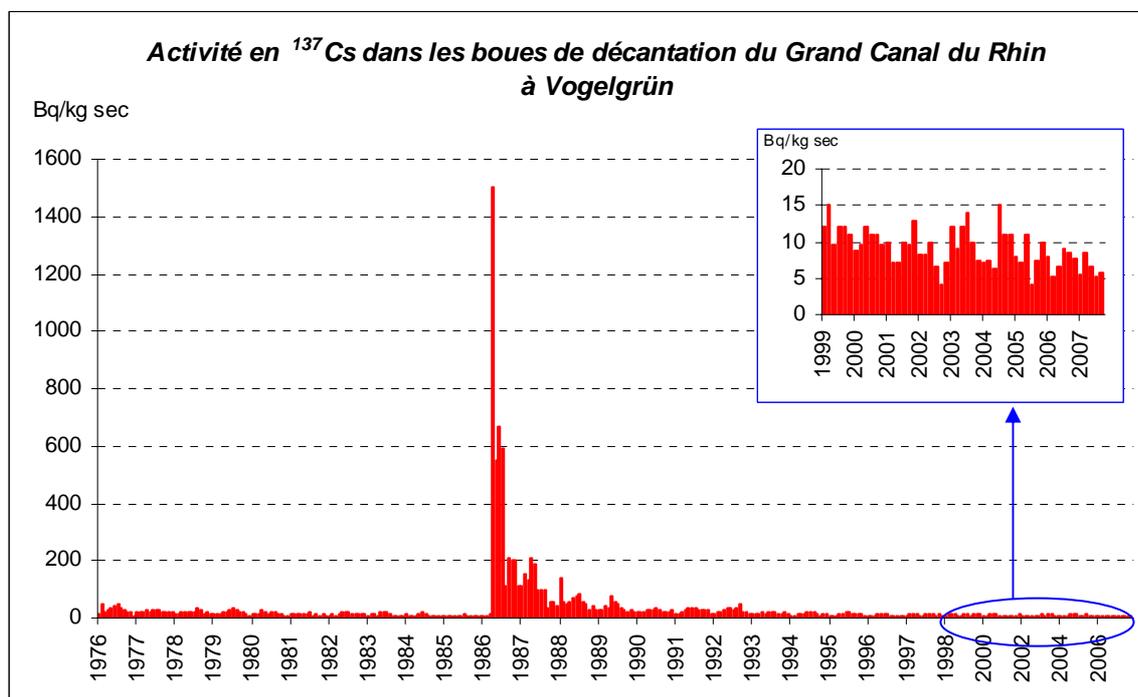
* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2007.

FOCUS

Evolution de l'activité du ^{137}Cs dans les boues du Grand Canal d'Alsace en aval de Fessenheim depuis 1976

Les mesures IRSN de l'activité radiologique du ^{137}Cs dans les particules en suspension de l'eau du Grand Canal d'Alsace à Vogelgrün en aval du CNPE de Fessenheim ont débuté en 1976. Les prélèvements d'eau et de matières en suspension qui décantent sous forme de boues sont réalisés en continu et analysés à fréquence bimestrielle. Dans les années 1970, l'activité moyenne en ^{137}Cs était de 25 Bq/kg sec, dont une partie était due aux rejets liquides du CNPE de Fessenheim. En mai 1986, suite aux retombées de l'accident de Tchernobyl, l'activité du ^{137}Cs a atteint 1500 Bq/kg sec. Cette activité a ensuite décliné, à la fois par un phénomène naturel d'évacuation de ces boues au fil des ans, et par décroissance radioactive du ^{137}Cs , dont la période est de 30 ans. Actuellement, l'activité en ^{137}Cs dans les matières en suspension décantées est stable et voisine de 9 Bq/kg sec. Il s'agit d'une activité résiduelle due aux retombées de Tchernobyl.



VI.6.7.5 LAIT

Des prélèvements mensuels de lait de vache sont effectués dans une ferme située dans la commune de Geiswasser. Les principaux résultats sont présentés dans le **Tableau 73**.

Tableau 73 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Fessenheim

			Min.	Max.	Moyenne
Lait	⁴⁰ K	Bq/l	45,9 ± 5,7	54,8 ± 6,7	50,04
	K	g/l	1,25 ± 0,16	1,8 ± 0,22	1,61
	⁹⁰ Sr (Sr+TR)	Bq/l	< 0,08	0,13 ± 0,04	-
	¹³¹ I	Bq/l	< 0,23	< 0,99	-
	¹³⁷ Cs	Bq/l	< 0,19	< 0,17	-
	¹³⁴ Cs	Bq/l	< 0,16	< 0,24	-

Parmi les principaux radionucléides artificiels susceptibles d'être rejetés par la centrale et transférés dans le lait (iode 131, césium 137), les niveaux mesurés sont restés inférieurs aux limites de détection.

Par ailleurs, la présence de strontium 90, caractéristique des retombées atmosphériques passées, a été détectée pour 1 des 12 échantillons prélevés à un niveau proche de la limite de détection.

VI.6.7.6 CEREALES

Des prélèvements de blé provenant de la commune de Neuf-Brisach sont effectués lors de la récolte annuelle.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 121 ± 10 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à 3,9 ± 0,3 g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « zone est » (114 ± 10 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ¹⁰⁶Ru (LD≅4,5 Bq/kg frais) ; ¹²⁴Sb, ¹²⁵Sb (LD≅1,4 Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag (LD≅0,7 Bq/kg frais) ; ¹³⁴Cs (LD≅0,6 Bq/kg frais), ¹³⁷Cs (LD≅0,5 Bq/kg frais) ; ⁵⁸Co, ⁶⁰Co (LD≅0,6 Bq/kg frais) ; ⁷Be (LD≅6,2 Bq/kg frais).

VI.6.8 LE LITTORAL DE LA MANCHE (50, 76, 59)



Carte 27 : Implantation des CNPE du littoral de la Manche

VI.6.8.1 FLAMANVILLE (50)



Carte 28 : Implantation du CNPE de Flamanville

Le CNPE de Flamanville est implanté au bord de la Manche. Il est situé à 30 km à l'ouest de Cherbourg. Il 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, sable), complétée par des prélèvements de faune et flore marines et de céréales.

VI.6.8.1.1. 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.6.8.1.2. Eaux de la conduite sous-marine

Pour le CNPE de Flamanville comme pour tous les 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 59 ± 5 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE (Tableau 74).

Tableau 74 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point RF 145 CDM (conduite sous-marine du CNPE de Flamanville)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	$11,0 \pm 1,1$	$12,0 \pm 1,2$	11,7	6/6
	^{234}U	Bq/l	-	$0,044 \pm 0,008$	-	1/1
	^{238}U	Bq/l	-	$0,049 \pm 0,008$	-	1/1
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	$17,0 \pm 3,9$	$59,0 \pm 5,3$	37,0	6/6
	K	mg/l	410 ± 21	440 ± 22	420	6/6

VI.6.8.1.3. Sable

Des traces de césium 137 sont détectées dans 5 des 12 prélèvements mensuels de sable effectués au niveau de la plage du Platé à Diélette (Tableau 75).

Tableau 75 : Activité en ^{137}Cs mesurée dans les sables prélevés en 2007 sur la plage du Platé à Diélette, proche du CNPE de Flamanville (SM 145 FLA)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Sable	^{137}Cs	Bq/kg sec	$0,4 \pm 0,3$	< 1,0	-	5/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

La présence de césium 137, dont l'activité est du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique par les retombées atmosphériques passées.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les prélèvements analysés en 2007.

VI.6.8.1.4. Faune et flore marines

Des prélèvements d'algues (*fucus serratus*) et de mollusques (patelles) sont effectués à la station de Siouville. Bien que cette station soit située à proximité du CNPE de Flamanville, les radionucléides mesurés sont principalement révélateurs des rejets de l'usine d'AREVA la Hague liés au retraitement des combustibles irradiés provenant de l'amont du cycle. Les résultats sont par conséquent présentés aux chapitres VI.7.2.12 et VI.7.2.13 relatifs à la surveillance de l'environnement aux abords du site de la Hague.

VI.6.8.1.5. Lait

Des prélèvements mensuels de lait de vache sont effectués dans une ferme située dans la commune d'Héauville. Les principaux résultats sont présentés dans le **Tableau 76**.

Tableau 76 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Flamanville

			Min.	Max.	Moyenne
Lait	⁴⁰ K	Bq/l	43,42 ± 5,4	49,2 ± 6,1	45,9
	K	g/l	1,4 ± 0,18	1,6 ± 0,2	1,48
	⁹⁰ Sr (Sr+TR)	Bq/l	0,11 ± 0,03	0,17 ± 0,04	-
	¹³¹ I	Bq/l	< 0,23	< 0,62	-
	¹³⁷ Cs	Bq/l	< 0,16	< 0,21	-
	¹³⁴ Cs	Bq/l	< 0,18	< 0,22	-

Parmi les radionucléides artificiels susceptibles d'être rejetés par la centrale (iode 131 et césium 137), les activités volumiques mesurées dans les échantillons de lait sont restées inférieures aux limites de détection.

Une faible activité volumique en strontium 90 (radionucléide caractéristique des retombées atmosphériques passées), a été décelée pour 4 des 12 prélèvements analysés avec une valeur maximale de 0,17 ± 0,04 Bq/l, proche de la limite de détection comprise entre 0,08 et 0,1 Bq/l. En 2006, 3 des 12 prélèvements présentaient des valeurs significatives, du même ordre de grandeur.

VI.6.8.1.6. Céréales

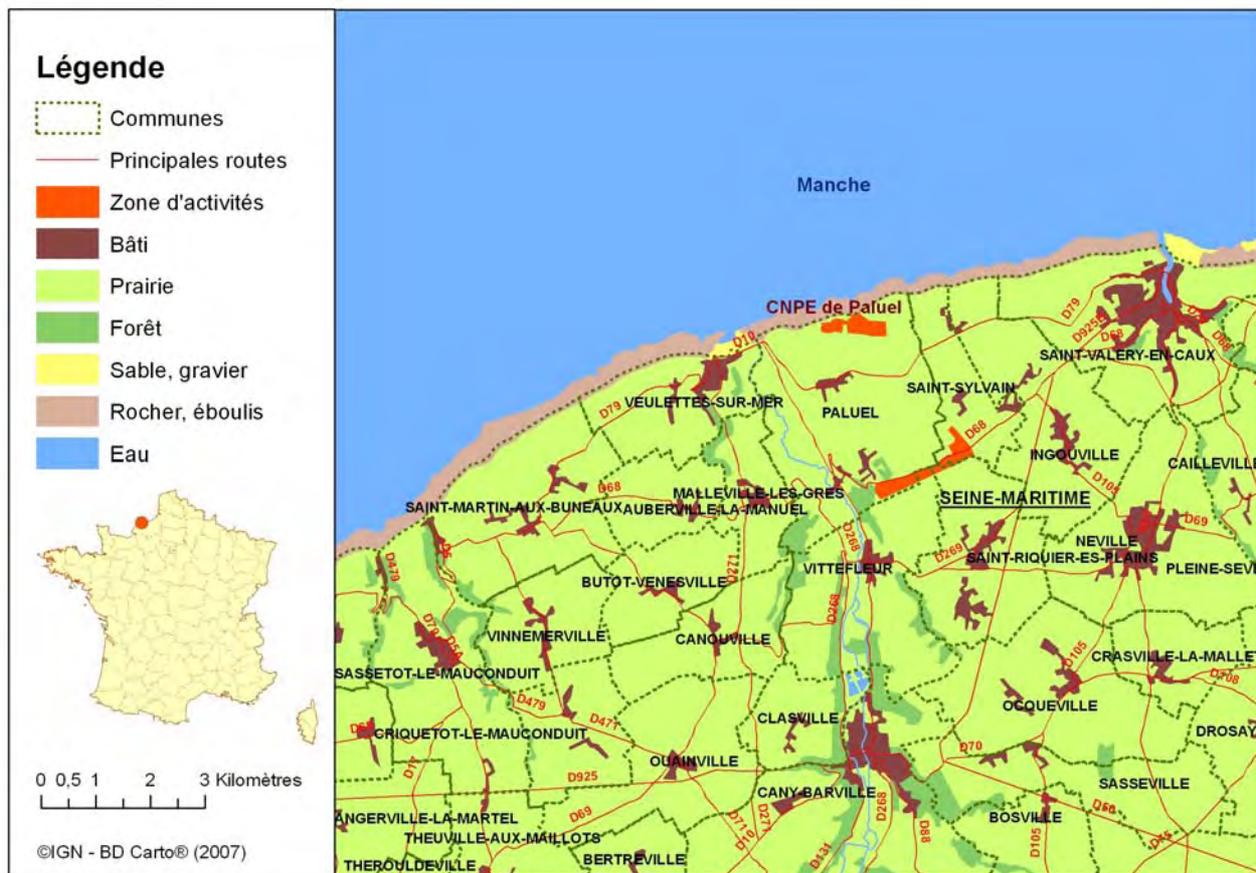
Des prélèvements de blé provenant de la commune de Flamanville sont réalisés lors de la récolte annuelle.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 118 ± 10 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à 3,8 ± 0,3 g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « zone ouest » (122 ± 10 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ¹⁰⁶Ru (LD=4,4 Bq/kg frais) ; ¹²⁴Sb, ¹²⁵Sb (LD=1,2 Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag (LD=0,7 Bq/kg frais) ; ¹³⁴Cs (LD=0,6 Bq/kg frais), ¹³⁷Cs (LD=0,5 Bq/kg frais) ; ⁵⁸Co, ⁶⁰Co (LD=0,6 Bq/kg frais) ; ⁷Be (LD=4,1 Bq/kg frais).

VI.6.8.2 PALUEL (76)



Carte 29 : Implantation du CNPE de Paluel

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), complétée par des prélèvements de céréales.

VI.6.8.2.1. 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.6.8.2.2. 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 85 ± 9 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Pour le CNPE de Paluel comme pour tous les 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.

Tableau 77 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point RF 146 CDM (conduite sous-marine du CNPE de Paluel)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	9,6 ± 1,0	11,0 ± 1,1	10,3	6/6
	^{234}U	Bq/l	-	0,044 ± 0,007	-	1/1
	^{238}U	Bq/l	-	0,031 ± 0,006	-	1/1
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	37,0 ± 4,4	85,0 ± 9,4	57,3	6/6
	K	mg/l	380 ± 19	400 ± 20	392	6/6

VI.6.8.2.3. Matières en suspension de la conduite sous marine

Des traces de cobalt 60 et césium 137 sont détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES des eaux de la conduite sous marine du CNPE, prélevées sous forme décantées (boues) (Tableau 78).

Tableau 78 : Activités en ^{137}Cs , ^{58}Co et ^{60}Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la conduite sous-marine du CNPE de Paluel (SD 146 CDM)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	0,8 ± 0,3	1,6 ± 0,4	1,4	6/6
	^{58}Co	Bq/kg sec	< 0,7	2,0 ± 0,6	-	2/6
	^{60}Co	Bq/kg sec	0,6 ± 0,3	5,6 ± 0,6	2,0	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

L'activité massique en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

La présence de cobalt 58 et de cobalt 60 s'explique par les rejets liquides chroniques du CNPE.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les mélanges analysés en 2007.

VI.6.8.2.4. Lait

La surveillance du lait a été interrompue suite au désengagement de la DDASS 76 qui effectuait des prélèvements mensuels à proximité de la centrale de Paluel. Le suivi de la radioactivité dans le lait sous influence des rejets de la centrale devrait reprendre à partir de 2009.

VI.6.8.2.5. Céréales

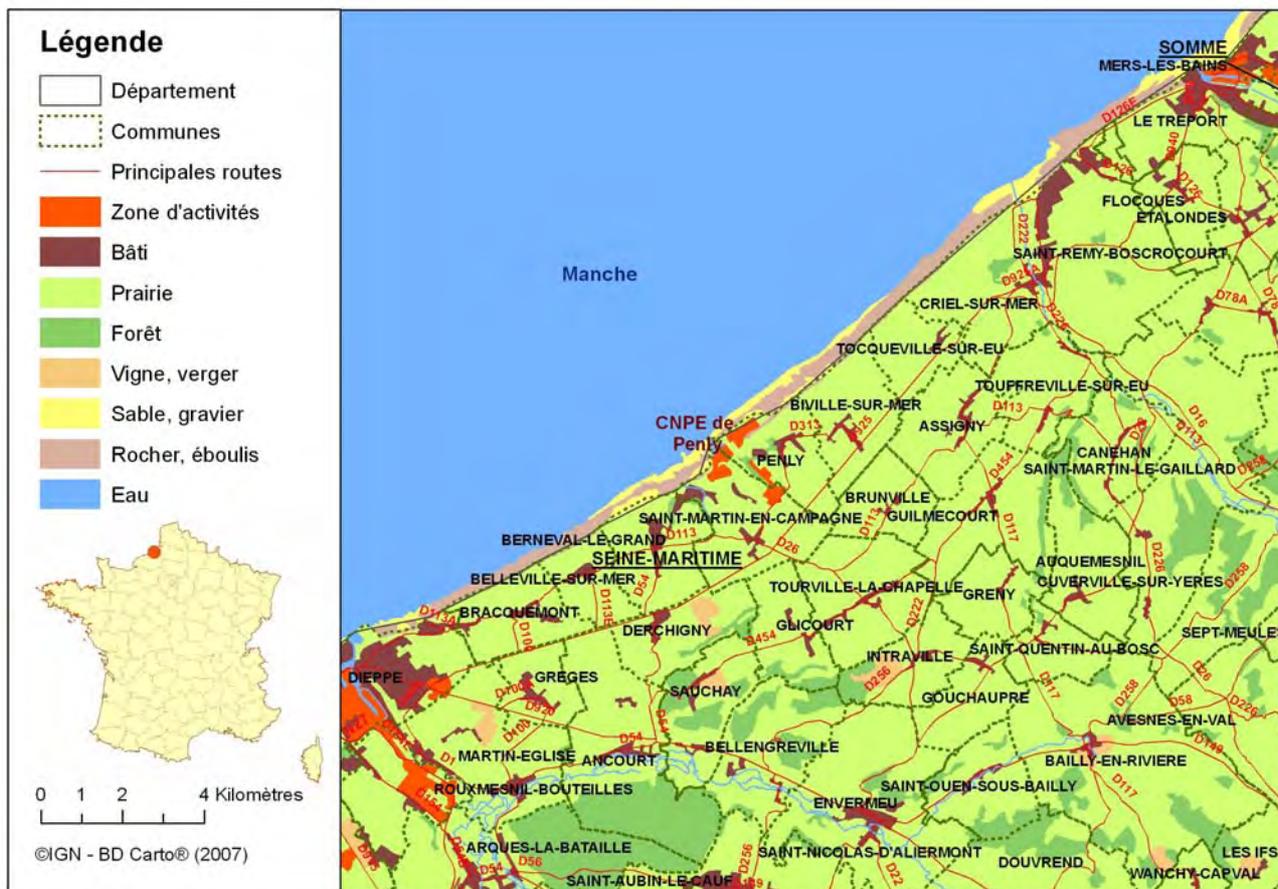
Des prélèvements de blé provenant de Saint-Riquier sont réalisés lors de la récolte annuelle.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 115 ± 9 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à 3,7 ± 0,3 g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « zone nord » (119 ± 9 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru (LD=5 Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb (LD=1,2 Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag (LD=0,7 Bq/kg frais) ; ^{134}Cs (LD=0,6 Bq/kg frais), ^{137}Cs (LD=0,5 Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co (LD=0,6 Bq/kg frais) ; ^7Be (LD=5,9 Bq/kg frais).

VI.6.8.3 PENLY (76)



Carte 30 : Implantation du CNPE de Penly

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), complétée par des prélèvements de céréales.

VI.6.8.3.1. 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.6.8.3.2. 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 86 ± 7 Bq/l) due aux rejets liquides du CNPE.

Pour le CNPE de Penly comme pour tous les 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.

Tableau 79 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point RF 153 CDM (conduite sous-marine du CNPE de Penly)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	10,0 ± 1,0	11,0 ± 1,1	10,2	6/6
	^{234}U	Bq/l	-	0,050 ± 0,008	-	1/1
	^{238}U	Bq/l	-	0,042 ± 0,007	-	1/1
	^{226}Ra	Bq/l	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	Bq/l	< 14,0	86,0 ± 6,9	56,2	6/6
	K	mg/l	370 ± 19	390 ± 20	383	6/6

VI.6.8.3.3. Matières en suspension de la conduite sous-marine

Des traces de cobalt 60 et de césium 137 ont été détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES des eaux de la conduite sous-marine du CNPE prélevées sous forme décantées (Tableau 80).

Tableau 80 : Activités en ^{137}Cs et ^{60}Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la conduite sous-marine du CNPE de Penly (SD 153 CDM)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	1,6 ± 0,4	3,9 ± 0,7	2,8	6/6
	^{60}Co	Bq/kg sec	1,1 ± 0,3	3,2 ± 0,8	2,2	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

L'activité massique en césium 137, du même ordre de grandeur que celles des années passées, s'explique par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

La présence de cobalt 60 s'explique par les rejets liquides du CNPE.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les mélanges analysés en 2007.

VI.6.8.3.4. Lait

Le suivi de la radioactivité dans le lait sous influence des rejets de la centrale devrait être mis en œuvre à partir de 2009.

VI.6.8.3.5. Céréales

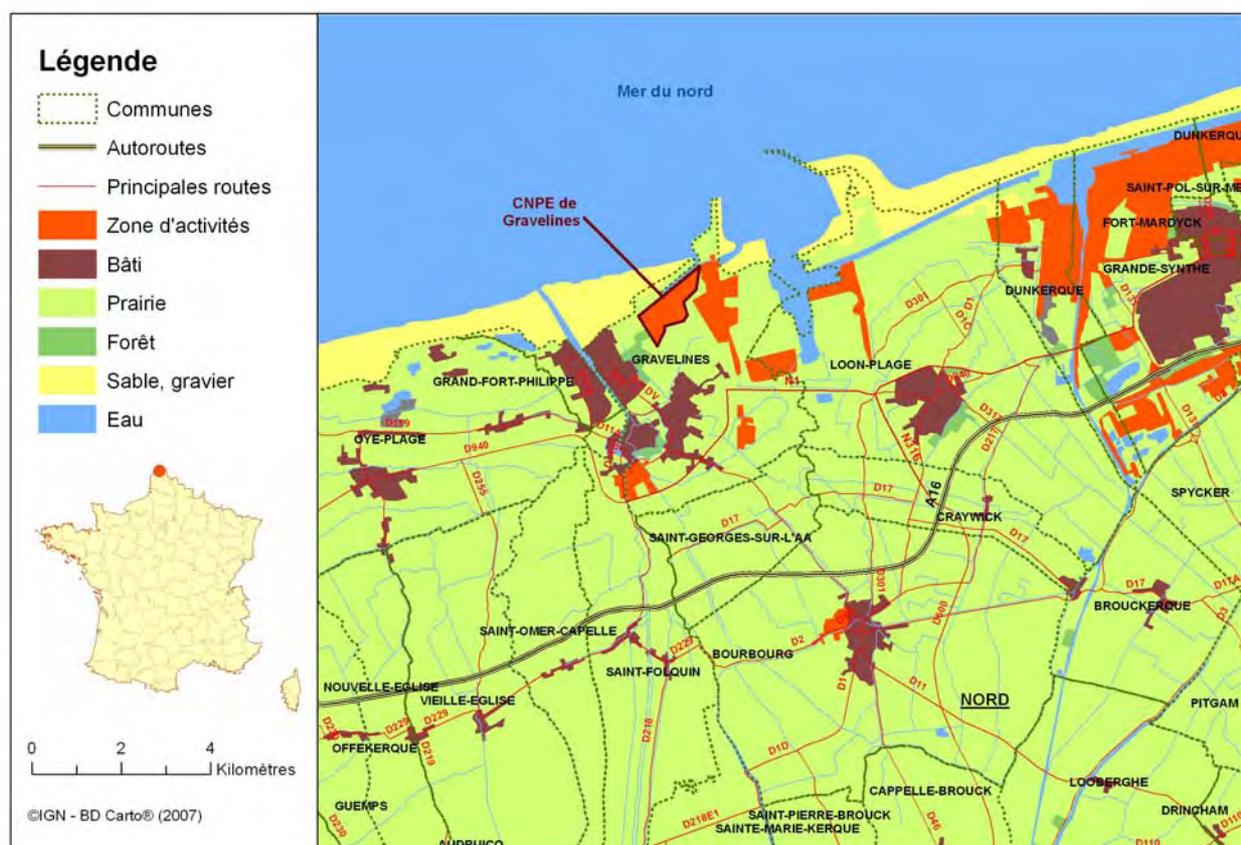
Des prélèvements de blé provenant de la commune d'Assigny sont réalisés lors de la récolte annuelle.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 120 ± 9 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $3,9 \pm 0,3$ g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « zone nord » (118 ± 9 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 contrôlés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD \approx 5$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD \approx 1,2$ Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag ($LD \approx 0,7$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais), ^{137}Cs ($LD \approx 0,5$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais).

VI.6.8.4 GRAVELINES (59)



Carte 31 : Implantation du CNPE de Gravelines

Le CNPE de Gravelines est situé dans le Nord 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 de rejets des effluents liquides). À cela s'ajoutent des prélèvements d'eaux souterraines et de céréales.

VI.6.8.4.1. 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.6.8.4.2. 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 81).

Tableau 81 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	11,0	6/6
	^{234}U	-	0,045 \pm 0,007	-	1/1
	^{238}U	-	0,037 \pm 0,006	-	1/1
	^{226}Ra	-	< 0,03	-	0/1
	^3H	< 14,0	22,0 \pm 4,0	17,8	5/6
	K	mg/l	390 \pm 20	420 \pm 21	400

VI.6.8.4.3. Matières en suspension du canal marin

Des traces de plusieurs radionucléides artificiels ont été décelées dans tous les mélanges bimestriels de MES des eaux du canal marin du CNPE de Gravelines prélevées sous forme décantées (Tableau 82).

Tableau 82 : Activités en ^{137}Cs , ^{58}Co , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Pu et ^{241}Am mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2007 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	^{137}Cs	Bq/kg sec	1,8 \pm 0,9	4,1 \pm 1,0	2,9	6/6
	^{58}Co	Bq/kg sec	< 1,2	2,8 \pm 1,3	-	1/6
	^{60}Co	Bq/kg sec	2,4 \pm 0,4	14,4 \pm 1,7	7,2	6/6
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	Bq/kg sec	< 1,2	2,3 \pm 1,0	-	2/6
	^{238}Pu	Bq/kg sec	0,3 \pm 0,1	1,6 \pm 0,3	0,6	6/6
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg sec	0,9 \pm 0,2	5,6 \pm 0,7	1,9	6/6
	^{241}Pu	Bq/kg sec	10,7 \pm 4,3	58,2 \pm 9,3	-	2/6
	^{241}Am	Bq/kg sec	1,5 \pm 0,3	7,8 \pm 1,1	2,7	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Le spectre des radionucléides et leur niveau mettent en évidence une influence des rejets du site de la Hague jusqu'au niveau du canal marin du CNPE de Gravelines (mouvements des masses d'eaux et phénomènes des marées). En particulier des traces de plutonium 238, plutonium 239+240, plutonium 241 et d'américium 241, caractéristiques des rejets du centre de retraitement AREVA de la Hague sont décelées. La présence de cobalt 60, de cobalt 58 et d'argent 110 métastable s'explique principalement par les rejets liquides du CNPE. Les résultats en césium 137, du même ordre de grandeur que ceux des années précédentes, peuvent s'expliquer par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les mélanges analysés en 2007.

VI.6.8.4.4. Eaux souterraines

Les prélèvements et analyses des eaux souterraines sont effectués semestriellement. Aucune activité inhabituelle sur les eaux souterraines n'a été décelée en 2007 (Tableau 83).

Tableau 83 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P1 84 GRA dans l'environnement du CNPE de Gravelines

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,62 \pm 0,08	0,70 \pm 0,10	0,66	2/2
	^3H	Bq/l	19,0 \pm 3,4	23,0 \pm 3,5	21,0	2/2
	K	mg/l	14,0 \pm 0,7	22,0 \pm 1,1	18,0	2/2

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.6.8.4.5. Lait

Des prélèvements mensuels de lait de vache sont effectués dans une ferme située dans la commune de Saint-Folquin. Les principaux résultats sont présentés dans le **Tableau 84**.

Tableau 84 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Gravelines

			Min.	Max.	Moyenne
Lait	^{40}K	Bq/l	43 \pm 5,6	52,6 \pm 6,3	48,09
	K	g/l	1,39 \pm 0,17	1,6 \pm 0,2	1,61
	^{90}Sr (Sr+TR)	Bq/l	< 0,08	< 0,11	-
	^{131}I	Bq/l	< 0,20	< 0,56	-
	^{137}Cs	Bq/l	< 0,15	< 0,19	-
	^{134}Cs	Bq/l	< 0,17	< 0,21	-

Parmi les radionucléides artificiels susceptibles d'être rejetés par la centrale (iode 131 et césium 137), les activités volumiques mesurées dans les échantillons de lait sont restées inférieures aux limites de détection.

Les radionucléides caractéristiques des retombées atmosphériques passées (exemple : ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{134}Cs) ne sont pas décelés dans les échantillons de lait. En 2006, le strontium était détecté à un niveau très proche de la limite de détection pour 8 des 12 prélèvements annuels.

VI.6.8.4.6. Céréales

Des prélèvements de blé sont réalisés lors de la récolte annuelle, à partir d'un échantillonnage de plusieurs silos situés sur les communes de Pont-d'Oye, Oye Plage, Cray Wick, Spycker et Bourbourg.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 113 \pm 9 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à 3,6 \pm 0,3 g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « zone nord » (118 \pm 9 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

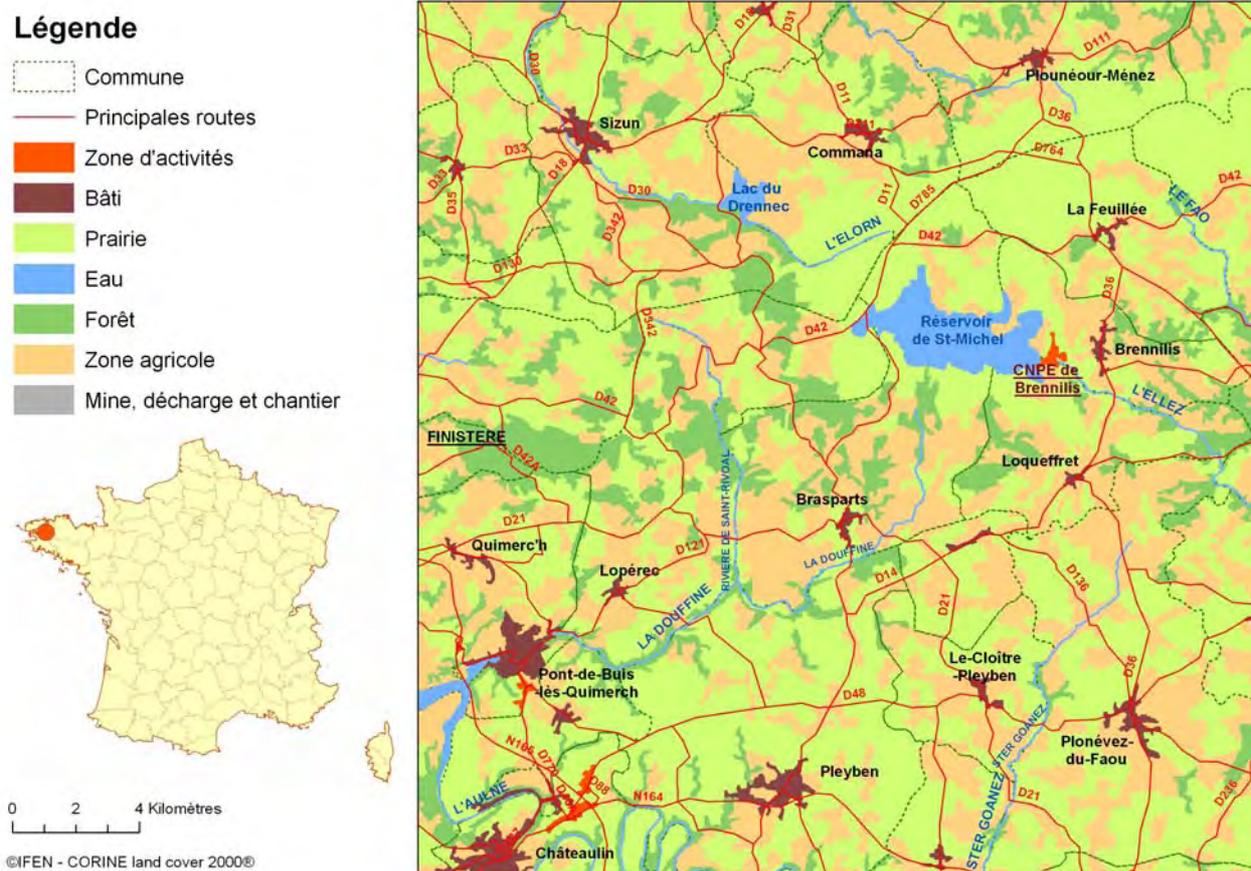
Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru (LD \approx 3,9 Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb (LD \approx 1,2 Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag (LD \approx 0,6 Bq/kg frais) ; ^{134}Cs (LD \approx 0,6 Bq/kg frais), ^{137}Cs (LD \approx 0,4 Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co (LD \approx 0,5 Bq/kg frais) ; ^7Be (LD \approx Bq/kg frais).

VI.6.9 INSTALLATIONS A L'ARRET (29, 38)

VI.6.9.1 BRENNILIS (29)

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



Carte 32 : Implantation du CNPE de Brennilis

VI.6.9.1.1. 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.6.9.1.2. 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.

VI.6.9.1.3. Lait de vache

Des prélèvements mensuels de lait de vache sont effectués dans une ferme à Kerelcun. Les résultats d'analyse sont présentés dans le Tableau 85.

Tableau 85 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Brennilis

		Min.	Max.	Moyenne	
Lait	⁴⁰ K	Bq/l	44,2 ± 5,5	51,9 ± 6	49,1
	K	g/l	1,4 ± 0,18	1,67 ± 0,2	1,5
	⁹⁰ Sr (Sr+TR)	Bq/l	0,1 ± 0,03	0,19 ± 0,04	0,15
	¹³¹ I	Bq/l	< 0,1	< 0,98	-
	¹³⁷ Cs	Bq/l	< 0,15	< 0,21	-
	¹³⁴ Cs	Bq/l	< 0,18	< 0,24	-
	³ H	Bq/l	-	< 20	-

Pour tous les prélèvements effectués en 2007, les activités volumiques mesurées en tritium, iode 131, césium 134 et césium 137 sont restées inférieures aux limites de détection. La limite de détection du tritium de 20 Bq/l est cependant trop élevée pour confirmer l'absence de ce radionucléide dans les échantillons de lait.

Une faible activité en strontium (méthode Sr + TR) a été décelée dans les 12 prélèvements de lait.

VI.6.9.1.4. Céréales

Des prélèvements de blé sont réalisés lors de la récolte annuelle sur la commune de Landivisiau.

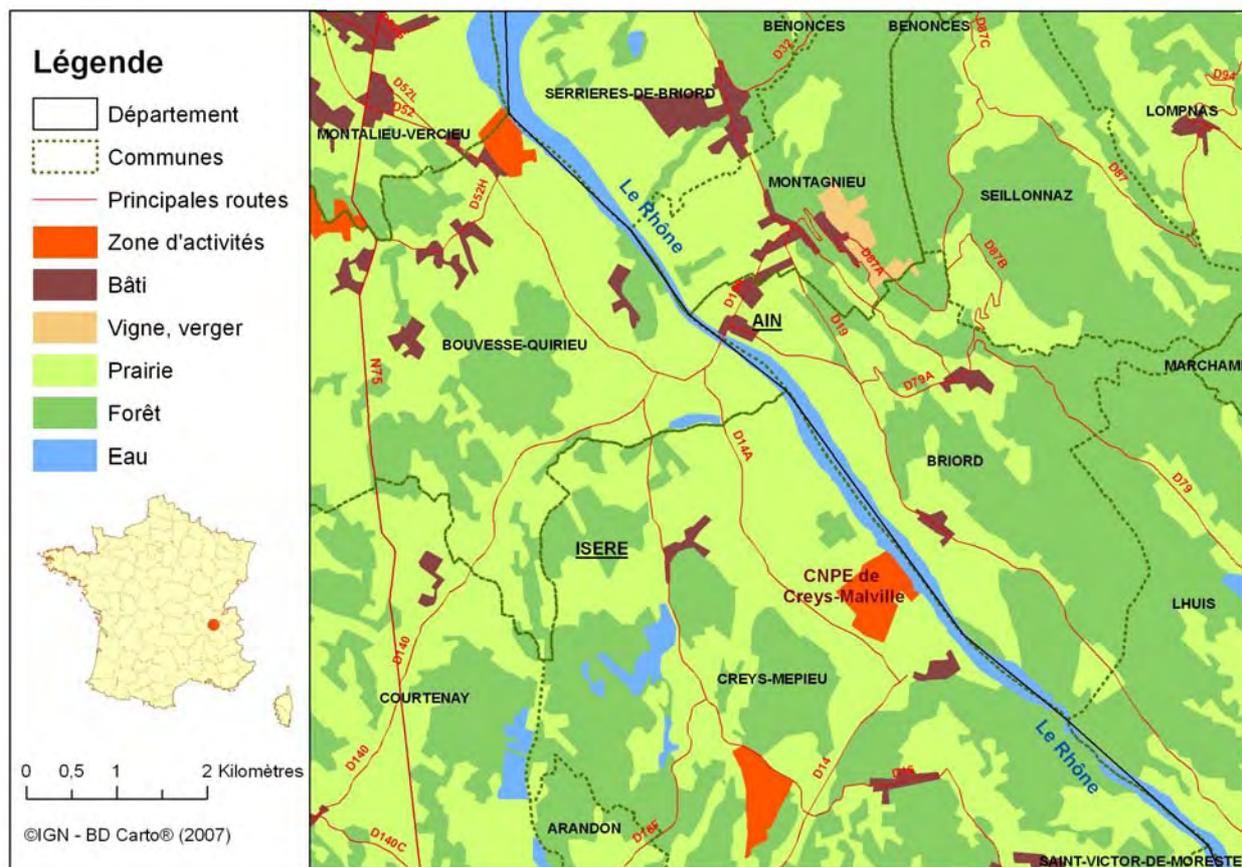
La concentration mesurée en potassium 40 est de 139 ± 10 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $4,5 \pm 0,3$ g/kg frais). Cette valeur est légèrement supérieure aux résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « ouest » (122 ± 10 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ¹⁰⁶Ru (LD≅4 Bq/kg frais) ; ¹²⁴Sb, ¹²⁵Sb (LD≅1,2 Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag (LD≅0,65 Bq/kg frais) ; ¹³⁴Cs (LD≅0,6 Bq/kg frais), ¹³⁷Cs (LD≅0,5 Bq/kg frais) ; ⁵⁸Co, ⁶⁰Co (LD≅0,5 Bq/kg frais) ; ⁷Be (LD≅4 Bq/kg frais).

VI.6.9.2 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.



Carte 33 : Implantation du CNPE de Creys-Malville

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.6.9.2.1. 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.6.9.2.2. Eaux de surface

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

Tableau 86 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 60 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Creys-Malville

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	0,13 ± 0,04	-	1/6
	α global	Bq/l	0,026 ± 0,009	0,051 ± 0,013	0,035	6/6
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 9,9	-	0/6
	K	mg/l	1,8 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,1	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.6.9.2.3. Matières en suspension

Des traces de césium 137 ont été détectées dans tous les mélanges bimestriels de MES de l'eau du Rhône prélevées sous forme décantées (boues) au niveau de l'hydrocollecteur situé à Bouvesse-Quirieu (Tableau 87).

Tableau 87 : Activité en ¹³⁷Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Rhône en aval du site de Creys-Malville (SD 60 ROV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
M.E.S.	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	3,0 ± 0,6	12,1 ± 2,1	5,3	6/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Ces activités massiques, du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, s'expliquent par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour les mélanges analysés en 2007.

VI.7. RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DES INDUSTRIES SITUEES EN AVAL DANS LE CYCLE DU COMBUSTIBLE

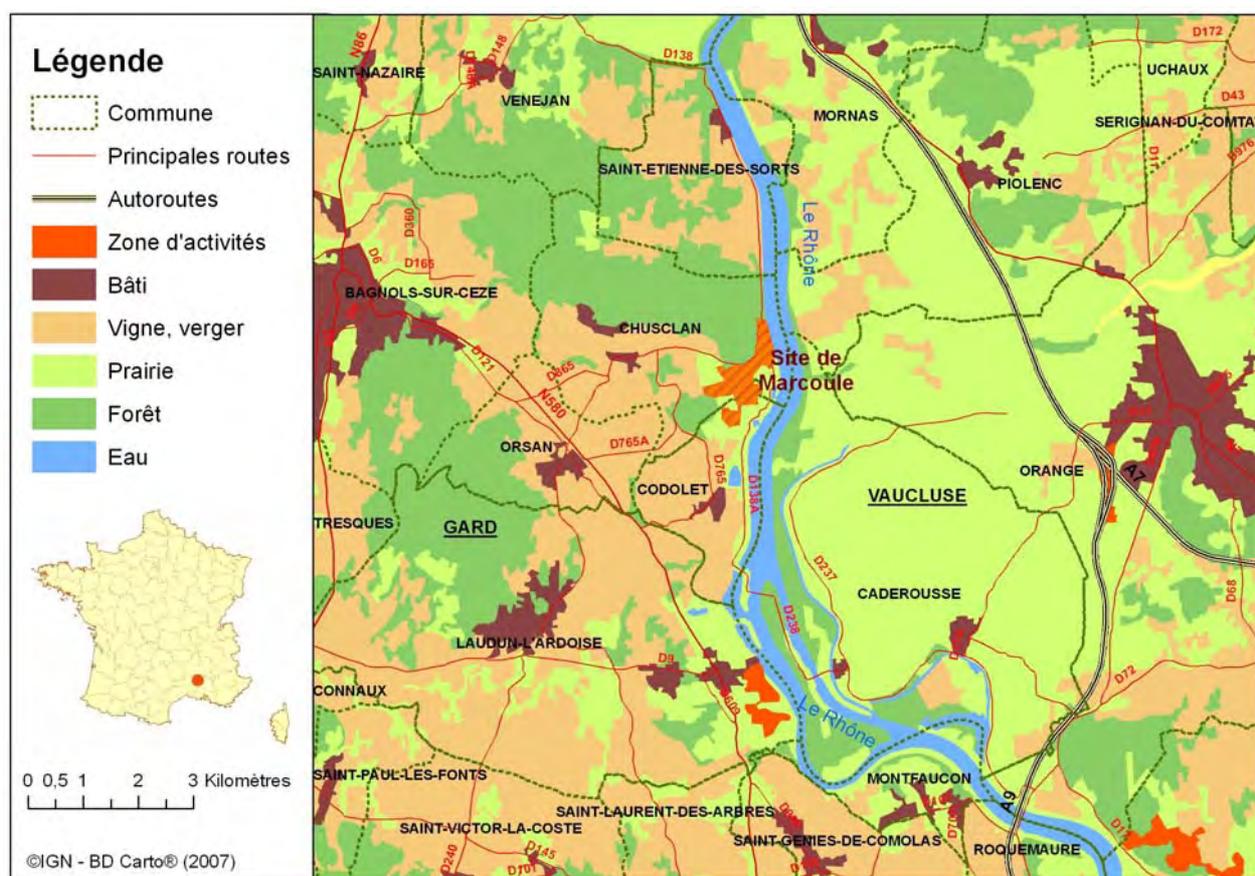
L'industrie de l'aval du cycle reçoit le combustible déchargé des réacteurs. La matière nucléaire est devenue des millions de fois plus radioactive que l'uranium naturel, même après un certain temps de refroidissement dans les piscines. L'objectif de l'industrie de l'aval est le traitement du combustible usé. En France, on réalise d'une part la séparation et la purification de l'uranium et du plutonium, 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.7.1 SITE DE MARCOULE (30)

Depuis mars 2006, le CEA est l'exploitant du site de Marcoule. Les installations du CEA sont décrites au chapitre VII.1.4 Sur ce site, 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.

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



Carte 34 : Implantation du site de Marcoule

VI.7.1.1 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 site de Marcoule (voir données au paragraphe IX.1.2.1.2).

VI.7.1.2 EAU DE PLUIE

Les résultats d'analyses des eaux de pluie collectées à proximité du site de Marcoule mettent en évidence la présence continue 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 16). Les activités en tritium mesurées à la station Phénix mettent en évidence des rejets en tritium des réacteurs Célestins lorsqu'il y a du vent du sud, et celles mesurées à la station de Codolet témoignent des rejets de l'Atelier Tritium lorsqu'il y a du vent du nord. L'IRSN a mis en évidence une activité maximale de 1900 Bq/l dans les eaux de pluies collectées à Phénix au cours de la période du 1^{er} au 14 novembre 2007.

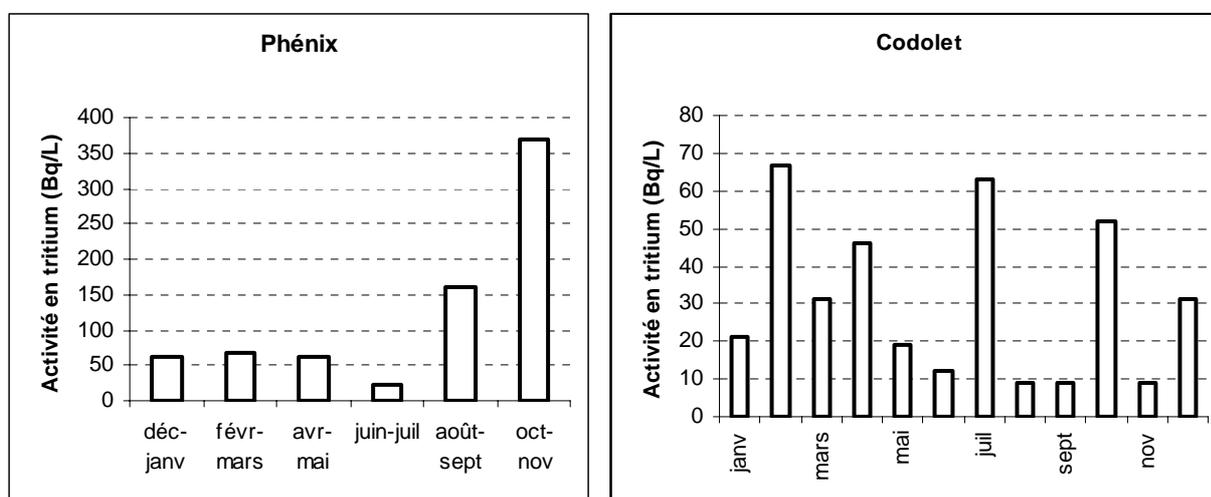


Figure 16 : Activité en ³H mesurée dans les eaux de pluies recueillies en 2007 sur le site de Marcoule au nord (station Phénix) et au sud du site de Marcoule (Codolet)

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

VI.7.1.3 EAUX DE SURFACE

Les analyses réalisées sur les eaux du Rhône prélevées en amont du site de Marcoule 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 88).

Tableau 88 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le Rhône en amont du site de Marcoule (R1 50 ROM)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	0,13 ± 0,04	-	2/12
	α global	Bq/l	< 0,026	< 0,035	-	4/12
	³ H	Bq/l	< 9,0	13,0 ± 3,1	-	2/12
	K	mg/l	1,6 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,0	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 activité de 5,1 mBq/l en strontium 90, proche de la limite de détection, a été enregistrée une fois dans l'année (Tableau 89).

Tableau 89 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le Rhône en aval du site de Marcoule (R3 50 ROV)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	0,13 ± 0,04	-	1/12
	α global	Bq/l	< 0,026	< 0,035	-	4/12
	^3H	Bq/l	< 9,0	14,0 ± 3,2	-	1/12
	K	mg/l	1,6 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,0	12/12
Eau brute	^{90}Sr	Bq/l	< 0,005	< 0,016	-	1/12

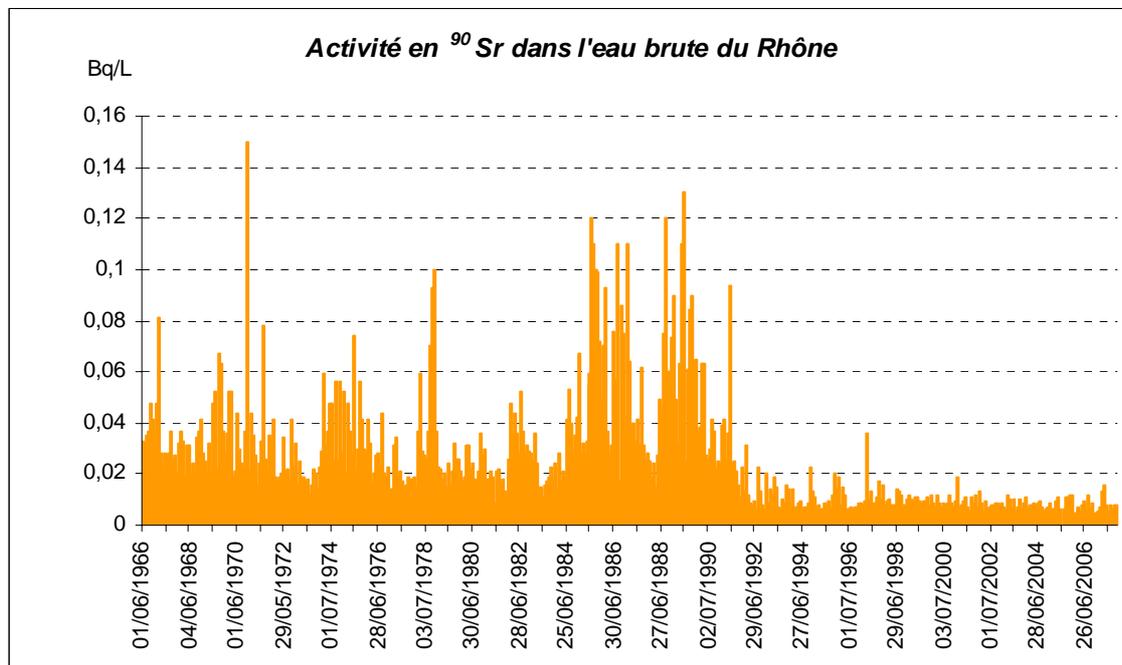
- Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

FOCUS

Evolution de l'activité en ^{90}Sr de l'eau du Rhône en aval de Marcoule depuis 1966

Le site de Marcoule rejette du strontium 90 dans le Rhône depuis les années 1960.

Les mesures IRSN de l'activité radiologique de l'eau du Rhône en aval du site de Marcoule ont débuté en 1966. Les prélèvements d'eau sont réalisés en continu et analysés mensuellement. Dans ces prélèvements l'IRSN détecte des activités significatives en ^{90}Sr depuis 40 ans. Néanmoins, depuis 1996, la majorité des résultats obtenus est inférieure à la limite de détection des appareillages de mesure, ce qui confirme la baisse des rejets en ^{90}Sr dans le Rhône déclarés par le site de Marcoule depuis cette date.

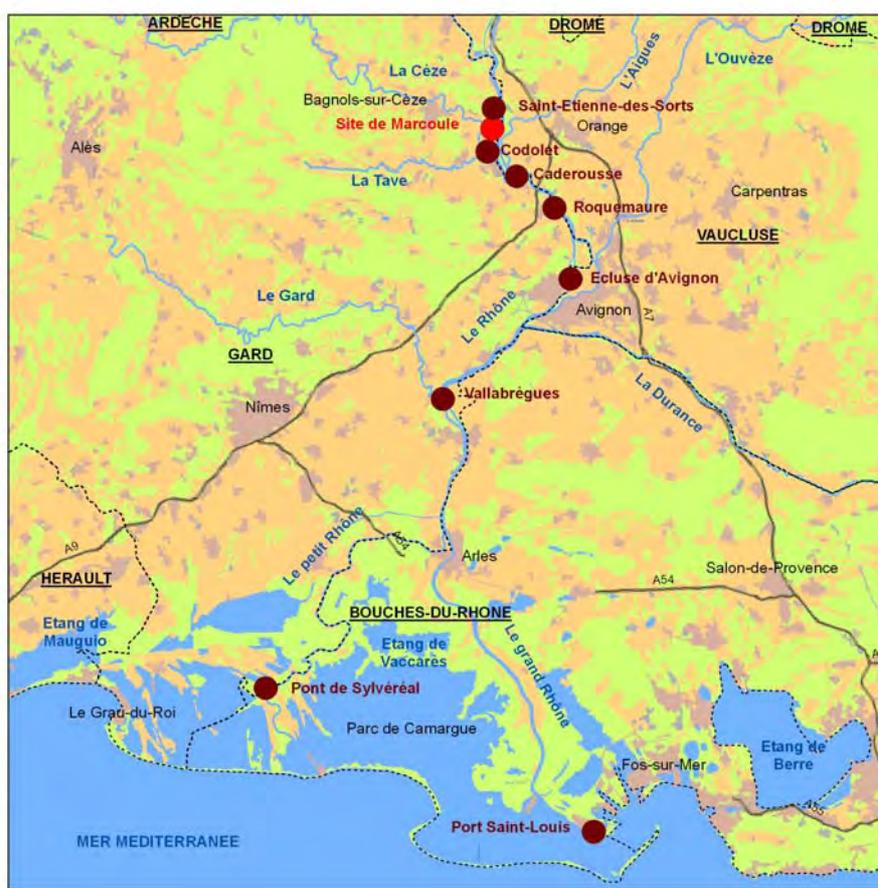


VI.7.1.4 SEDIMENTS DE RIVIERE

Afin d'évaluer l'impact des rejets du site de Marcoule dans le Rhône, des échantillons sont prélevés sur 8 stations disposées le long du Rhône depuis Saint-Etienne des Sorts situé en amont du site, jusqu'à l'embouchure du Rhône (Port Saint Louis et Sylvéreal (petit Rhône)) (Carte 35). Les prélèvements sont effectués à un rythme mensuel ou semestriel selon la station.

Légende

- Département
- Autoroute
- Bâti, zone d'activité
- Zone agricole
- Prairie, forêt
- Eau
- Stations de prélèvements



Carte 35 : Lieux de prélèvements de sédiments de rivière le long du Rhône en amont et aval du site de Marcoule

En amont du site de Marcoule, seul le ^{137}Cs est détecté dans les sédiments (concentration moyenne en 2007 de 8 Bq/kg sec). En revanche, en aval du site, plusieurs radionucléides d'origine artificielle (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{241}Am , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$) sont mis en évidence dans les sédiments prélevés dans le Rhône. Le ^{137}Cs est mesuré systématiquement dans tous les échantillons à des teneurs plus élevées que les autres radionucléides. Sa présence est d'origine multiple : retombées atmosphériques passées (accident de Tchernobyl, essais militaires) et rejets liquides du site de Marcoule (antérieurs à 1997). Des traces de transuraniens (principalement $^{239+240}\text{Pu}$) et de cobalt 60 liées aux rejets passés du site de Marcoule sont détectées jusqu'à l'embouchure du Rhône (stations de Port-Saint-Louis et de Sylvéreal). Les sédiments les plus marqués sont ceux prélevés à Codolet, station la plus proche de l'émissaire de rejets liquides du site de Marcoule.

Tableau 90 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le contre canal du Rhône à Codolet

			Min.	Max.	Moyenne
Sédiments	^{137}Cs	Bq/kg sec	62,09 ± 4,8	86,90 ± 8,1	74,50
	^{60}Co	Bq/kg sec	1,12 ± 0,5	1,17 ± 0,4	1,15
	^{241}Am	Bq/kg sec	3,20 ± 0,4	16,60 ± 2,2	9,90
	^{238}Pu	Bq/kg sec	0,74 ± 0,2	0,76 ± 0,2	0,75
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg sec	3,14 ± 0,5	5,36 ± 0,8	4,25

Tableau 91 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône à Caderousse

			Min.	Max.	Moyenne
Sédiments	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	7,78 ± 0,8	9,98 ± 0,8	8,88
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	0,70 ± 0,3	0,88 ± 0,3	0,79
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	< 0,2	< 0,37	-
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,10	< 0,18	-
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,21 ± 0,1	0,26 ± 0,1	0,24

Tableau 92 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône à Roquemaure

			Min.	Max.	Moyenne
Sédiments	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	6,20 ± 0,8	15,70 ± 1,6	9,66
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	0,62 ± 0,3	2,35 ± 0,5	1,11
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	< 0,12	< 0,70	
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,06	< 0,35	
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,25 ± 0,1	0,32 ± 0,1	0,28

Tableau 93 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône à l'Ecluse d'Avignon

			Min.	Max.	Moyenne
Sédiments	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	13,4 ± 1,3	22,4 ± 1,9	17,91
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	1,51 ± 0,40	2,55 ± 0,50	2,04
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	0,23 ± 0,10	0,41 ± 0,10	0,33
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,07	0,35 ± 0,10	-
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,27 ± 0,10	0,51 ± 0,10	0,34

Tableau 94 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône à Vallabrègues

			Min.	Max.	Moyenne
Sédiments	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	10,3 ± 1,2	44,0 ± 6,2	19,79
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	2,02 ± 0,80	1,37 ± 0,40	4,27
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	0,32 ± 0,10	0,39 ± 0,10	0,36
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	0,22 ± 0,10	0,45 ± 0,10	
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,27 ± 0,10	0,51 ± 0,10	

Tableau 95 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône à Port-Saint-Louis

		Min.	Max.	Moyenne	
Sédiments	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	11,78 ± 1,20	17,26 ± 1,70	14,52
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	1,63 ± 0,40	2,37 ± 0,50	2,00
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	< 0,34	0,25 ± 0,10	-
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,13	< 0,20	-
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,28 ± 0,10	0,34 ± 0,10	0,31

Tableau 96 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône au Pont Sylvéréal (petit Rhône)

		Min.	Max.	Moyenne	
Sédiments	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	0,82 ± 0,20	1,54 ± 0,30	1,21
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	8,98 ± 0,90	17,73 ± 1,50	13,23
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	< 0,3	< 0,9	-
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,17	< 0,19	-
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,20 ± 0,10	0,32 ± 0,10	0,27

VI.7.1.5 EAUX DE PUIITS

La surveillance des eaux souterraines est fondée sur l'analyse de prélèvements trimestriels d'eau dans 8 piézomètres. Les analyses réalisées ont mis en évidence la présence de tritium en faible quantité (activité maximale de 60 ± 5 Bq/l). Celle-ci est due vraisemblablement aux rejets gazeux présents ou passés. Aucun autre radionucléide artificiel n'a pu être mis en évidence à des niveaux supérieurs aux limites de détection de nos appareillages de mesure.

Tableau 97 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 à la fontaine de Saint-Etienne-des-Sorts (point P1 59 SES)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	0,15 ± 0,04	0,14	3/4
	³ H	Bq/l	< 9,0	< 9,3	-	0/4
	K	mg/l	1,9 ± 0,2	3,5 ± 0,2	2,9	4/4

Tableau 98 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le puits de la ferme « La Grangette » à Codolet (point P2 59 COD)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,13	0,67 ± 0,06	0,40	3/4
	³ H	Bq/l	46,0 ± 4,1	60,0 ± 4,8	53,3	4/4
	K	mg/l	2,5 ± 0,1	3,7 ± 0,2	2,9	4/4

Tableau 99 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le lavoir de Caderousse (point P9 59 CAD)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,89 \pm 0,09	1,00 \pm 0,09	0,93	4/4
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 9,3	-	0/4
	K	mg/l	26,0 \pm 1,6	30,0 \pm 1,8	28,3	4/4

Tableau 100 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans un puits à Montfaucon (point P10 59 MON)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,14	-	0/4
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 9,7	-	0/4
	K	mg/l	1,9 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1	2,2	4/4

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 101 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 au service des sports à Orange (point P11 59 ORA)

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

Tableau 102 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans un puits de la pelouse extérieure de Centraco à Codolet (point P13 9 MRC)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,14	0,25 \pm 0,04	0,21	2/4
	^3H	Bq/l	17,0 \pm 3,6	22,0 \pm 2,9	19,5	4/4
	K	mg/l	2,0 \pm 0,1	7,7 \pm 0,4	3,7	4/4

Tableau 103 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le puits Ranney à Codolet (point P14 59 MRC)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,11	< 0,14	-	1/4
	^3H	Bq/l	< 9,0	29,0 \pm 3,1	18,2	3/4
	K	mg/l	1,7 \pm 0,1	2,1 \pm 0,1	1,9	4/4

Tableau 104 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le puits du poste sud du site de Marcoule à Codolet (point P15 59 MRC)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,11	0,29 \pm 0,05	-	1/4
	^3H	Bq/l	12,0 \pm 2,3	18,0 \pm 3,4	15,3	4/4
	K	mg/l	< 1,0	1,0 \pm 0,1	1,0	3/4

En marge de ces eaux souterraines, deux prélèvements d'eau sont réalisés dans des captages servant ou ayant servi pour l'alimentation en eau potable sur la commune de Codolet. Les analyses réalisées sur ces eaux ont mis en évidence la présence permanente de strontium 90 (activité maximale de $0,39 \pm 0,04$ Bq/l) et de tritium (activité maximale de 34 ± 4 Bq/l).

Tableau 105 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 à la mairie et au stade municipal de Codolet (P92 59 COD)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,16 \pm 0,04$	$0,25 \pm 0,04$	0,19	6/6
	α global	Bq/l	< 0,03	< 0,04	-	0/6
	^3H	Bq/l	15 ± 3	34 ± 4	22	6/6
	K	mg/l	$5,1 \pm 0,3$	$6,8 \pm 0,3$	5,7	6/6
Eau brute	^{90}Sr	Bq/l	< 0,008	$0,013 \pm 0,004$	0,012	4/6

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 106 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans un ancien puits municipal de Codolet (P12 59 COD)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,51 \pm 0,05$	$0,68 \pm 0,05$	0,60	2/2
	α global	Bq/l	< 0,02	< 0,04	-	0/2
	^3H	Bq/l	21 ± 4	33 ± 4	27	2/2
	K	mg/l	$1,1 \pm 0,1$	$1,7 \pm 0,1$	1,4	2/2
Eau brute	^{90}Sr	Bq/l	$0,31 \pm 0,06$	$0,39 \pm 0,04$	0,35	2/2

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Aucun autre radionucléide artificiel n'a pu être mis en évidence à des niveaux supérieurs aux limites de détection de nos appareils de mesure.

VI.7.1.6 VEGETAUX TERRESTRES

Des prélèvements d'herbe sont réalisés trimestriellement en 2 points, au sud du site, sous l'influence des vents dominants. Les principaux résultats sont présentés dans le **Tableau 107** et le **Tableau 108**.

La radioactivité d'origine naturelle mesurée dans l'herbe est principalement due au ^{40}K , d'origine tellurique, dont la concentration moyenne est comprise entre 492 et 895 Bq/kg sec selon la station. Le ^7Be , radionucléide d'origine cosmogénique, est également mesuré à des niveaux moyens compris entre 160 et 230 Bq/kg sec.

Concernant les radionucléides d'origine artificielle, de faibles activités ont été mesurées en ^{90}Sr au niveau des deux stations. Ces concentrations sont comparables à celles observées pour les végétaux prélevés hors influence des rejets industriels. Ainsi, la présence de ce radionucléide s'explique par les rémanences des retombées des essais nucléaires atmosphériques passés. Parmi les radionucléides rejetés dans les rejets gazeux du site, seul le ^{14}C a été observé en 2007 à des valeurs significatives. L'activité maximale atteinte au point 1 situé en clôture de site (**Tableau 107**) en mars 2007, est supérieure d'un facteur 2,5 aux valeurs habituellement mesurées dans l'environnement ($\cong 242$ Bq/kg de carbone élémentaire). Aucun radionucléide émetteur gamma

artificiel n'a été détecté au-dessus des limites de détection de nos appareillages de mesure. En revanche, des traces de $^{239+240}\text{Pu}$, non présents dans les effluents gazeux, sont détectées à de très faibles niveaux dans les végétaux prélevés au point 2 (Tableau 108).

Tableau 107 : Résultats d'analyses de l'herbe prélevée en 2007 au sud du site de Marcoule, contre les grilles du site de Marcoule

			Min.	Max.	Moyenne	*
Herbe	^{40}K	Bq/kg sec	388 ± 23	633 ± 28	491,86	4/4
	^7Be	Bq/kg sec	159 ± 10	291 ± 36	230,01	4/4
	^{90}Sr	Bq/kg sec	0,57 ± 0,11	1,0 ± 0,2	0,73	4/4
	^{129}I	Bq/kg sec	< 9,7	< 11	-	0/4
	^{14}C	Bq/kg cendres	< 360	563 ± 125	-	1/4
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg sec	< 0,005	< 0,02	-	0/4
	^3H	Bq/kg frais	< 306	< 422	-	0/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 108 : Résultats d'analyses de l'herbe prélevée en 2007 au sud du site de Marcoule, dans les vignes

			Min.	Max.	Moyenne	*
Herbe	^{40}K	Bq/kg sec	537 ± 68	1297 ± 39	895	4/4
	^7Be	Bq/kg sec	93,3 ± 8,9	220 ± 29	157	4/4
	^{90}Sr	Bq/kg sec	1,49 ± 0,22	2,87 ± 0,34	1,97	4/4
	^{129}I	Bq/kg sec	-	< 11	-	0/4
	^{14}C	Bq/kg cendres	296 ± 105	402,62 ± 97	355,6	3/4
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg sec	0,020 ± 0,006	0,026 ± 0,009	0,02	2/4
	^3H	Bq/kg frais	< 305	< 485	-	0/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.1.7 LAIT

Des prélèvements mensuels de lait de vache sont effectués dans une ferme située dans la commune de Montfavet. Les principaux résultats sont présentés dans le Tableau 109.

Tableau 109 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du site de Marcoule

			Min.	Max.	Moyenne
	^{40}K	Bq/l	32,61 ± 4,58	55,2 ± 10,5	39,57
	K	g/l	1,05 ± 0,15	1,78 ± 0,34	1,41
	^{90}Sr	Bq/l	< 0,04	0,08 ± 0,01	-
Lait	^{131}I	Bq/l	< 0,2	< 1,5	-
	^{129}I	Bq/l	< 0,3	< 0,8	-
	^{137}Cs	Bq/l	< 0,14	< 0,17	-
	^{134}Cs	Bq/l	< 0,15	< 0,54	-
	^3H	Bq/l		< 20	-

Les activités volumiques en ^{129}I et ^3H , radionucléides caractéristiques des rejets gazeux du site de Marcoule, sont restées inférieures aux limites de détection.

Des traces de strontium 90 ($0,08 \pm 0,01$ Bq/l), caractéristique des retombées atmosphériques passées, sont observées sur 1 des 12 prélèvements analysés.

VI.7.1.8 CEREALES

Des prélèvements de blé sont réalisés lors de la récolte annuelle à partir de plusieurs silos (Sud Céréales des Angles et de Pont-Saint-Esprit).

La concentration mesurée en potassium 40 est de $134,7 \pm 10,6$ Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $4,3 \pm 0,3$ g/kg frais). Cette valeur est cohérente avec les résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Méditerranée » ($123,8 \pm 9,6$ Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD \approx 4,3$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD \approx 1,2$ Bq/kg frais) ; ^{110m}Ag ($LD \approx 0,7$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs ($LD \approx 0,7$ Bq/kg frais), ^{137}Cs ($LD \approx 0,5$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD \approx 4$ Bq/kg frais).

VI.7.1.9 RIZIERES DE CAMARGUE

Compte tenu de la rémanence de certains transuraniens dans le Rhône en aval du site de Marcoule (paragraphe VI.7.1.4), une surveillance de la radioactivité est effectuée au niveau des rizières irriguées par l'eau du Petit et du Grand Rhône, ainsi que par l'eau du canal de Viguerat. En 2007, trois prélèvements de terre de rizière et un prélèvement de riz paddy de variété Thai correspondant à la récolte de l'année en cours ont été analysés.

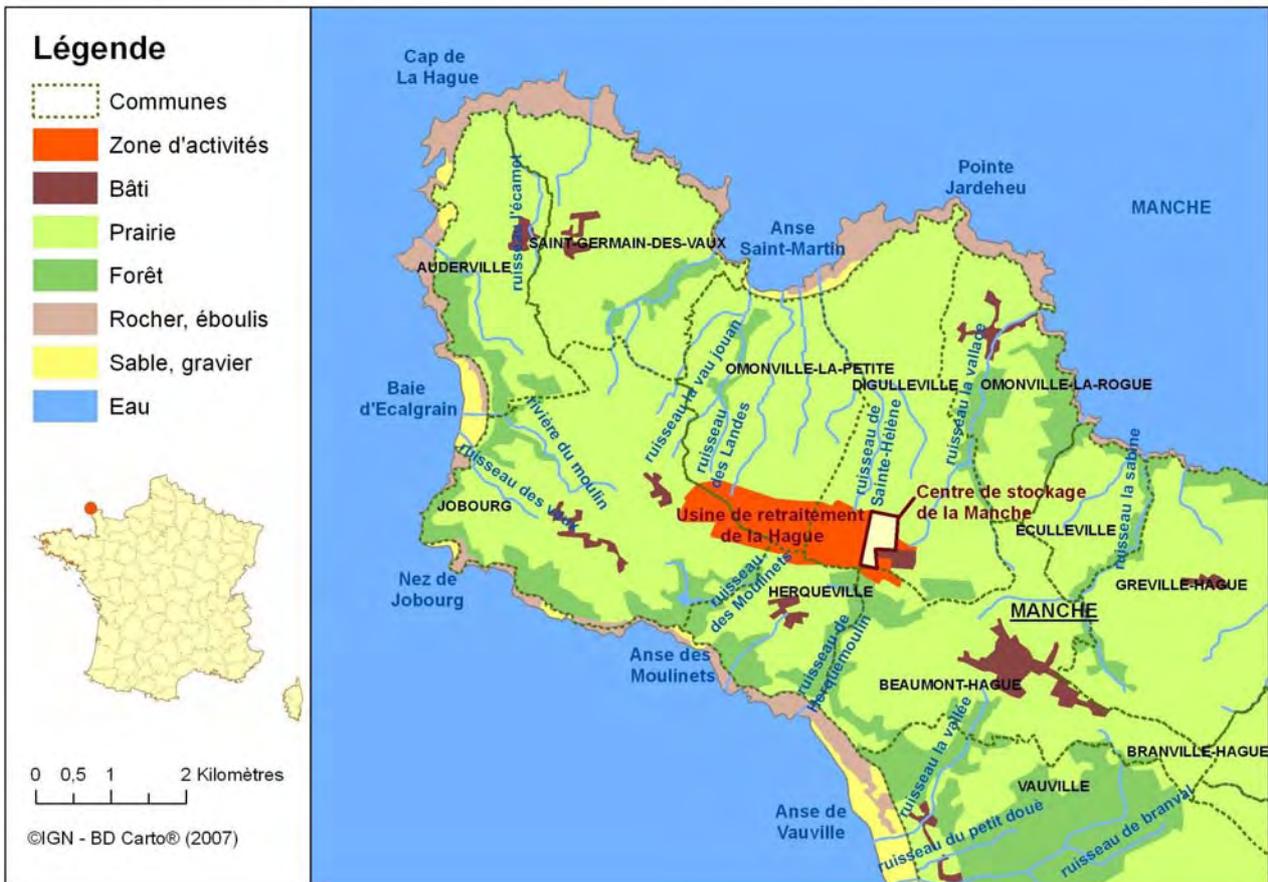
Pour les prélèvements de terre de rizière, La présence d'uranium 234 et d'uranium 238, isotopes radioactifs de l'uranium naturel, a été décelée dans les trois prélèvements effectués en juin 2007 (Tableau 110). Aucun actinide d'origine artificielle (^{241}Am , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$) n'a été mesuré au-dessus des limites de détection indiquées ci-après.

Tableau 110 : Résultats des analyses réalisées en 2007 sur les prélèvements de terres de rizière (Camargue)

		Mas Les Roseaux de Beaujeu à Arles	Domaine du Viguié à Arles	Domaine de la Grande Porcellette au Mas Thibert	
Terre de rizière	^{234}U	Bq/kg sec	$19,1 \pm 2,1$	$23,4 \pm 2,3$	$16,8 \pm 1,8$
	^{238}U	Bq/kg sec	$20,3 \pm 2,0$	$22,2 \pm 2,2$	$16,5 \pm 1,8$
	^{241}Am	Bq/kg sec	< 0,09	< 0,18	< 0,5
	^{238}Pu	Bq/kg sec	< 0,08	< 0,07	< 0,32
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg sec	< 0,3	< 0,35	< 0,28
	^{90}Sr	Bq/kg sec	< 1,07	< 4,3	< 0,97

De même, les concentrations des radionucléides d'origine artificielle mesurées dans le riz paddy, sont toutes restées inférieures à nos limites de détection (< 0,08 Bq/kg frais pour le ^{90}Sr , < 0,03 Bq/kg frais pour ^{238}Pu et $^{239+240}\text{Pu}$ et < 0,13 Bq/kg frais pour l' ^{241}Am).

VI.7.2 SITE DE LA HAGUE (50)



Carte 36 : Implantation du site de la Hague

Le site de la Hague sera entendue ici comme l'ensemble formée par le centre AREVA NC de la Hague qui assure les opérations de traitement des combustibles usés ainsi que le centre de stockage des déchets de la Manche.

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). À cela s'ajoutent des prélèvements d'eau du réseau de récupération des eaux pluviales, d'eau souterraine, d'eau et de sédiment de rivière, de sol, de végétaux terrestres, de faune et flore marines, et de céréales.

VI.7.2.1 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).

Les eaux de pluie sont prélevées en continu à Gréville et relevées à une fréquence hebdomadaire. Les mesures sont réalisées sur un mélange mensuel. En 2007, aucune activité en radionucléides artificiels n'a été mesurée au-dessus de nos limites de détection. Néanmoins, ce bilan ne rend pas compte des gaz rares, dont les concentrations ne sont pas mesurées de manière chronique. Des constats spécifiques, actuellement en cours, devraient permettre de disposer en 2008 d'un premier bilan, notamment en ce qui concerne le ^{85}Kr .

VI.7.2.2 EAUX DU RESEAU DE COLLECTE DES EAUX PLUVIALES

Le réseau de collecte des eaux pluviales du site AREVA, commun avec celui du centre de stockage de déchets géré par 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 120 ± 20 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 87 et W3 87) et au point ouest (W2 87) du réseau, ainsi que de strontium 90 au point W1 87. La présence de ces radionucléides est à mettre probablement en relation avec les rejets des installations de l'établissement AREVA NC.

Tableau 111 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2007 au point W1 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,18 \pm 0,04$	$0,84 \pm 0,07$	0,33	24/24
	α global	Bq/l	< 0,021	< 0,027	-	0/24
	^3H	Bq/l	< 9,0	$51,0 \pm 5,1$	25,9	15/24
	K	mg/l	$1,6 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,5$	3,0	24/24
Eau brute	^{137}Cs	Bq/l	$0,08 \pm 0,04$	$0,26 \pm 0,07$	0,135	13/24
	^{90}Sr	Bq/l	$0,018 \pm 0,006$	$0,190 \pm 0,017$	0,078	24/24

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 112 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2007 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	$0,11 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,04$	0,13	13/24
	α global	Bq/l	< 0,021	< 0,024	-	0/24
	^3H	Bq/l	< 9,0	$14,0 \pm 3,1$	-	9/24
	K	mg/l	$1,9 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,1$	2,3	24/24
Eau brute	^{137}Cs	Bq/l	$0,007 \pm 0,004$	< 0,011	-	2/24

Tableau 113 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2007 au point W3 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague

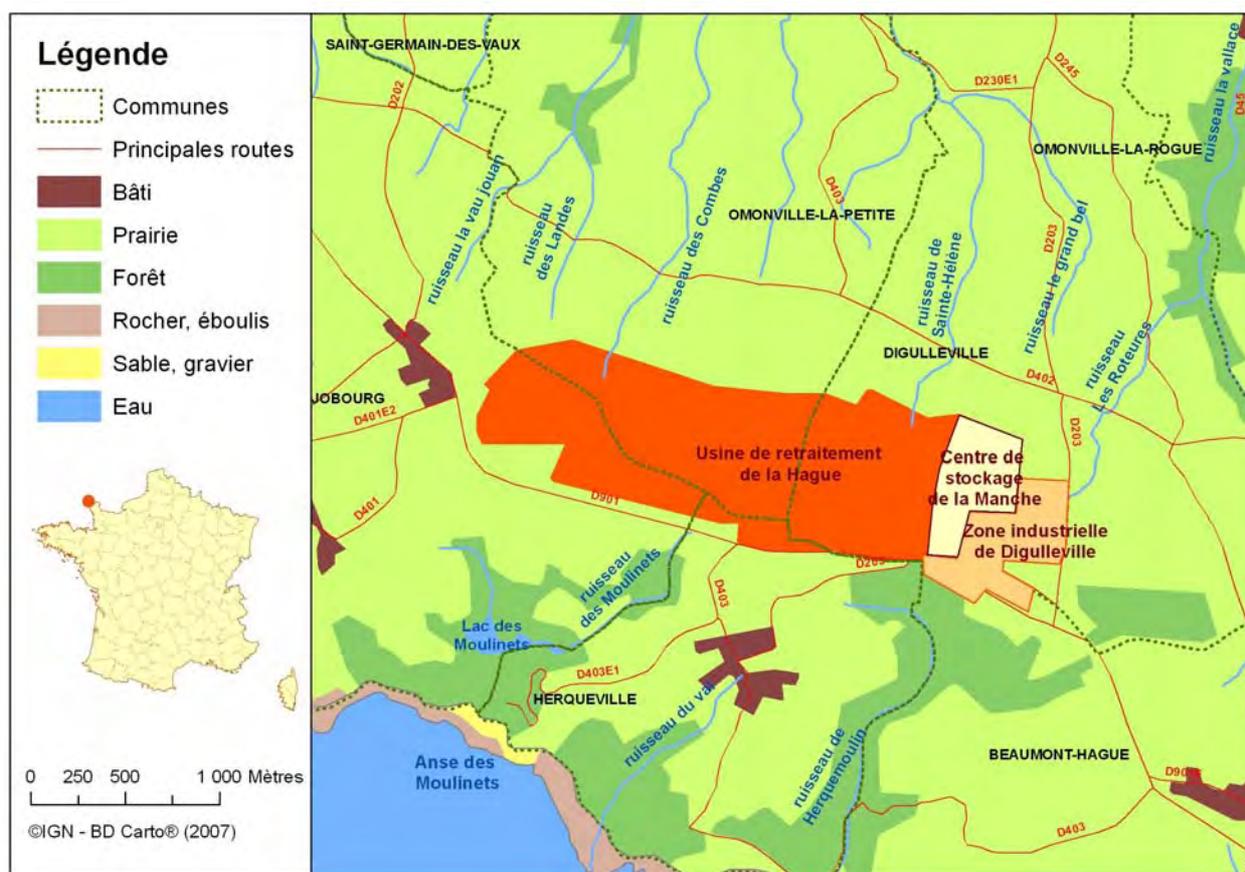
			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,37 \pm 0,08$	$0,71 \pm 0,09$	0,54	24/24
	α global	Bq/l	< 0,026	< 0,070	-	0/24
	^3H	Bq/l	$11,0 \pm 3,1$	$44,0 \pm 4,4$	19,3	21/24
	K	mg/l	$7,2 \pm 0,4$	$18,0 \pm 0,9$	14,4	24/24
Eau brute	^{137}Cs	Bq/l	$0,009 \pm 0,005$	$0,021 \pm 0,007$	0,012	17/24

Tableau 114 : Résultats d'analyse des eaux du réseau d'eau pluviale prélevées en 2007 au point R0 87 (Nord Est, limnigraphe) sur le site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	0,17 ± 0,04	0,14	13/24
	α global	Bq/l	< 0,02	< 0,02	-	0/24
	^3H	Bq/l	25 ± 4	120 ± 20	81	24/24
	K	mg/l	1,8 ± 0,1	3,1 ± 0,2	2,4	24/24

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.2.3 EAUX DE SURFACE



Carte 37 : Les ruisseaux autour du site de la Hague

Des prélèvements d'eau mensuels, bimensuels et trimestriels sont respectivement 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, à mettre en relation avec la contamination en tritium observée dans la nappe phréatique (voir résultats des piézomètres 326, 358 et 702 au § VI.7.2.5).

Tableau 115 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 au point R1 87 dans le ruisseau de la Sainte-Hélène, à Diguleville dans l'environnement du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$< 0,11 \pm 0,03$	$< 0,15$	-	4/12
	α global	Bq/l	$< 0,02$	$< 0,03$	-	0/12
	^{226}Ra	Bq/l	$< 0,030$	$< 0,036$	-	0/12
	^3H	Bq/l	55 ± 5	130 ± 9	86	12/12
	K	mg/l	$2,0 \pm 0,1$	$43,3 \pm 0,2$	2,7	12/12

Tableau 116 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 au point R2 87 dans le ruisseau des Moulinets (Source Recboc) dans l'environnement du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,13 \pm 0,04$	$0,28 \pm 0,05$	0,20	24/24
	α global	Bq/l	$< 0,020$	$0,041 \pm 0,012$	-	2/24
	^3H	Bq/l	$< 11,0$	$27,0 \pm 3,2$	18,8	22/24
	K	mg/l	$2,0 \pm 0,1$	$3,0 \pm 0,2$	2,5	24/24

Tableau 117 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 au point R3 87 dans le ruisseau des Moulinets (Le Batardeau) dans l'environnement du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$0,12 \pm 0,04$	$0,31 \pm 0,04$	0,19	24/24
	α global	Bq/l	$< 0,022$	$0,033 \pm 0,011$	-	6/24
	^3H	Bq/l	$< 9,0$	$21,0 \pm 3,6$	14,2	22/24
	K	mg/l	$2,1 \pm 0,1$	$3,3 \pm 0,2$	2,6	24/24

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

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 (Tableau 118). Ces activités sont à mettre probablement en relation avec la contamination en strontium 90 observée dans la nappe phréatique à cet endroit (voir piézomètre 106, Tableau 119).

Tableau 118 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 au point R4 87 dans le ruisseau des Landes, dans l'environnement du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	$2,70 \pm 0,16$	$7,80 \pm 0,39$	5,30	4/4
	α global	Bq/l	$0,030 \pm 0,006$	$0,052 \pm 0,009$	0,041	4/4
	^3H	Bq/l	$10,0 \pm 2,9$	$12,0 \pm 2,4$	11,3	3/4
	K	mg/l	$2,6 \pm 0,1$	$3,2 \pm 0,2$	2,9	4/4
Eau brute	^{90}Sr	Bq/l	$1,20 \pm 0,22$	$2,10 \pm 0,17$	1,60	4/4

VI.7.2.4 SEDIMENTS DE RIVIERES

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

Leur analyse révèle la présence de radionucléides artificiels (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{241}Pu). Les moyennes annuelles des résultats significatifs sont représentées sur le graphique en Figure 17 (moyenne calculée lorsqu'au moins 50% des valeurs sont significatives).

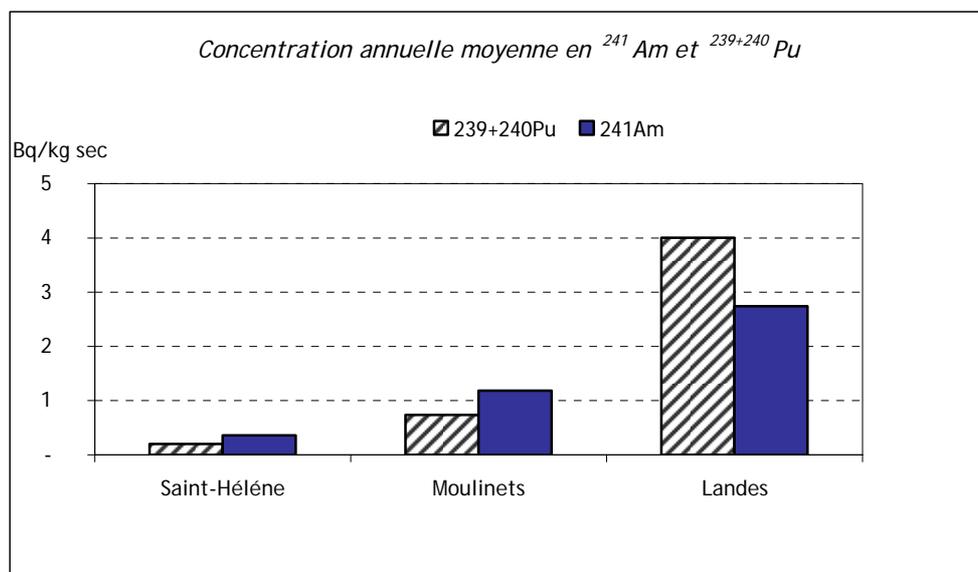


Figure 17 : Concentration annuelle en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am des sédiments de rivières prélevés en 2007 à proximité de l'usine de retraitement AREVA de la Hague

La présence d'émetteurs alpha artificiels (^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Pu , ^{241}Am) et de strontium 90 aux niveaux observés dans les sédiments est caractéristique d'un marquage des ruisseaux par des effluents radioactifs liquides provenant du site de la Hague. Le ruisseau des Landes présente les concentrations les plus élevées, lesquelles sont du même ordre de grandeur que celles observées depuis 2004. Les rejets d'effluents liquides radioactifs s'effectuant en mer via un ouvrage de rejet dédié, après traitement et contrôle de leur activité, le marquage observé dans les ruisseaux peut s'expliquer par des apports « incidentels » via les réseaux d'eaux pluviales ou/et les eaux souterraines contaminées.

VI.7.2.5 EAUX SOUTERRAINES

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

Tableau 119 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P1 87 (piézomètre 106) du site de la Hague

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau filtrée	β global	Bq/l	4,10 ± 0,21	5,20 ± 0,26	4,63	4/4
	α global	Bq/l	0,023 ± 0,006	0,030 ± 0,006	0,026	4/4
	^3H	Bq/l	< 9	< 11	-	1/4
	K	mg/l	3,6 ± 0,2	7,5 ± 0,4	5,6	4/4
Eau brute	^{137}Cs	Bq/l	0,097 ± 0,047	0,290 ± 0,070	0,162	4/4
	^{90}Sr	Bq/l	2,00 ± 0,18	2,30 ± 0,21	2,20	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 119). 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 118**). 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.

FOCUS

Evolution de l'activité en ⁹⁰Sr des eaux au nord-ouest du site de la Hague depuis 1991

La contamination en strontium 90 de la nappe phréatique au nord-ouest du site de la Hague est ancienne.

Les mesures IRSN de l'activité radiologique de l'eau de cette nappe phréatique (piézomètre 106) qui ont commencé en 1991 montrent des activités en ⁹⁰Sr qui ont évolué entre 2 et 16 Bq/l, avec une baisse notable depuis l'année 2000.

Les mesures IRSN de l'activité dans l'eau du ruisseau des Landes montrent également un marquage en ⁹⁰Sr, dont le niveau reste stable depuis 10 ans, et proche de celui de la nappe phréatique qui l'alimente.

Ce marquage est à mettre en relation probablement avec un entreposage de déchets mal confinés depuis les années 1980. Les opérations de reprises que l'exploitant a menées expliquent la diminution de cette contamination.

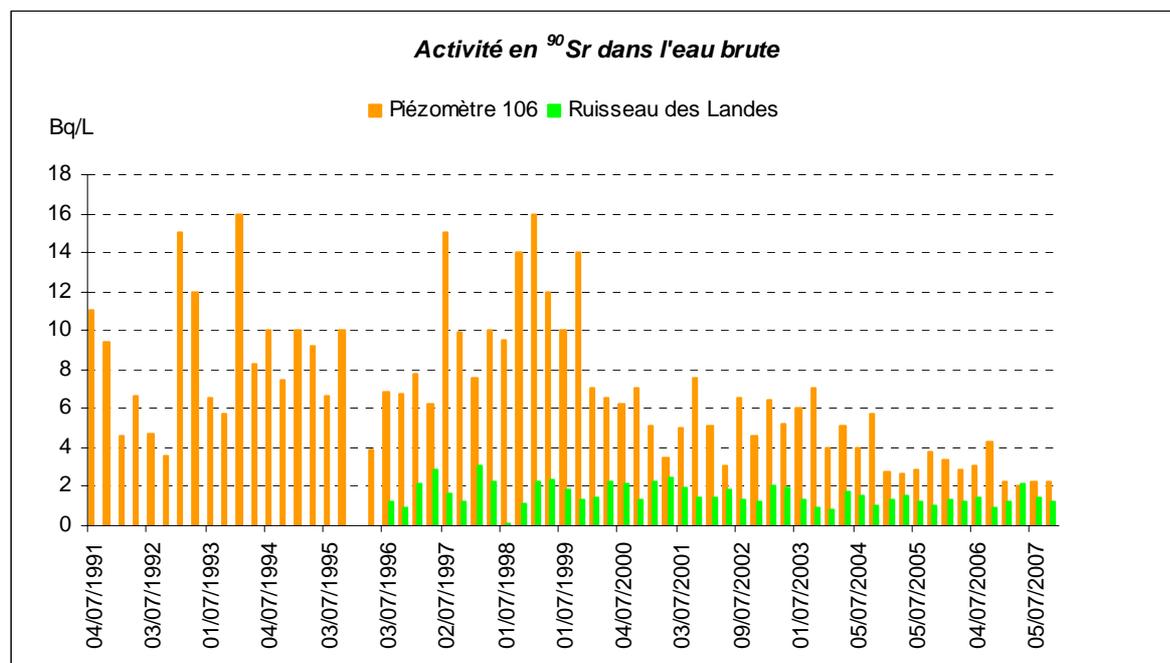


Tableau 120 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P2 87 (piézomètre 222) du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,14	0,15 \pm 0,04	0,15	2/4
	α global	Bq/l	< 0,023	< 0,023	-	0/4
	^3H	Bq/l	< 9	< 12	-	1/4
	K	mg/l	2,7 \pm 0,2	3,1 \pm 0,2	2,9	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Tableau 121 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P3 87 (piézomètre 326) du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,11	-	0/2
	α global	Bq/l	< 0,023	< 0,024	-	0/2
	^3H	Bq/l	640 \pm 38	1400 \pm 84	1020	2/2
	K	mg/l	1,7 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1	1,7	2/2

Tableau 122 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P4 87 (piézomètre 358) du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,17 \pm 0,04	0,24 \pm 0,04	0,20	4/4
	α global	Bq/l	0,10 \pm 0,01	0,22 \pm 0,04	0,14	4/4
	^3H	Bq/l	4900 \pm 294	6600 \pm 396	5850	4/4
	K	mg/l	2,1 \pm 0,1	4,1 \pm 0,2	2,7	4/4

Tableau 123 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P5 87 (piézomètre 702) du site de la Hague

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,12 \pm 0,04	< 0,16	0,12	1/2
	α global	Bq/l	< 0,022	< 0,023	-	0/2
	^3H	Bq/l	2600 \pm 156	5100 \pm 306	3850	2/2
	K	mg/l	2,1 \pm 0,1	2,6 \pm 0,1	2,4	2/2

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les eaux des piézomètres 326, 358 et 702 situés à l'est, à l'intérieur du site, présentent une activité élevée en tritium (jusqu'à 6600 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 NC 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.7.2.6 SOLS

Deux prélèvements de sol sont réalisés annuellement sur la commune d'Herqueville, à une profondeur respectivement de 0 à 5 cm et 5 à 10 cm.

La radioactivité d'origine naturelle est principalement due au ^{40}K (534 ± 64 Bq/kg sec entre 0 et 5 cm et 573 ± 69 Bq/kg sec entre 5 et 10 cm).

Le **Tableau 124** présente les résultats significatifs des radionucléides artificiels mesurés dans les échantillons de sols aux différents niveaux de profondeur.

Tableau 124 : Résultats d'analyse des sols prélevés à Herqueville en octobre 2007

	Profondeur	cm	0 à 5	5 à 10
Sols	^{137}Cs	Bq/kg sec	$9,93 \pm 1,3$	$10 \pm 1,5$
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg sec	$0,3 \pm 0,10$	$0,42 \pm 0,14$
	^{241}Am	Bq/kg sec	$0,34 \pm 0,12$	$0,45 \pm 0,15$
	^{90}Sr	Bq/kg sec	$1,8 \pm 0,3$	$2,1 \pm 0,3$

Des valeurs significatives sont mesurées pour les ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am . Les valeurs observées sont comparables à celles de 2006 et ne diffèrent pas en fonction de la profondeur du prélèvement. Les teneurs en ^{90}Sr et ^{137}Cs sont de l'ordre de grandeur des teneurs résiduelles liées aux retombées atmosphériques passées (accident de la centrale de Tchernobyl, retombées des essais nucléaires atmosphériques). En revanche, les faibles concentrations observées en $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am sont imputables aux activités du site de la Hague. La contamination des sols est probablement due à l'amendement des sols à partir d'algues ou un retour par les embruns marins marqués par les rejets liquides.

VI.7.2.7 VEGETAUX TERRESTRES

Des prélèvements de végétaux terrestres (herbe) sont réalisés sous les principaux vents dominants, à Herqueville et Beaumont à un rythme mensuel ou trimestriel selon la station.

La radioactivité d'origine naturelle observée dans les végétaux est majoritairement due au ^{40}K (moyenne annuelle respectivement de 682 et de 1108 Bq/kg sec à Herqueville et Beaumont). Les végétaux accumulent également le ^7Be , radionucléide d'origine cosmogénique (moyenne annuelle respectivement de 377 et de 442 Bq/kg sec à Herqueville et Beaumont).

La radioactivité d'origine artificielle mesurable dans les végétaux est due principalement au ^{90}Sr et au ^{14}C . Les autres radionucléides tels que le ^{60}Co , ^{129}I , ^{106}Ru sont restés inférieurs à nos limites de détection.

Les concentrations mesurées en ^{90}Sr sont comprises entre 3,5 et 8 Bq/kg sec. Ces valeurs 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 retombées atmosphériques passées liées aux essais d'armes nucléaires.

Les concentrations en ^{14}C à la station d'Herqueville (**Figure 18**) témoignent d'un marquage des végétaux terrestres lié aux rejets gazeux du site de la Hague. En 2007, la concentration moyenne annuelle de ^{14}C dans l'herbe est de 952 Bq/kg C. Cette valeur est nettement supérieure à la valeur de 242 Bq ^{14}C /kg C observée dans les zones non influencées par les rejets des installations. La valeur maximale observée au mois de mai 2007, supérieure d'un facteur 2,6 par rapport à la moyenne annuelle, s'explique en grande partie par une augmentation de rejets gazeux sur la période d'avril à juin 2007 (augmentation d'un facteur proche de 2 par rapport à la moyenne annuelle) et une période de photosynthèse maximale.

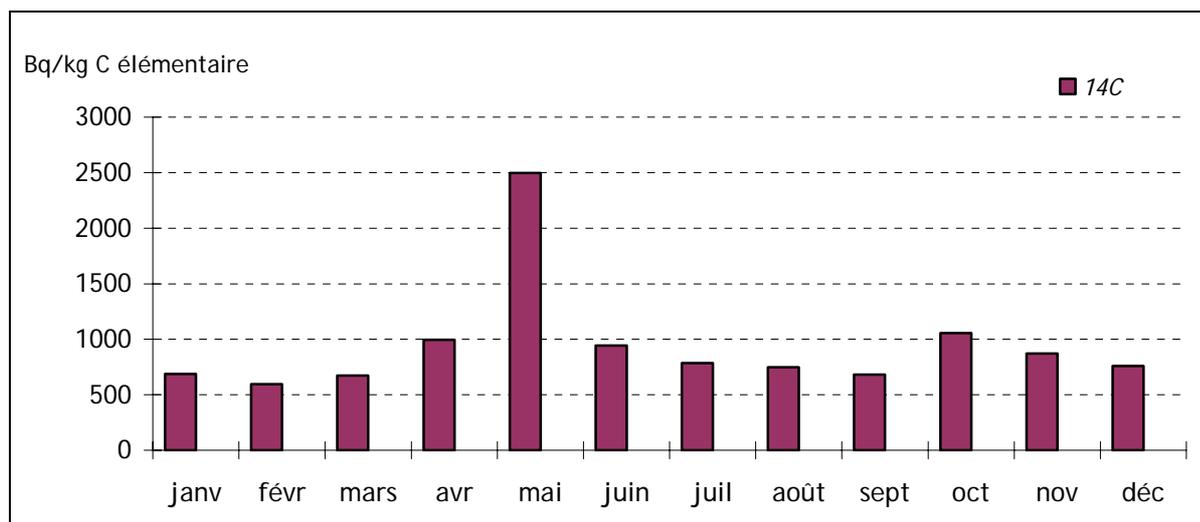


Figure 18 : Evolution mensuelle du ¹⁴C mesuré dans les végétaux prélevés en 2007 à Herqueville

VI.7.2.8 LAIT

Les échantillons de lait prélevés mensuellement proviennent d'une coopérative située à Sottevast et de 3 fermes situées sous les vents dominants, respectivement à Digulleville, Omonville-la-Rogue et Beaumont-Hague. Les résultats sont présentés dans le **Tableau 125**.

Tableau 125 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du site de La Hague

			Coopérative Sottevast		Beaumont la Hague		Digulleville		Omonville	
			Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
	⁴⁰ K	Bq/l	43,9±5	55,5±6	34,4±5	49,1± 6	43,2±5	53±7	46,4± 6	53,4±7
	K	g/l	1,4±0,2	1,7±0,2	1,1±0,2	1,6±0,2	1,3±0,2	1,7±0,2	1,5±0,2	1,7±0,2
	⁹⁰ Sr	Bq/l	0,13±0,04	0,37±0,06	0,14±0,04	0,25±0,05	0,11±0,03	0,20±0,04	0,10±0,03	0,30±0,06
Lait	¹³¹ I	Bq/l	<0,18	<0,8	<0,24	<0,4	<0,2	<0,8	<0,18	<0,52
	¹²⁹ I	Bq/l	<0,01	<0,30	0,002±0,0005	0,02±0,006	<0,009	<0,3	<0,008	<0,33
	¹³⁷ Cs	Bq/l	<0,14	<0,17	<0,16	<0,20	<0,14	<0,20	<0,15	<0,17
	¹³⁴ Cs	Bq/l	<0,17	<0,19	<0,18	<0,23	<0,16	<0,22	<0,16	<0,2
	³ H	Bq/l	-	<20	-	<20	-	<20	-	<20

Parmi les radionucléides d'origine artificielle susceptibles d'être rejetés dans les effluents gazeux et surveillés dans le lait (principalement ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁷Cs, et ³H), seules des traces d'iode 129 ont été détectées dans deux échantillons de lait prélevés sur la commune de Beaumont la Hague en janvier et novembre 2007. Pour les autres radionucléides, les résultats sont comparables sur l'ensemble des stations et restent inférieurs aux limites de détection. La limite de détection du tritium de 20 Bq/l est cependant trop élevée pour confirmer l'absence de ce radionucléide dans les échantillons de lait.

Une faible activité volumique en strontium (méthode Sr + TR) est décelée sur 50% des prélèvements réalisés.

VI.7.2.9 CEREALES

Des prélèvements de blé sont réalisés lors de la récolte annuelle sur la commune de Digulleville.

La concentration mesurée en potassium 40 est de 117 ± 10 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $3,8 \pm 0,3$ g/kg frais). Cette valeur est légèrement inférieure aux résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « ouest » ($122,2 \pm 9,7$ Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

La concentration en ^{90}Sr mesurée dans les blés est de $0,31 \pm 0,03$ g/kg frais. Cette valeur est légèrement supérieure à celle obtenue pour les blés collectés dans la région « ouest » qui s'élève à $0,21 \pm 0,03$ g/kg (paragraphe IX.2.2.2). Cette différence n'est cependant pas significative et ne permet pas d'attribuer une influence de l'installation sur les concentrations mesurées en ^{90}Sr .

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les blés sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD \approx 4$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD \approx 1,2$ Bq/kg frais) ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ($LD \approx 0,65$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs ($LD \approx 0,6$ Bq/kg frais), ^{137}Cs ($LD \approx 0,5$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \approx 0,5$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD \approx 4$ Bq/kg frais).

VI.7.2.10 EAU DE MER

Des prélèvements trimestriels 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 (paragraphe VII.2.2.1), Anse du Brick et Barfleur.

Légende

-  Département
-  Autoroutes
-  Zone d'activités
-  Bâti
-  Prairie
-  Forêt
-  Zone agricole
-  Eau
-  Iles anglo-normandes
-  Stations de prélèvements littoraux



0 10 20 40 Kilomètres

©IFEN - CORINE land cover 2000®



Carte 38 : Lieux de prélèvements d'eau de mer et de sédiments marins sur le littoral du Nord-Cotentin

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 (12 ± 1 Bq/l) est relevé dans la baie d'Ecalgrain à Jobourg.

Aux autres points de prélèvements, l'activité en tritium est souvent inférieure aux limites de détection des appareils utilisés, 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 126 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 dans la baie d'Ecalgrain à Jobourg (M 110 JBG)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (⁶⁰ Co, ¹⁰⁶ Ru, ¹²⁵ Sb, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	Bq/l	-	< 0,22	-	0/20
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/l	-	< 0,0049	-	0/8
	³ H	Bq/l	< 9,7	< 14,0	12	2/4
	β global	Bq/l	7,9 ± 0,8	12,0 ± 1,2	10,2	4/4
	K	mg/l	310 ± 16	410 ± 21	378	4/4

Tableau 127 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 dans l'anse des Moulinets à Herqueville (M 110 MLN)

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (⁶⁰ Co, ¹⁰⁶ Ru, ¹²⁵ Sb, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	Bq/l	-	< 0,24	-	0/15
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/l	-	< 0,0034	-	0/6
	³ H	Bq/l	< 11,0	< 13,0	-	0/3
	β global	Bq/l	9,3 ± 0,9	11,0 ± 1,1	10,4	3/3
	K	mg/l	340 ± 17	430 ± 22	387	3/3

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VI.7.2.11 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, Anse du Brick et Barfleur (voir paragraphe VII.2.2.2). Les prélèvements sont réalisés trimestriellement sur les plages (sable).

L'analyse des sédiments révèle la présence de radionucléides d'origine artificielle (¹³⁷Cs, ⁶⁰Co ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu, ²⁴¹Am), due essentiellement aux rejets d'effluents liquides passés et présents des installations du site de la Hague.

La radioactivité d'origine naturelle est majoritairement due au ⁴⁰K dont la concentration annuelle moyenne est de 420 Bq/kg sec.

VI.7.2.11.1. Plutonium 238, Plutonium 239+240, Américium 241

Pour l'ensemble des transuraniens mesurés, on observe une contamination plus importante des sédiments prélevés dans l'Anse des Moulinets, zone la plus soumise à l'influence du canal de rejet des effluents liquides de l'usine de retraitement (Figure 19). On constate une diminution progressive de l'activité à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet.

Les concentrations les plus élevées concernent l'américium 241, puis les isotopes 239+240 du plutonium. En 2007, les valeurs maximales mesurées sur les échantillons prélevés à l'Anse des Moulinets sont respectivement de 2,21 ± 0,15 Bq/kg en ²⁴¹Am et de 0,98 ± 0,15 Bq/kg sec en ²³⁹⁺²⁴⁰Pu. Seuls les prélèvements provenant des stations : Anse des Moulinets, Baie d'Ecalgrain et Querqueville ont présenté systématiquement des valeurs significatives en plutonium 238

(moyenne annuelle comprise entre 0,46 Bq/kg sec et 0,28 Bq/kg sec). Le rapport isotopique $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ calculé sur ces stations, de l'ordre de 0,5, est caractéristique des rejets de l'établissement de la Hague.

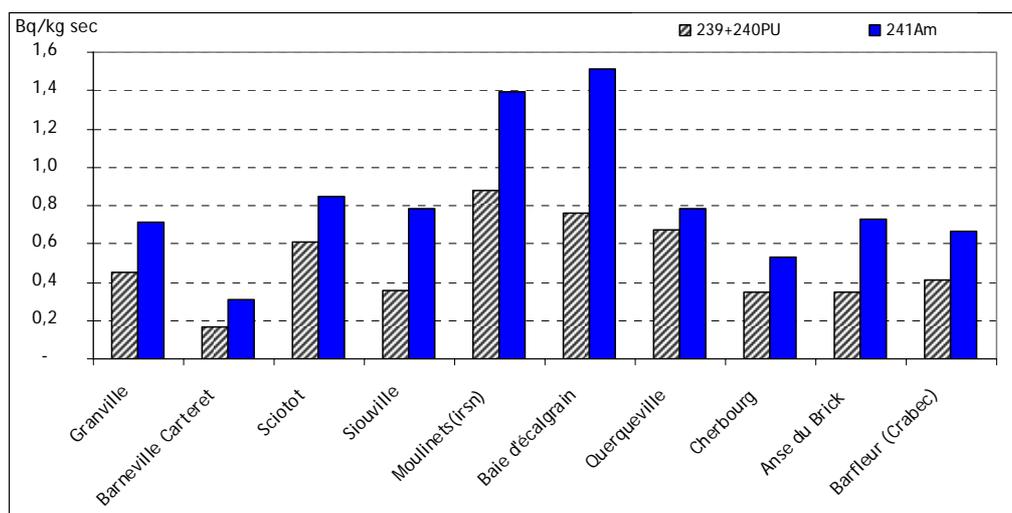


Figure 19 : Activités annuelles moyennes en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2007 le long du littoral du Cotentin

VI.7.2.11.2. Cobalt 60, Césium 137

Ces deux radionucléides sont présents dans les effluents liquides rejetés par les installations de retraitement AREVA NC de la Hague et dans une moindre mesure par le CNPE de Flamanville.

En 2007, les résultats en ^{60}Co sont tous restés inférieurs à la limite de détection ($\cong 0,7$ Bq/kg sec). En 2006, trois stations présentaient des valeurs significatives avec une moyenne annuelle proche de la limite de détection.

Conformément aux années précédentes, les concentrations les plus importantes en césium 137 sont mesurées dans les sédiments prélevés sur la plage des Moulinets, qui est la station la plus soumise à l'influence des rejets d'effluents liquides du site AREVA NC de la Hague (moyenne annuelle supérieure d'environ un facteur 5 par rapport aux autres stations).

Tableau 128 : Moyenne annuelle en ^{137}Cs mesurée dans les sédiments prélevés en 2007 le long du littoral du Cotentin

			Granville	Barneville-Carteret	Sciotot	Siouville	Anse des Moulinets	Baie d'Ecalgrain	Querqueville	Cherbourg	Anse du Brick	Barfleur
Sédiments	^{137}Cs	Bq/kg sec	0,56	-	-	0,56	4,5	0,56	0,56	0,88	0,51	-

VI.7.2.11.3. Données complémentaires

Dans le cadre de la surveillance du démantèlement du tuyau de rejet, initié en 1999, un prélèvement de sédiment est réalisé en mer, sous influence directe des rejets du site AREVA NC au large de l'anse des Moulinets. Les niveaux d'activité mesurés sont légèrement supérieurs à ceux observés sur la plage des Moulinets, excepté pour le ^{137}Cs dont les valeurs restent inférieures à la limite de détection (Tableau 129).

Tableau 129 : Concentration annuelle moyenne dans les sédiments marins prélevés en 2007 au large de l'Anse des Moulinets

		^{238}Pu	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Am	^{137}Cs	^{60}Co	Ratio $^{238}\text{Pu}/(^{239+240}\text{Pu})$
Sédiments	Bq/kg sec	0,55	1,14	2,16	< 0,7	1,27	0,480

VI.7.2.12 FLORE MARINE

Sept stations de prélèvements sont disposées le long du littoral : Granville, Barneville-Carteret, Siouville, Anse des Moulinets, Querqueville, Anse du Brick et Barfleur. Des prélèvements d'algues (« *Fucus serratus* ») sont effectués à un rythme trimestriel.

La radioactivité d'origine naturelle est principalement due au potassium 40 (concentration moyenne annuelle de 163 Bq/kg frais). Parmi les radionucléides d'origine artificielle, des valeurs significatives sont mesurées en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{60}Co et ^{129}I , caractéristiques des rejets liquides des installations du site AREVA NC de la Hague.

VI.7.2.12.1. Plutonium 238, Plutonium 239+240, Américium 241

Les concentrations mesurées en transuraniens dans les algues (*fucus serratus*) sont du même ordre de grandeur sur l'ensemble des stations de prélèvement, excepté pour l'américium 241 pour lequel les valeurs sont légèrement supérieures à l'Anse des Moulinets (concentration moyenne en 2007 de 0,031 Bq/kg frais en ^{241}Am).

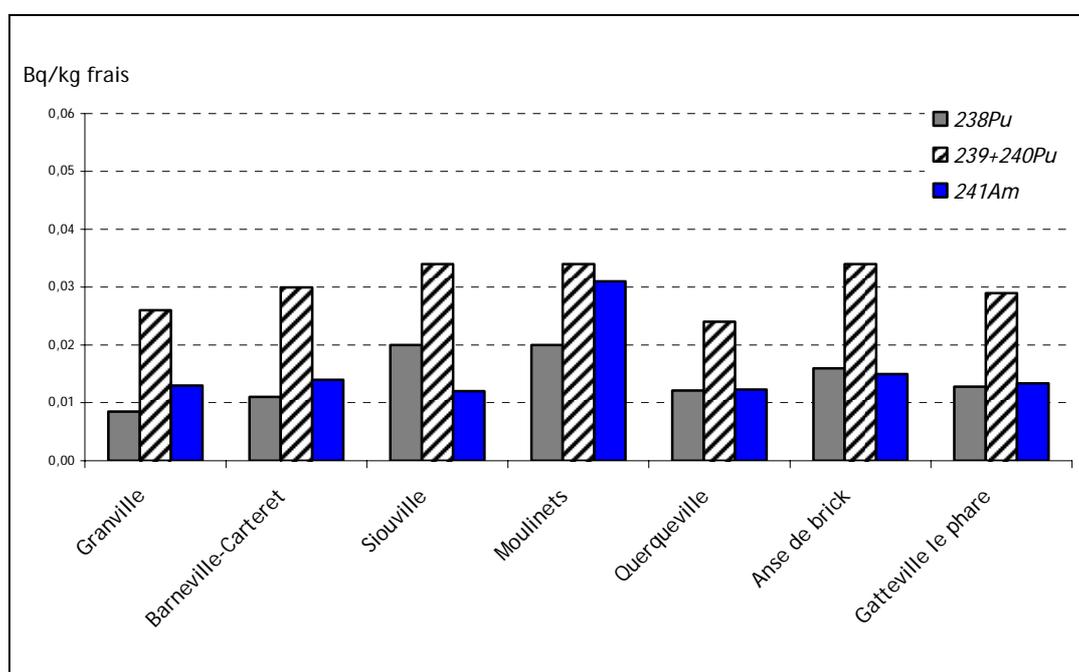


Figure 20 : Activités moyennes annuelles en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les algues prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin

Pour les années antérieures à 2007, le profil de contamination des algues (*Fucus Serratus*) le long du littoral du Cotentin indiquait une diminution progressive de l'activité en fonction de l'éloignement du point de rejet et des différentes zones de dilution maritime. En 2007 ce profil est moins marqué (Figure 20). En effet, le niveau de contamination en $^{239+240}\text{Pu}$ des algues à l'Anse des Moulinets a nettement diminué au cours des 15 dernières années (Figure 21).

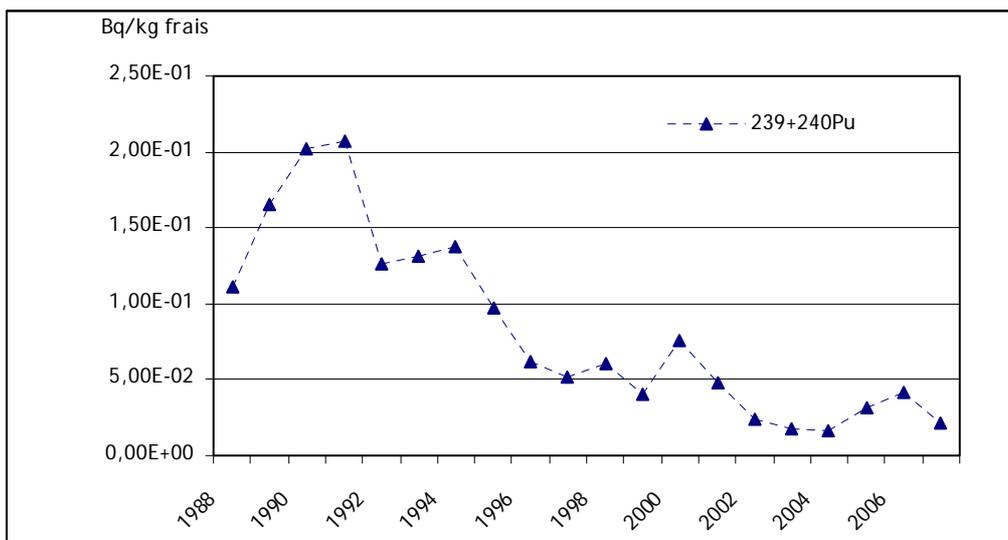


Figure 21 : Concentration annuelle moyenne en $^{239+240}\text{Pu}$ mesurée dans les algues prélevées à l'Anse des Moulinets de 1988 à 2007

VI.7.2.12.2. Cobalt 60, Iode 129

La présence de ces deux radionucléides dans les algues le long du littoral du Cotentin est attribuable en grande partie aux rejets d'effluents liquides du site d'AREVA NC de la Hague, même au niveau de la station de Siouville située à proximité de la centrale nucléaire de Flamanville. En effet, la centrale EDF ne rejette pas d'iode 129 dans ses effluents liquides et l'activité annuelle rejetée en cobalt 60 par la centrale en 2007 est environ 1000 fois inférieure à celle rejetée par le site de la Hague (respectivement de 0,084 GBq et 0,47 TBq).

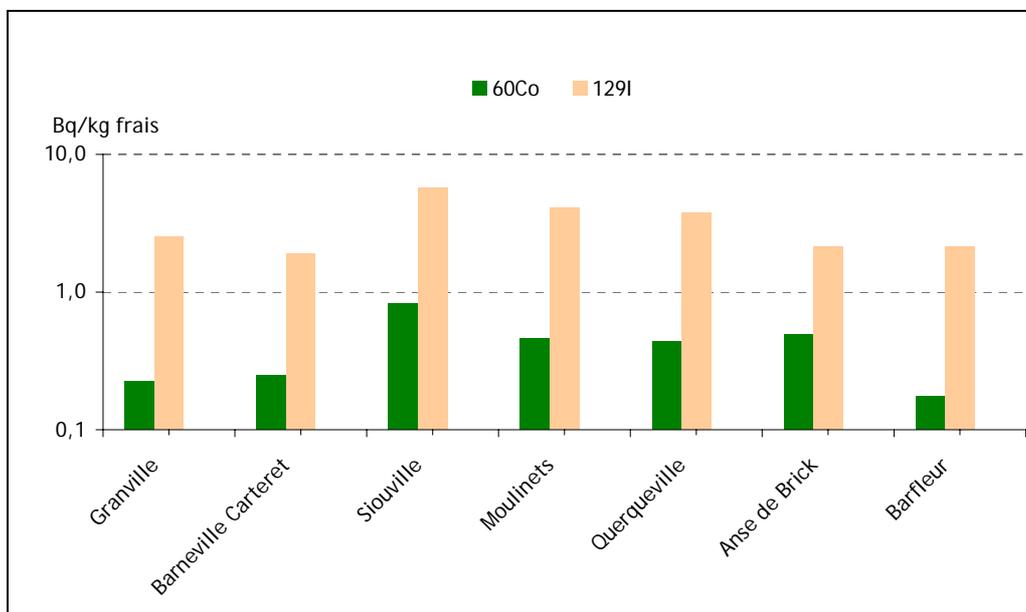


Figure 22 : Activités moyennes annuelles en ^{60}Co et ^{129}I mesurées dans les algues prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin

Les concentrations mesurées en iode 129 dans les algues sont supérieures à celles observées en cobalt 60 d'un facteur 4 à 11 environ selon les stations. Le marquage plus important des algues par l'iode 129 s'explique d'une part, par des niveaux de rejets en mer plus importants, d'autre part, par une biodisponibilité plus élevée de ce radionucléide, en raison notamment de sa forte solubilité dans l'eau de mer.

En 2007, l'activité mesurée dans les algues prélevées le long du littoral ne présente pas une réduction notable des concentrations observées en fonction de l'éloignement du point de rejet (Anse des Moulinets).

Il convient de remarquer qu'au cours des 15 dernières années, les niveaux mesurés dans les algues, corrélés à l'évolution des rejets liquides des installations AREVA NC de la Hague, ont fortement diminué, en particulier pour le cobalt 60 (Figure 23).

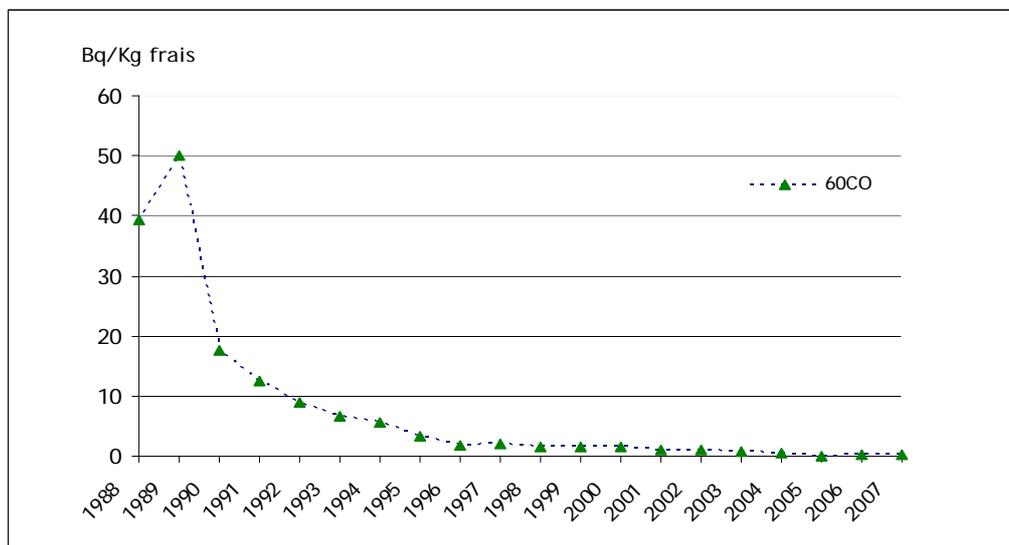


Figure 23 : Concentration moyenne annuelle en ⁶⁰Co dans les algues prélevées à l'Anse des Moulinets

VI.7.2.12.3. Carbone 14

Le carbone 14 est principalement rejeté dans les effluents liquides du site d'AREVA NC de la Hague et dans une moindre mesure par le CNPE de Flamanville (activité annuelle rejetée en 2007 de 7,08 TBq et de 31,6 GBq respectivement).

Le marquage des algues (*Fucus Serratus*) par le carbone 14 est visible sur l'ensemble des stations de prélèvement du littoral du Cotentin (résultats supérieurs à la valeur de référence hors influence des rejets industriels de l'ordre de 242 Bq/kg de carbone élémentaire).

Les valeurs les plus élevées sont observées à l'Anse des Moulinets qui représente la station la plus influencée par les rejets du site de la Hague (en 2007, la valeur maximale observée est de 662 ± 105 Bq/kg de carbone élémentaire et la moyenne annuelle de 630 Bq/kg de carbone élémentaire). Ces concentrations en carbone 14 supérieures au bruit de fond s'expliquent principalement par les rejets liquides du site d'AREVA NC de la Hague

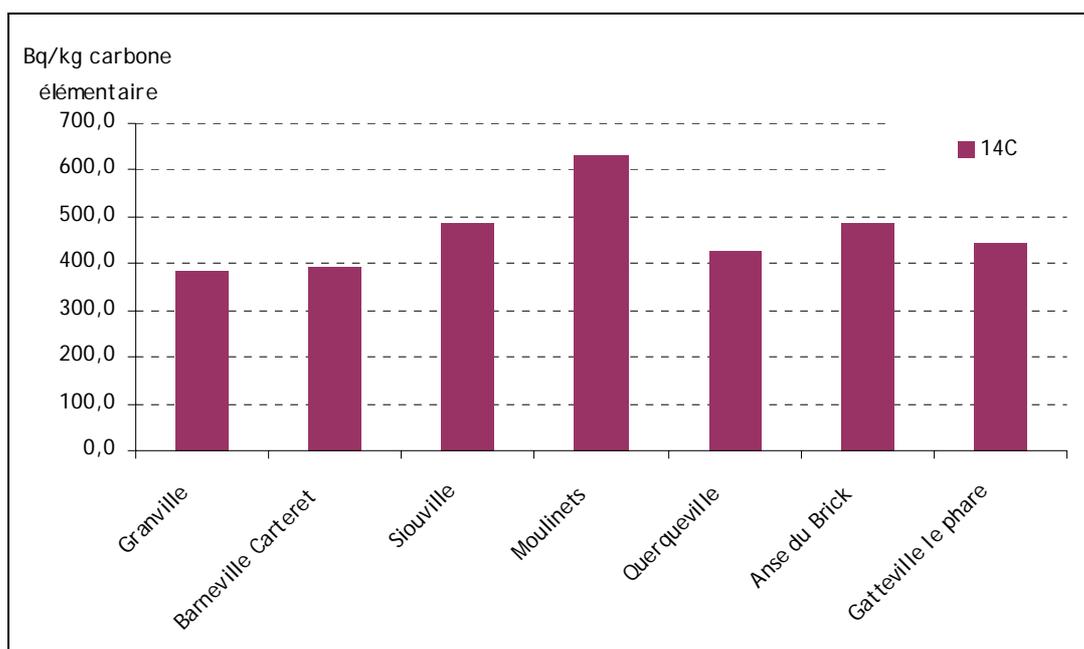


Figure 24 : Activité annuelle moyenne en ¹⁴C mesurée dans les algues prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin

VI.7.2.12.4. Autres radionucléides

Seules les activités supérieures aux limites de détection de nos appareillages sont reportées dans le Tableau 130.

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. Ce radionucléide est présent dans les rejets d'effluents liquides du site AREVA NC de la Hague.

Tableau 130 : Activités moyennes en ¹⁰⁶Ru mesurées dans les algues prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin

			Granville	Barneville-Carteret	Siouville	Moulinets	Querqueville	Anse du Brick	Barfleur
Algues	¹⁰⁶ Ru	Bq/kg frais	-	-	1,1	1,48	-	1,1	-

VI.7.2.13 FAUNE MARINE

Des mollusques « *Patella vulgaris* » sont également prélevés le long du littoral, à un rythme trimestriel, aux stations de prélèvements suivantes : Granville, Barneville-Carteret, Siouville, Anse des Moulinets, Querqueville, Anse du Brick et Barfleur.

Le ⁴⁰K, radionucléide d'origine naturelle, est présent à une concentration moyenne de 34,6 Bq/kg frais dans les patelles prélevées le long du littoral.

Les radionucléides d'origine artificielle mesurés dans les patelles sont le ⁶⁰Co et certains transuraniens.

VI.7.2.13.1. Plutonium 238, Plutonium 239+240, Américium 241

Tous les échantillons de patelles prélevés le long du littoral présentent un léger marquage en transuraniens, avec une contamination légèrement supérieure des mollusques collectés à la

station de l'Anse des Moulinets (zone la plus exposée aux rejets liquides du site AREVA NC de la Hague).

Comme pour les autres espèces surveillées sur le littoral du Cotentin, les concentrations les plus élevées concernent l'américium 241. En 2007, la valeur maximale mesurée pour ce radionucléide sur les échantillons prélevés à l'Anse des Moulinets est de $0,051 \pm 0,009$ Bq/kg frais (moyenne annuelle de 0,041 Bq/kg frais). Le rapport isotopique $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ est de l'ordre de 0,5 pour les stations les plus exposées aux rejets liquides du site de la Hague.

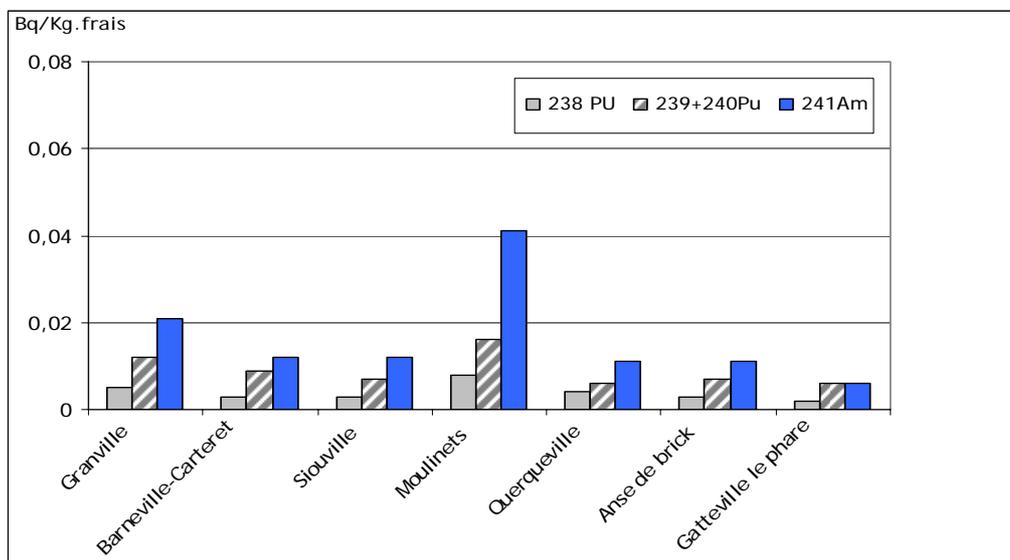


Figure 25 : Activités annuelles moyennes en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les patelles prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin

VI.7.2.13.2. Cobalt 60

Le cobalt 60 est essentiellement présent dans les patelles prélevées aux stations de Siouville, Anse des Moulinets et Querqueville, stations les plus exposées aux rejets liquides du site d'AREVA NC de la Hague. La valeur maximale observée en 2007 à l'Anse des Moulinets est de 0,48 Bq/kg frais. La concentration moyenne calculée en 2007, de 0,26 Bq/kg frais, est égale à celle de 2006.

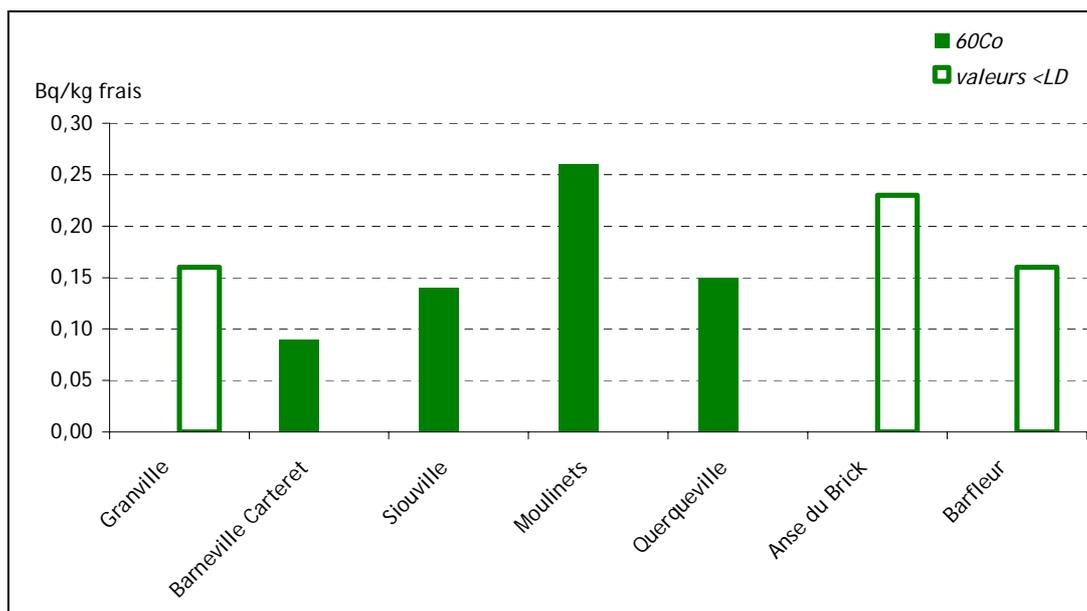


Figure 26 : Activité annuelle moyenne en ^{60}Co mesurée dans les patelles prélevées en 2007 sur le littoral du Cotentin

VI.7.2.13.3. Carbone 14

Le marquage des mollusques par le ^{14}C est principalement mis en évidence à Siouville et à l'Anse des Moulinets (concentrations moyennes en 2007 respectivement de 519 et 542 Bq/kg de carbone élémentaire).

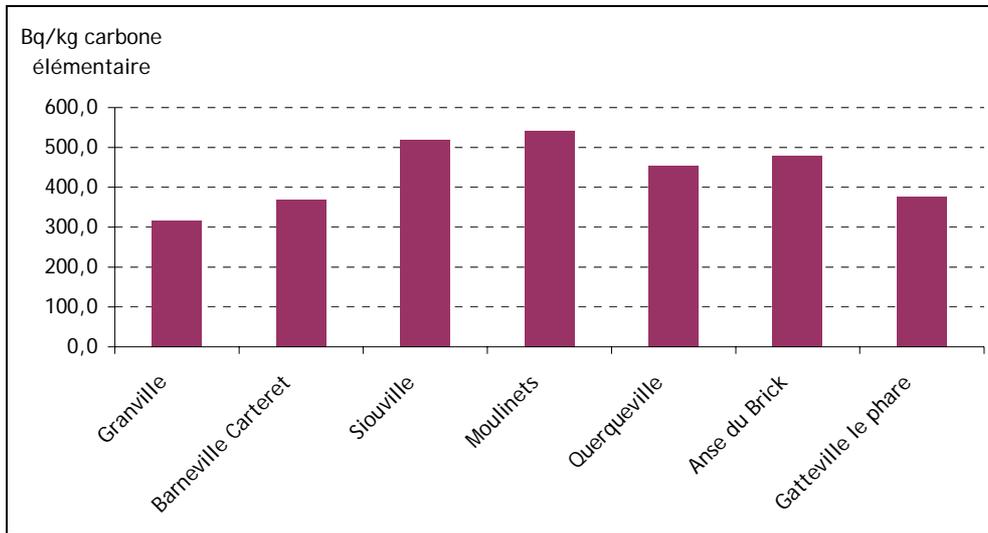


Figure 27 : Activité annuelle moyenne en ^{14}C mesurée dans les patelles prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin

VI.8. 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 derniers 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 ».

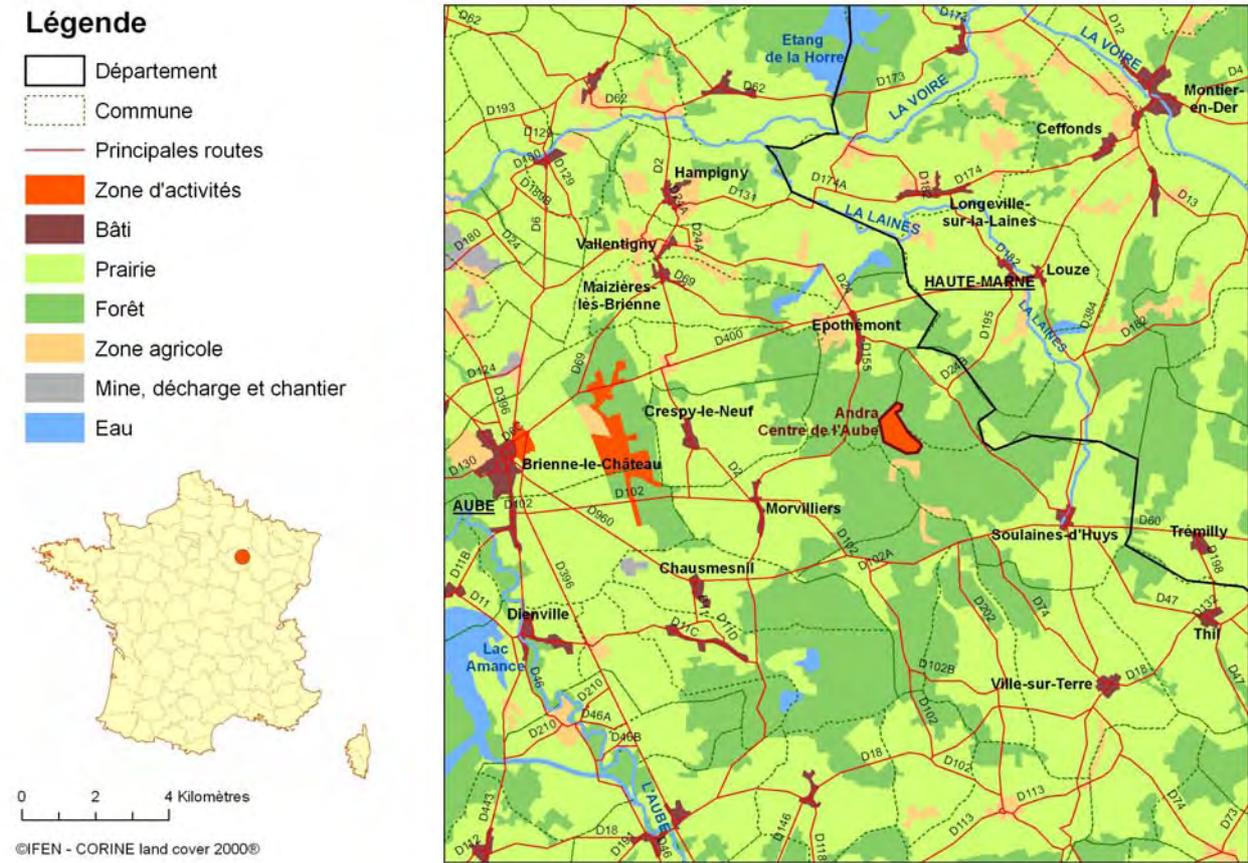
Les sites de l'ANDRA sont soumis soit à la réglementation applicable aux INB, soit à celle relative aux ICPE. Une surveillance réglementaire de l'environnement des sites est donc imposée à l'ANDRA. Pendant toute la durée d'exploitation des centres, l'ANDRA assure une surveillance des sites et de leur 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'absence d'impact sanitaire 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.8.1 CENTRE DE STOCKAGE DE LA MANCHE (50)

Voir les résultats de la surveillance de l'usine AREVA NC de retraitement du combustible de la Hague au paragraphe VI.7.2.

VI.8.2 CENTRE DE STOCKAGE DE SOULAINES (10)



Carte 39 : Implantation du centre de stockage de l'Aube

VI.8.2.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téliéray 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.8.2.2 EAUX USEES ET EAUX DU RESEAU DE COLLECTE DES EAUX PLUVIALES

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 131 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le bassin collecteur du centre de l'Aube - ANDRA (W 96 SOU)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (⁶⁰ Co, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	Bq/l	-	< 0,10	-	0/33
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, ²⁴¹ Am	Bq/l	-	< 0,0043	-	0/33
Eau filtrée	³ H	Bq/l	< 9,0	< 10,0	-	0/11
	β global	Bq/l	0,13 ± 0,9	0,23 ± 1,1	0,17	10/11
	α global	Bq/l	< 0,023	0,046 ± 0,012	-	5/11
	K	mg/l	3,6 ± 0,2	6,1 ± 0,3	5,0	11/11

* 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.8.2.3 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.

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



Carte 40 : Implantation des centres de recherche et des bases navales nucléaires

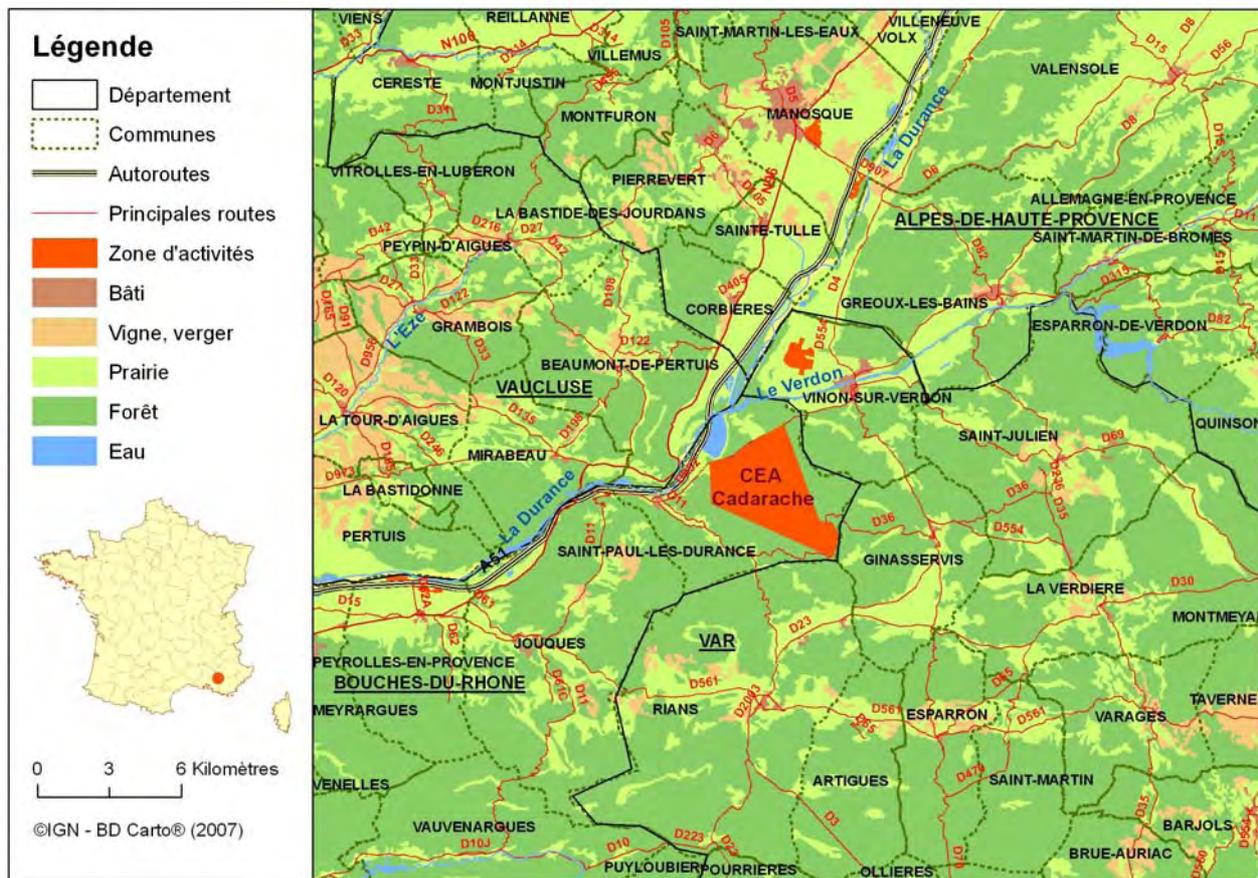
VII.1. LES CENTRES DE RECHERCHE

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, laits, sédiments, céréales, eaux de surface en amont et en aval).



Carte 41 : Implantation du CEA de Cadarache

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 avril et novembre 2007 n'ont mis en évidence aucune activité anormale (Tableau 132, Tableau 133).

Tableau 132 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans la Durance en amont du centre CEA de Cadarache (R0 63 DUM)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,11	-	0/3
	α global		0,030 \pm 0,010	0,043 \pm 0,012	0,034	3/3
	K	mg/l	1,6 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1	1,6	3/3

Tableau 133 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache (R4 63 DUV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,11	-	0/3
	α global		< 0,03	0,10 \pm 0,02	-	1/3
	K	mg/l	1,5 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1	1,6	3/3
Eau brute	$^{134}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}$	Bq/l	< 0,10	< 0,31	-	0/3
	^{238}Pu		< 0,0019	< 0,0049	-	0/3
	$^{239+240}\text{Pu}$		< 0,0008	< 0,0017	-	0/3
	^{90}Sr		< 0,023	< 0,036	-	0/3

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 134).

Tableau 134 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache (R6 63 DUV)

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,09	< 0,13	-	0/12
	α global		< 0,028	0,034 \pm 0,011	-	2/12
	^3H		< 9,0	< 9,8	-	0/12
	K	mg/l	1,2 \pm 0,1	1,8 \pm 0,1	1,4	12/12
Eau brute	$^{134}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}$	Bq/l	< 0,056	< 0,110	-	0/24
	^{238}Pu		< 0,0016	< 0,0066	-	0/12
	$^{239+240}\text{Pu}$		< 0,0009	< 0,0025	-	0/12
	^{90}Sr		< 0,008	< 0,012	-	0/2

* 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 prélèvements trimestriels de sédiment sont réalisés dans la Durance, à Saint-Paul-Lez-Durance, à 400 m en aval du point de rejets d'effluents liquides du CEN de Cadarache (Tableau 135).

Parmi les radionucléides d'origine artificielle recherchés, seules des traces de césium 137 sont détectées dans les 4 prélèvements effectués en 2007. Les concentrations mesurées sont du même ordre de grandeur que celles observées en 2006 (moyenne annuelle en 2007 égale à 3 Bq/kg sec). Compte tenu des bas niveaux de césium 137 rejetés dans les effluents liquides du site de Cadarache (<10 Bq/l dans les effluents avant rejet en 2007), la présence de ce radionucléide dans les sédiments s'explique davantage par une pollution rémanente due aux retombées atmosphériques de Tchernobyl (marquage très net entre 1986 et 1992, puis obtention d'un palier autour de 5 Bq/kg sec). Les résultats de mesures des autres radionucléides sont tous restés inférieurs aux limites de détection, même pour l'américium 241 dont des traces étaient décelables en 2006.

Tableau 135 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache

			Min.	Max.	Moyenne	*
Sédiments	⁴⁰ K	Bq/kg sec	341,06 ± 26,59	402,42 ± 32,79	365,87	4/4
	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	2,67 ± 0,50	3,63 ± 0,68	3,00	4/4
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	< 0,15	< 0,2	-	0/4
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,07	< 0,14	-	0/4
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	< 0,1	< 0,11	-	0/4
	Autres émetteurs gamma (¹³⁴ Cs, ⁶⁰ Co, ⁵⁴ Mn, ¹³¹ I, ...)	Bq/kg sec	< 0,6	< 5	-	0/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VII.1.1.4 LAIT

Des prélèvements mensuels de lait de chèvre sont effectués dans une ferme située dans la commune de Rians. Les principaux résultats sont présentés dans le **Tableau 136** ci-après.

Parmi les radionucléides d'origine artificielle recherchés, des traces de strontium 90 (méthode Sr + TR) sont mesurées sur 4 des 12 échantillons analysés (valeur maximale observée en 2007 de $0,19 \pm 0,04$ Bq/l). La composition des rejets gazeux ne justifie pas la présence de ce radionucléide dans le compartiment terrestre. Aussi, celle-ci peut être imputable aux retombées atmosphériques passées (essais militaires, Tchernobyl). Les niveaux observés sont d'ailleurs comparables aux niveaux de strontium 90 obtenus pour des échantillons de lait provenant de stations de référence non soumises à des rejets d'installations nucléaires.

Tableau 136 : Résultats d'analyse du lait de chèvre prélevé en 2007 dans l'environnement du centre de Cadarache

			Min.	Max.	Moyenne
Lait	⁴⁰ K	Bq/l	40,11 ± 5,45	55,88 ± 6,72	51,16
	K	mg/l	1,29 ± 0,17	1,80 ± 0,21	1,65
	⁹⁰ Sr	Bq/l	0,14 ± 0,04	0,19 ± 0,04	-
	¹³¹ I	Bq/l	< 0,28	< 3,6	-
	¹³⁷ Cs	Bq/l	< 0,18	< 0,24	-
	¹³⁴ Cs	Bq/l	< 0,2	< 0,27	-
	³ H	Bq/l	-	< 20	-

VII.1.1.4.1. Céréales

Des prélèvements de blé provenant de la commune de Ginasservis sont effectués lors de la récolte annuelle.

La concentration mesurée en potassium 40, radionucléide d'origine tellurique, est de $149,2 \pm 16$ Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à $4,81 \pm 0,6$ g/kg frais). Cette valeur est légèrement supérieure aux résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Rhône Alpes » (120 ± 14 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

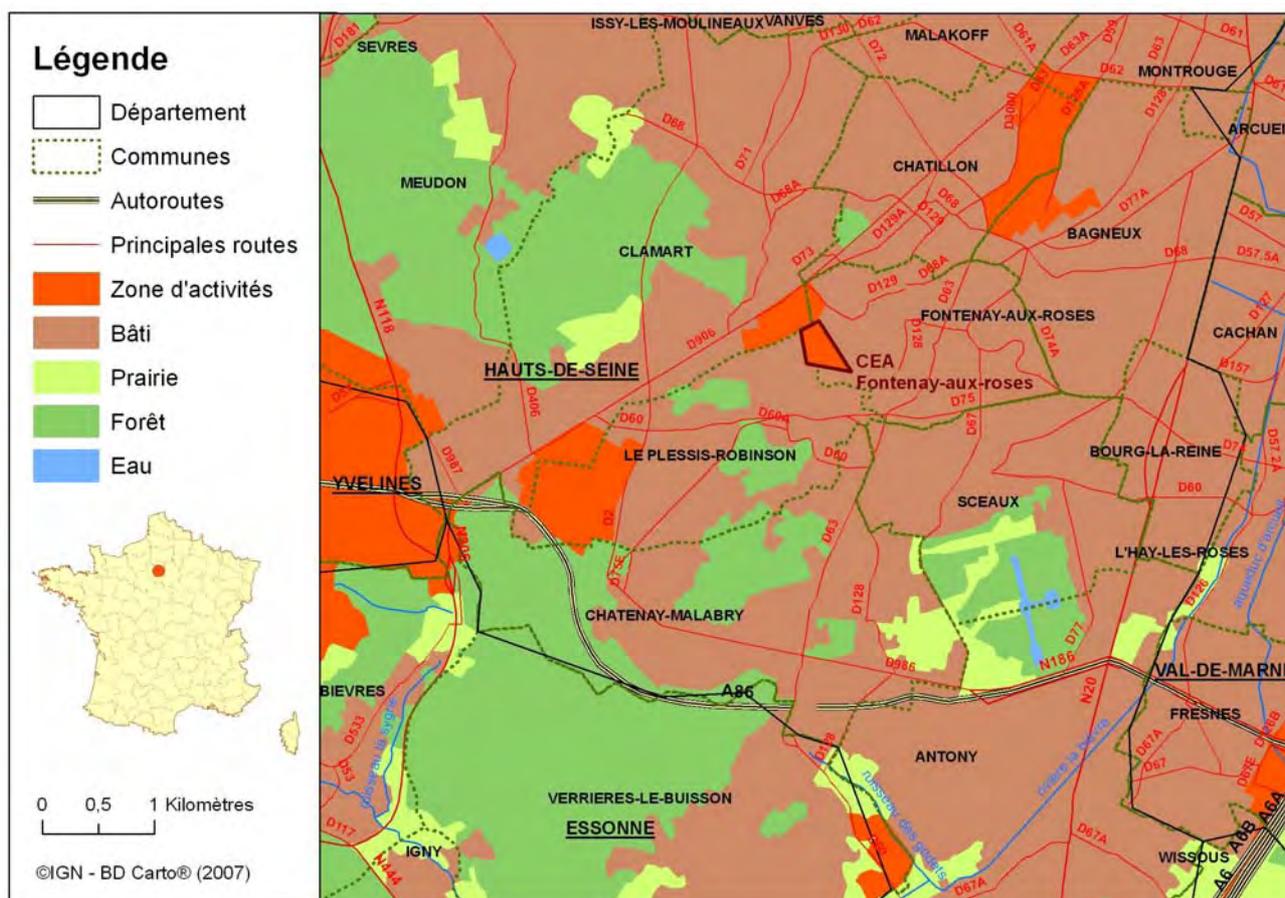
Les concentrations des émetteurs gamma (d'origine artificielle), hors potassium 40, sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD=5,3$ Bq/kg frais) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD=1,4$ Bq/kg frais) ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ($LD=0,8$ Bq/kg frais) ; ^{134}Cs ($LD=0,7$ Bq/kg frais), ^{137}Cs ($LD=0,6$ Bq/kg frais) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD=0,7$ Bq/kg frais) ; ^7Be ($LD=4,8$ Bq/kg frais).

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.



Carte 42 : Implantation du CEA de Fontenay-aux-Roses

La surveillance de ce centre d'étude porte sur les aérosols, les eaux de pluies et la dosimétrie environnementale (DTL et Téléry).

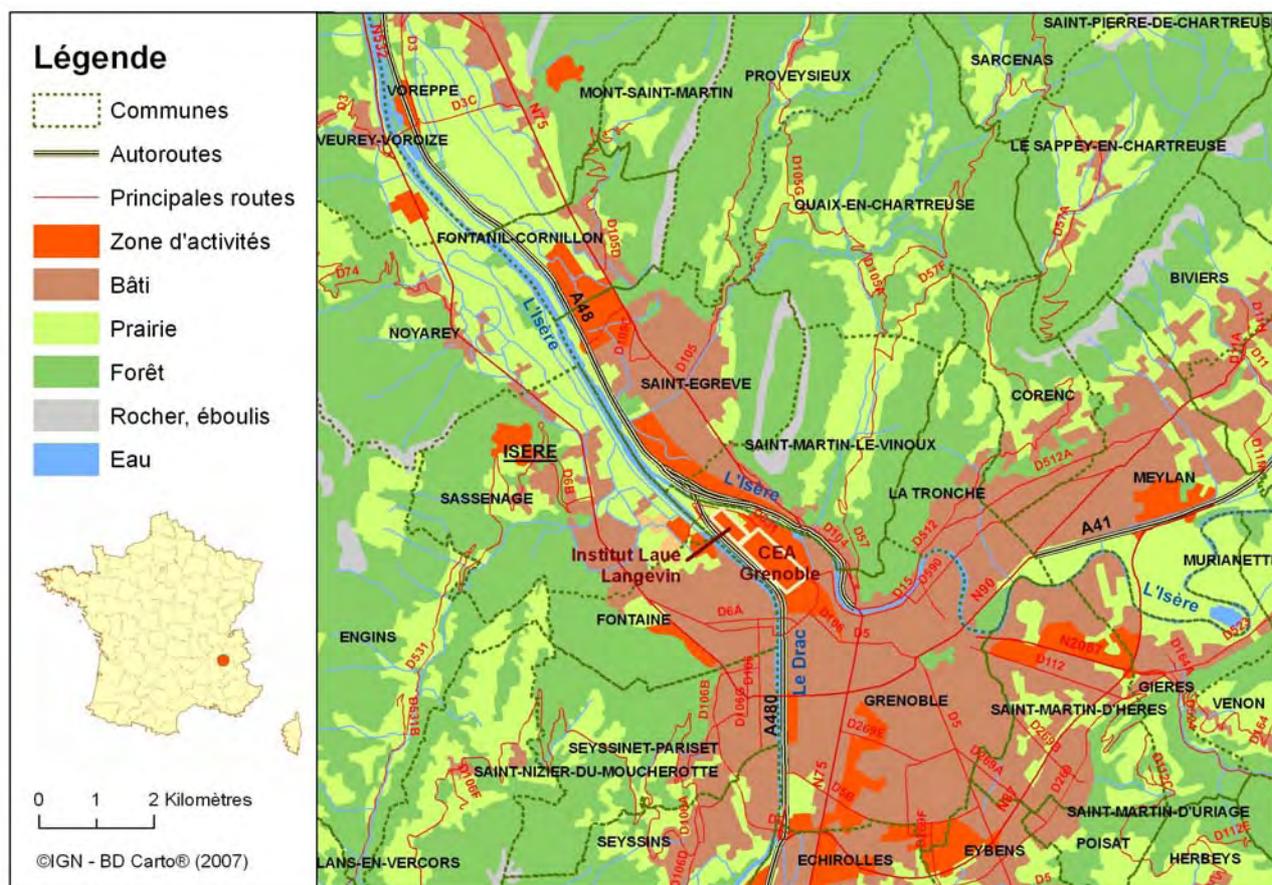
Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléry implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe IX.1).

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 et les sédiments.



Carte 43 : Implantation du CEA de Grenoble

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 137 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans l'Isère (R2 77 ISM), en amont du CEA de Grenoble

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,14	-	0/12
	α global	Bq/l	0,031 \pm 0,010	0,049 \pm 0,014	0,040	4/4
	K	mg/l	< 1,0	1,7 \pm 0,1	1,4	8/12

Tableau 138 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans l'Isère (R4 77 ISV), en aval du CEA de Grenoble

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,12	-	0/12
	α global	Bq/l	0,036 \pm 0,011	0,047 \pm 0,014	0,041	4/4
	K	mg/l	< 1,0	1,8 \pm 0,1	1,4	8/12

Tableau 139 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le Drac (R3 77 DRV), en aval de l'ILL et du CEA de Grenoble

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau filtrée	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,13	-	0/12
	K	mg/l	< 1,0	1,2 \pm 0,1	-	3/12

VII.1.3.3 SEDIMENTS

Des prélèvements trimestriels de sédiment sont réalisés dans l'Isère au niveau du barrage de Saint-Egrève. Les valeurs significatives sont reportées dans le **Tableau 140**.

Tableau 140 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans l'Isère en aval du CEA de Grenoble

			Min.	Max.	Moyenne	*
Sédiment	^{137}Cs	Bq/kg sec	4,62 \pm 0,74	6,73 \pm 0,83	5,70	4/4
	^{40}K	Bq/kg sec	634,30 \pm 28,67	646,39 \pm 47,20	640,15	4/4
	^7Be	Bq/kg sec	19,39 \pm 4,49	69,79 \pm 7,01	35,88	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Le césium 137 est décelable sur l'ensemble des prélèvements, à des niveaux comparables à ceux mesurés dans le Rhône hors influence des rejets des installations nucléaires (paragraphe VI.6.3). Sa présence dans l'Isère en aval du CEN de Grenoble est donc principalement liée aux retombées atmosphériques passées (accident de Tchernobyl). Contrairement à l'année 2006, aucune activité significative n'a été relevée en plutonium 239+240.

Les radionucléides d'origine artificielle, liés aux activités du CEA de Grenoble, n'ont présenté aucune valeur anormale dans les sédiments (résultats inférieurs aux limites de détection indiquées ci-après).

NB : Radionucléides mesurés dans les sédiments en aval du CEN de Grenoble : ^{241}Am ($LD \approx 0,2-0,4$ Bq/kg sec) ; ^{238}Pu ($LD \approx 0,07-0,24$ Bq/kg sec) ; $^{239+240}\text{Pu}$ ($LD \approx 0,16-0,24$ Bq/kg sec) ; ^{106}Ru ($LD \approx 7$ Bq/kg sec) ; ^{131}I (1,7-2,6 Bq/kg sec) ; Autres émetteurs gamma ($LD \approx 1$ Bq/kg sec).

VII.1.4 CEA - CENTRE DE VALRHÔ - 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 Valrhô sont consultables aux paragraphes VI.5.2 et VI.7.1.

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, lait de ferme, céréales, prélevés sous les vents dominants, eaux de surface et sédiments dans le milieu récepteur des effluents liquides) à laquelle sont ajoutées les eaux souterraines).

VII.1.5.1 COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

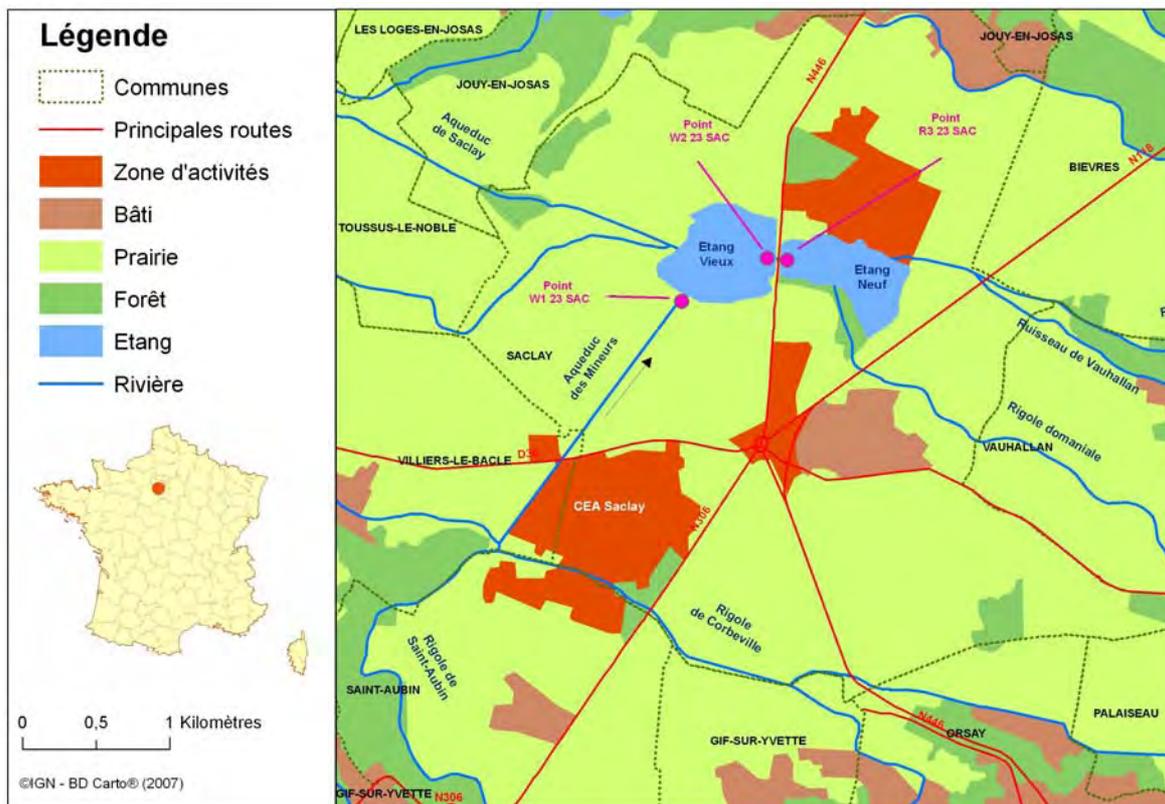
Aucune activité gamma ambiante anormale n'a été enregistrée par les dosimètres thermoluminescents environnants ou par la balise Téléray implantée sous les vents dominants de l'installation (voir données au paragraphe IX.1).

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).

Un collecteur d'eau de pluie est présent sur le site. Au cours de l'année 2007, aucune activité significative n'a été détectée, hormis une activité de 18 Bq/l en tritium au mois de février. 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 44 : Implantation 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 dans l'étang neuf (Figure 28). Elles sont comprises entre 10 et 77 Bq/l, sauf au mois de février 2007 dans l'aqueduc des Mineurs, où une valeur de 670 Bq/l a été détectée (chapitre V).

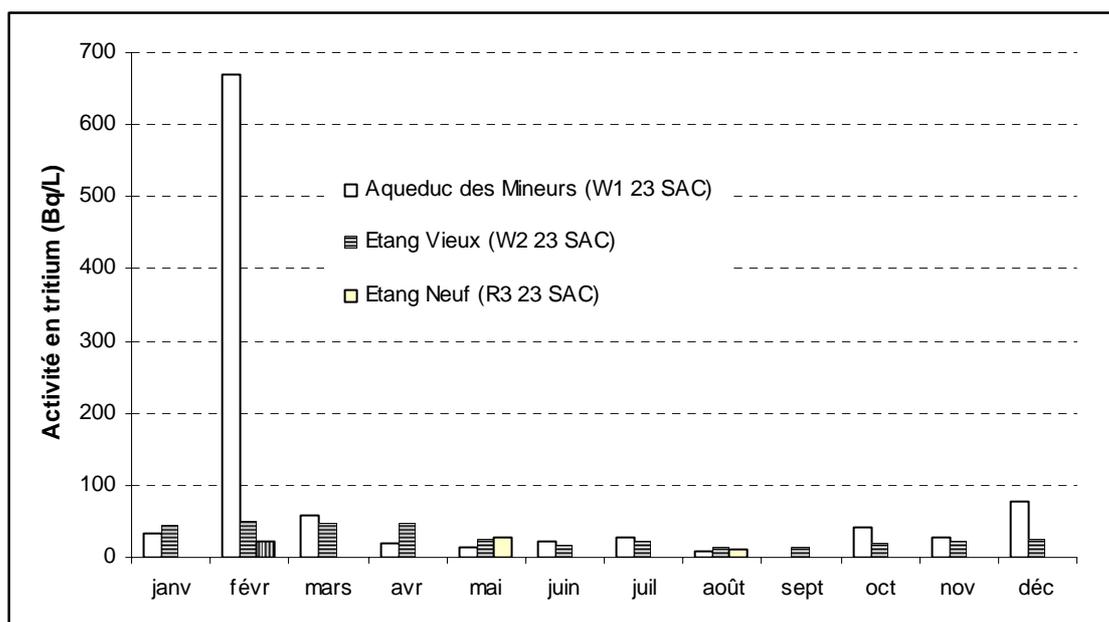


Figure 28 : Activité en ^3H mesurée en 2007 dans les eaux de surface en aval hydraulique du CEN de Saclay

En 2007, comme 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'Étang Vieux (**Tableau 141**). À ce sujet, le CEA a déclaré avoir procédé en 2007 à des rejets fractionnés de plusieurs cuves d'effluents ayant des activités en strontium 90 comprises entre 0,2 et 9 Bq/l. Près de 50% de l'activité annuelle en ⁹⁰Sr contenue dans ces cuves ont été rejetés au cours du mois de janvier 2007, soit un total de 0,24 MBq.

Tableau 141 : Résultats d'analyse du strontium 90 dans les eaux prélevées en 2007 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)
24/01/2007	0,0120 ± 0,0014	< 0,094
23/02/2007	0,0120 ± 0,0013	0,0067 ± 0,0014
15/03/2007	< 0,0064	< 0,0100
25/04/2007	0,0081 ± 0,0014	0,0086 ± 0,0015
25/05/2007	< 0,0100	0,0130 ± 0,0015
20/06/2007	0,0083 ± 0,0014	0,0095 ± 0,0015
23/07/2007	< 0,0082	< 0,0079
24/08/2007	< 0,0083	< 0,0090
28/09/2007	-	< 0,0081
30/10/2007	< 0,0080	< 0,0079
29/11/2007	< 0,088	< 0,0090
20/12/2007	< 0,076	< 0,0076

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 n'a été mise en évidence au-dessus de nos limites de détection.

VII.1.5.3 SEDIMENTS

Des prélèvements trimestriels de sédiments sont réalisés dans l'étang Vieux, milieu récepteur des rejets liquides du centre de Saclay.

Le **Tableau 142** présente les valeurs significatives observées en 2007.

Tableau 142 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 l'étang Vieux à Saclay

			Min.	Max.	Moyenne	*
Sédiment	⁴⁰ K	Bq/kg sec	303,25 ± 26,24	525,11 ± 38,69	431,73	4/4
	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	1,84 ± 0,47	42,73 ± 3,39	27,33	4/4
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	< 0,9	0,90 ± 0,34	-	1/4
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	1,39 ± 0,23	3,20 ± 0,35	2,29	2/4
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	< 0,15	0,31 ± 0,11	-	1/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Pour ce qui concerne les radionucléides d'origine artificielle, on observe un marquage rémanent des sédiments par le césium 137 (moyenne annuelle en 2007 de 27,3 Bq/kg sec), le cobalt 60 (trace de l'ordre de 0,9 Bq/kg sec) et le plutonium 239+240 (moyenne annuelle de 2,29 Bq/kg sec). Ces radionucléides ne sont plus rejetés en quantité significative dans les effluents liquides du site de Saclay. En revanche, les chroniques de concentrations présentées ci-après (Figure 29, Figure 30 et Figure 31) montrent que le marquage observé est imputable en partie aux rejets d'effluents liquides passés du site. Suite au pic de pollution observé en 1990, la concentration moyenne annuelle de ces radionucléides a fortement décru (réduction d'un facteur 100 depuis 1990 pour le césium 137).

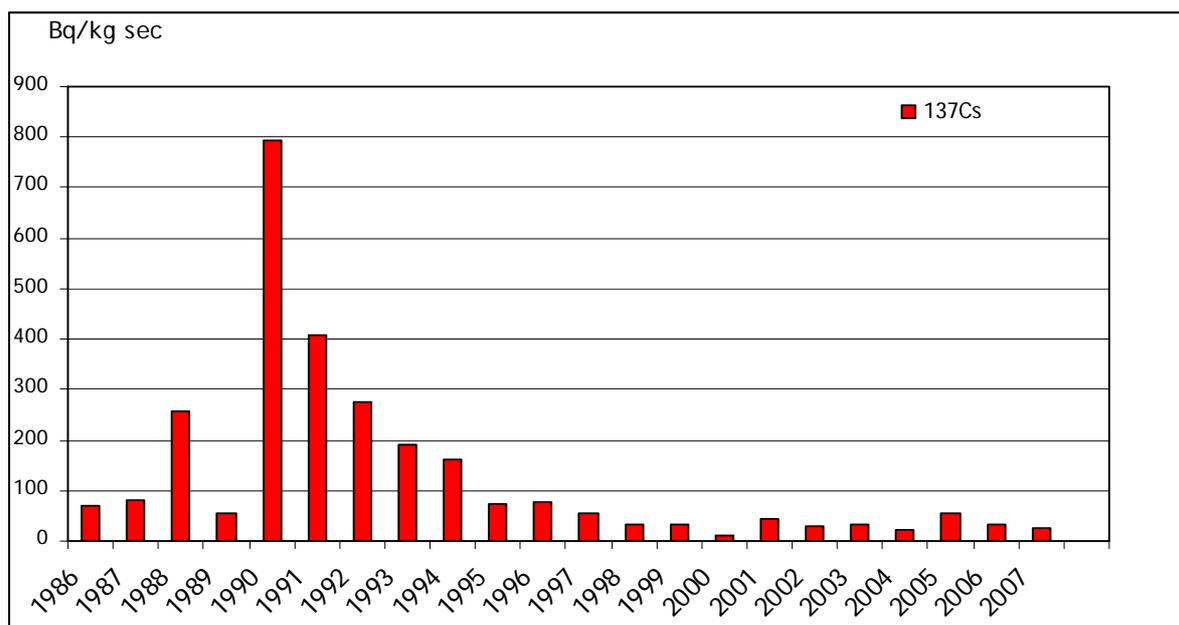


Figure 29 : Activité massique moyenne annuelle mesurée en ¹³⁷Cs dans les sédiments prélevés dans l'Etang Vieux

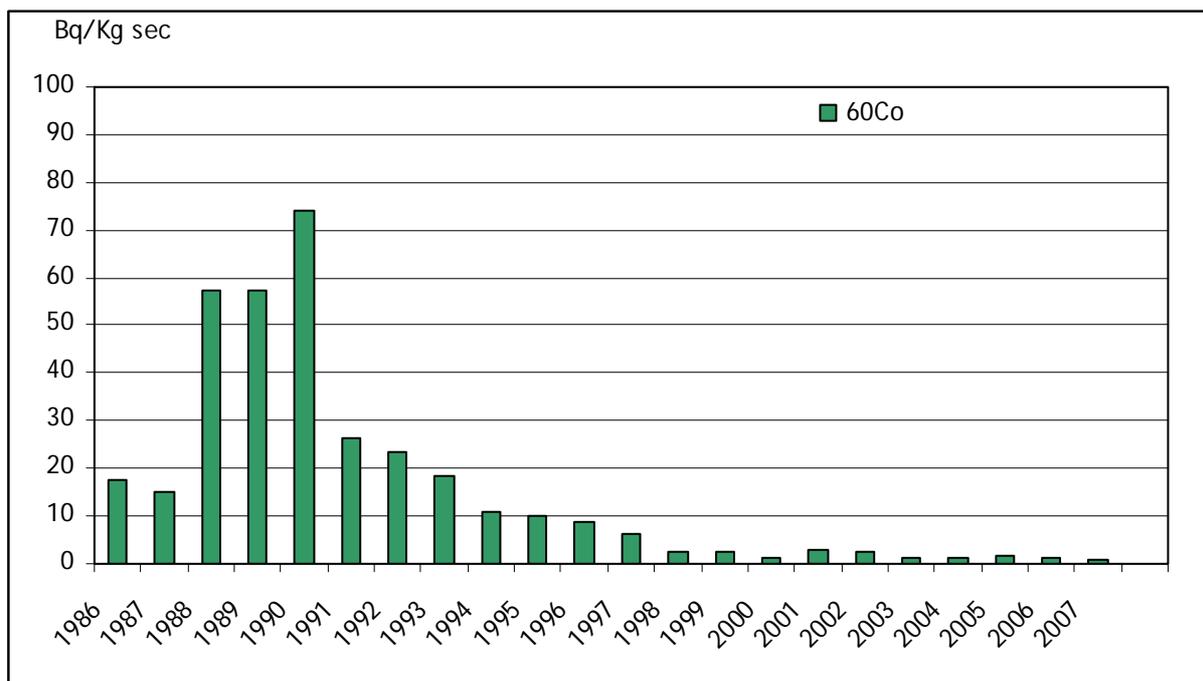


Figure 30 : Activité massique moyenne annuelle mesurée en ^{137}Cs dans les sédiments prélevés dans l'Etang Vieux

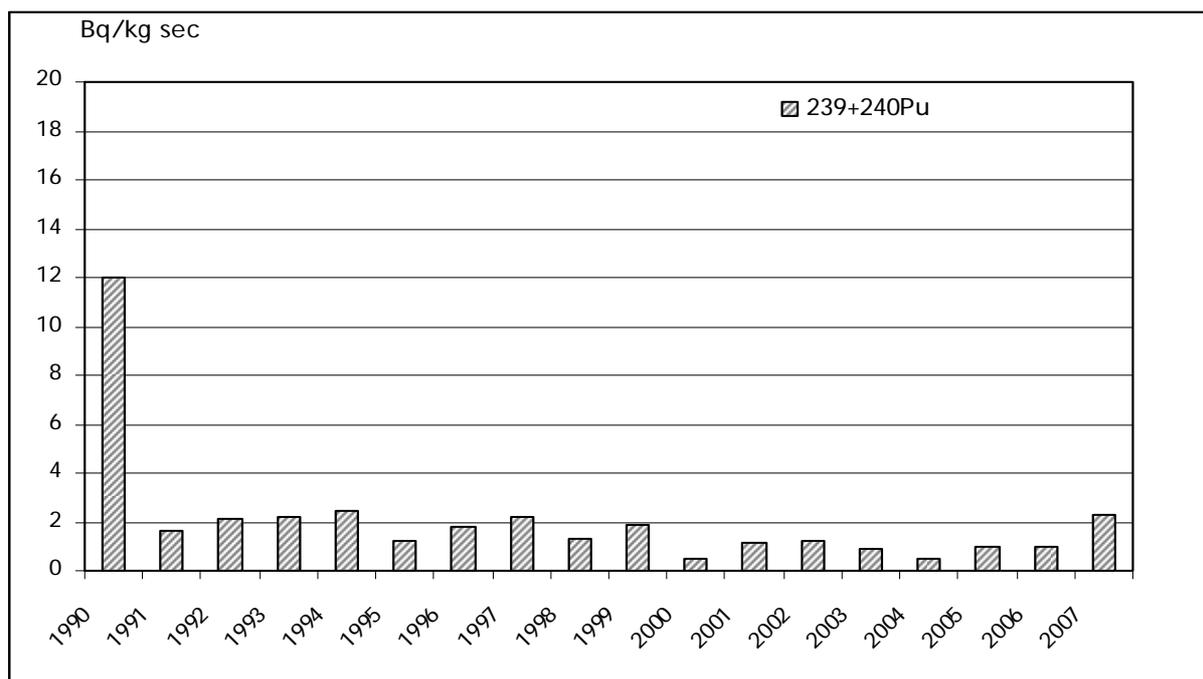


Figure 31 : Activité massique moyenne annuelle mesurée en $^{239+240}\text{Pu}$ mesurée dans les sédiments de l'Etang Vieux

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 2007 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 143).

Tableau 143 : 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	³ H	Bq/l	135 ± 10	84 ± 7	110 ± 8
	U pondéral	(µg/l)	0,76 ± 0,15	0,46 ± 0,09	0,24 ± 0,05
	α global	Bq/l	0,062 ± 0,014	0,160 ± 0,030	0,065 ± 0,017
	β global	Bq/l	0,35 ± 0,05	0,14 ± 0,04	0,16 ± 0,04
	K	mg/l	2,9 ± 0,1	1,2 ± 0,1	2,2 ± 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

Des prélèvements mensuels de lait de vache sont effectués dans une ferme de la commune de Jouy-en-Josas. Les principaux résultats sont présentés dans le **Tableau 144**.

Tableau 144 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CEN de Saclay

		Min.	Max.	Moyenne	
Lait	⁴⁰ K	Bq/l	44,0 ± 5,5	57,5 ± 10,9	50,8
	K	mg/l	1,42 ± 0,17	1,85 ± 0,35	1,64
	⁹⁰ Sr	Bq/l	< 0,07	< 0,13	-
	¹³¹ I	Bq/l	< 0,18	< 0,8	-
	¹³⁷ Cs	Bq/l	< 0,15	< 0,66	-
	¹³⁴ Cs	Bq/l	< 0,18	< 0,73	-
	³ H	Bq/l	-	< 20	-

La radioactivité d'origine naturelle observée dans les échantillons de lait est majoritairement due au ⁴⁰K (moyenne annuelle en 2007 de 50,8 Bq/l). Parmi les radionucléides d'origine artificielle susceptibles d'être rejetés dans les effluents gazeux du site de Saclay et surveillés dans le lait (¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁷Cs, ³H), aucun n'a présenté des activités volumiques supérieures aux limites de détection. La limite de détection du tritium de 20 Bq/l est cependant trop élevée pour confirmer l'absence de ce radionucléide dans les échantillons de lait.

VII.1.5.6 CEREALES

Des prélèvements de blé provenant de la commune de Saclay sont effectués lors de la récolte annuelle.

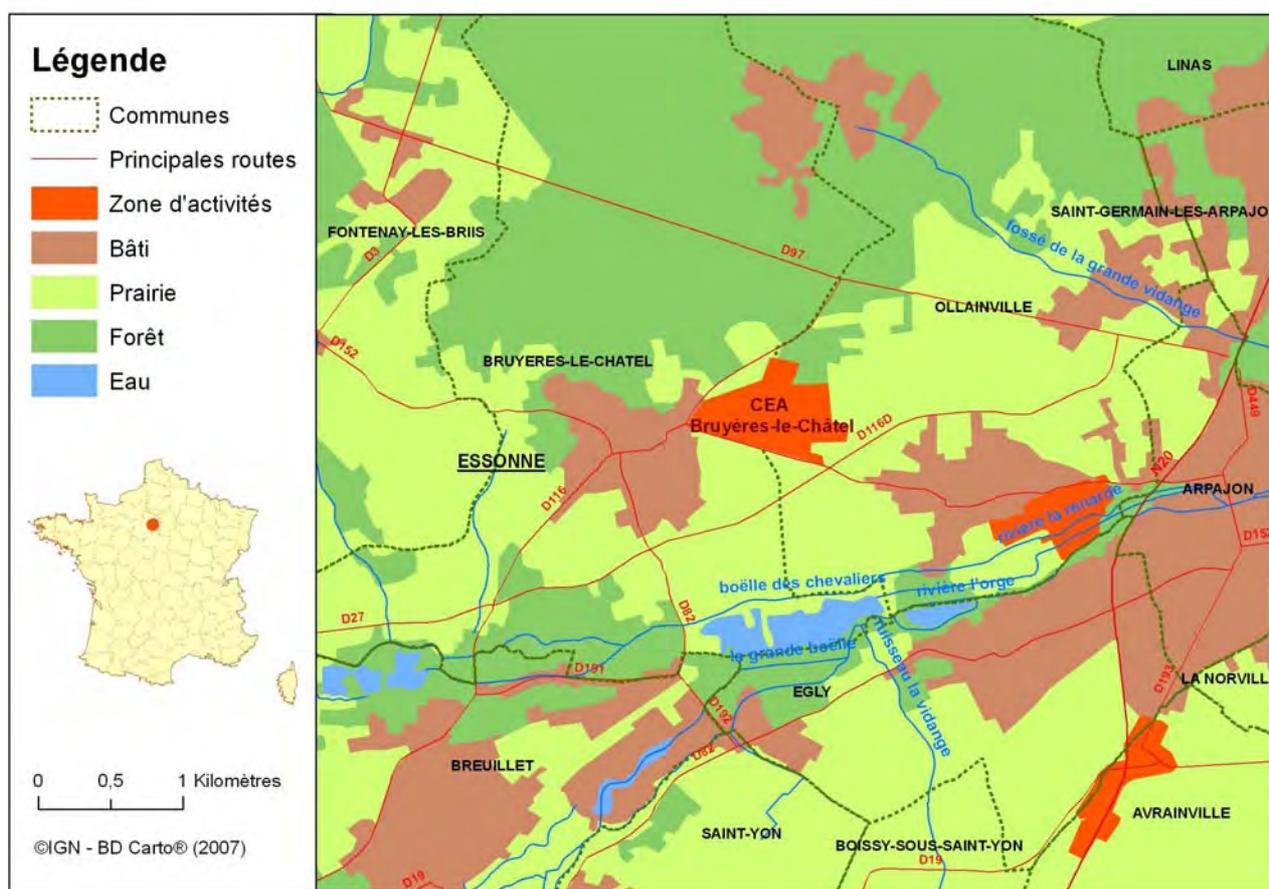
La concentration mesurée en potassium 40, radionucléide d'origine tellurique, est de 95,4 ± 12 Bq/kg frais (avec une concentration de potassium égale à 3,1 ± 0,4 g/kg frais). Cette valeur est inférieure aux résultats obtenus pour les blés collectés dans la région « Ile de France » (120 ± 10 Bq/kg frais) (paragraphe IX.2.2.2).

Les concentrations des émetteurs gamma hors potassium 40 (d'origine artificielle) sont restées inférieures aux limites de détection indiquées ci-après.

NB : les émetteurs gamma hors potassium 40 mesurés dans les céréales sont : ^{106}Ru ($LD \approx 4,8 \text{ Bq.kg frais}$) ; ^{124}Sb , ^{125}Sb ($LD \approx 1,8 \text{ Bq.kg frais}$) ; $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ($LD \approx 0,8 \text{ Bq.kg frais}$) ; ^{134}Cs ($LD \approx 0,7 \text{ Bq.kg frais}$) , ^{137}Cs ($LD \approx 0,6 \text{ Bq.kg frais}$) ; ^{58}Co , ^{60}Co ($LD \approx 0,9 \text{ Bq.kg frais}$) ; ^7Be ($LD \approx 10 \text{ Bq.kg frais}$).

VII.1.6 CEA - CENTRE DE BRUYÈRES-LE-CHÂTEL (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.



Carte 45 : Implantation du CEA de Bruyères-le-Châtel

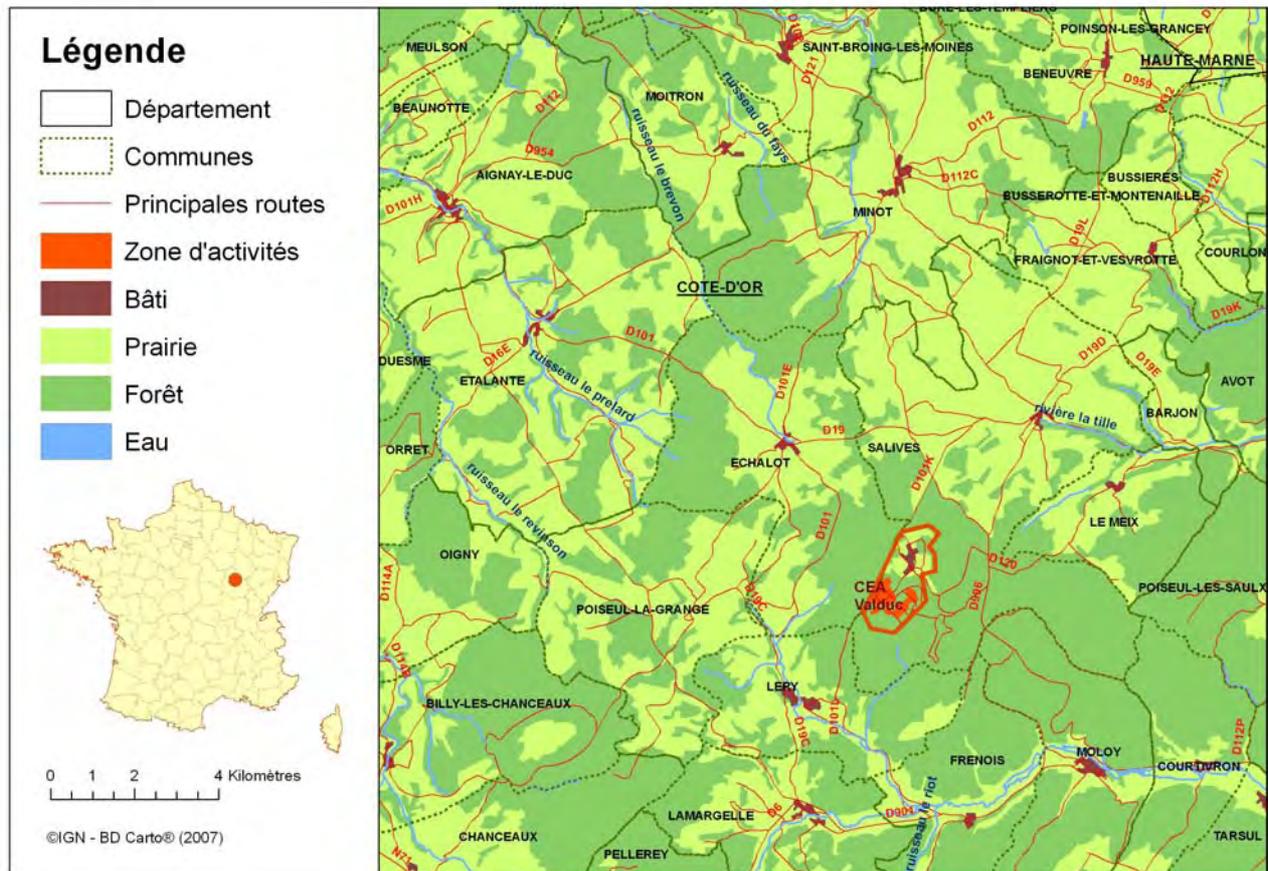
L'environnement du centre de Bruyères-le-Châtel fait l'objet d'une surveillance des eaux de surface prélevées dans la Rémarde à Ollainville (en aval proche du centre) et dans l'Orge à Villemoisson (en aval plus lointain).

Les activités des radionucléides mesurés en 2007 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 (251 TBq rejetés en 2007). 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.



Carte 46 : Implantation du CEA de Valduc

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 32).

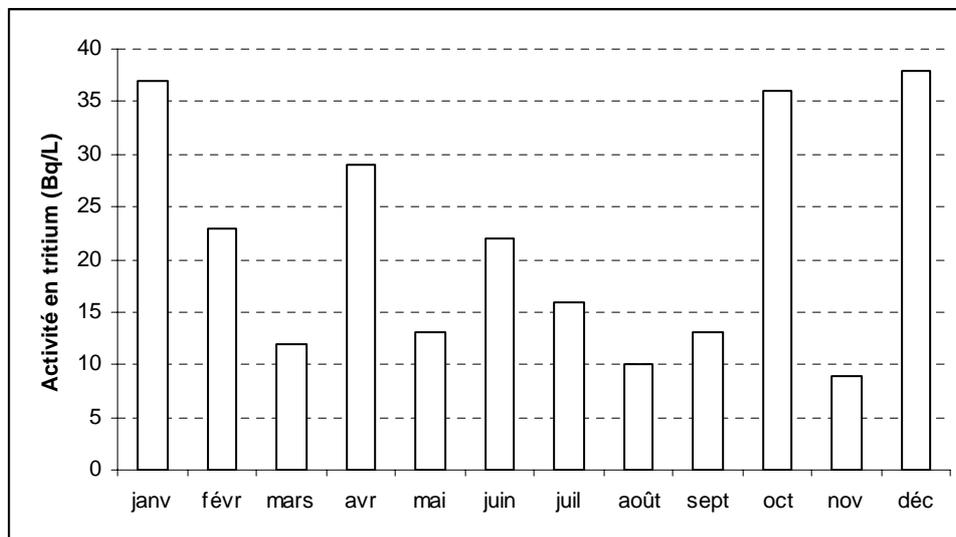


Figure 32 : Activité en ^3H mesurée en 2007 dans les eaux de pluies recueillies à Salives

Ces variations d'activités, comprises entre 10 et 40 Bq/l avec un maximum enregistré au mois de décembre, sont à mettre en relation avec les rejets atmosphériques en tritium de cette installation.

Une recherche des produits de fissions et d'activation (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co 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 (un barboteur) 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.

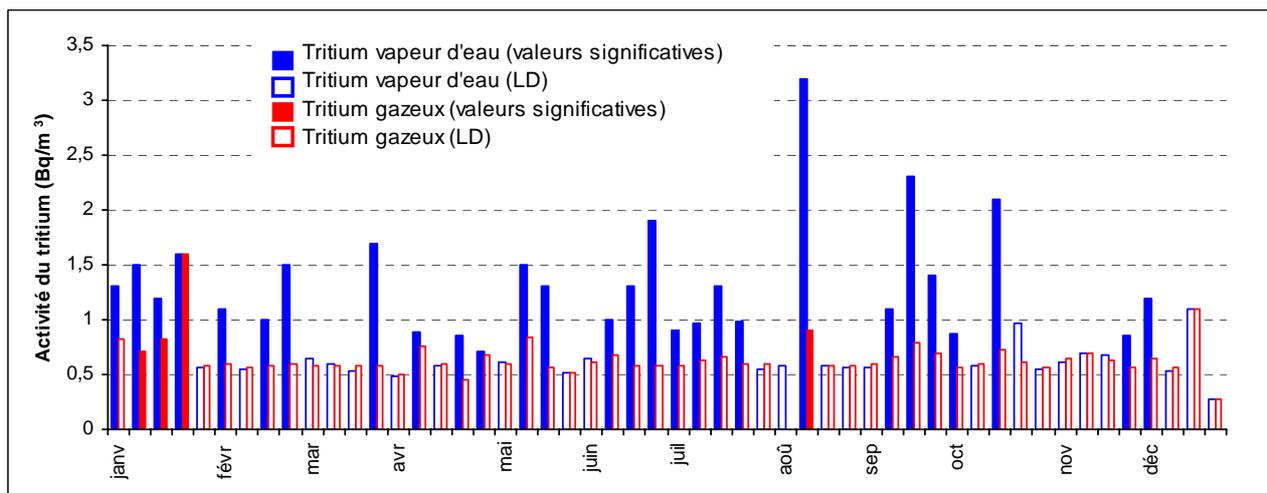


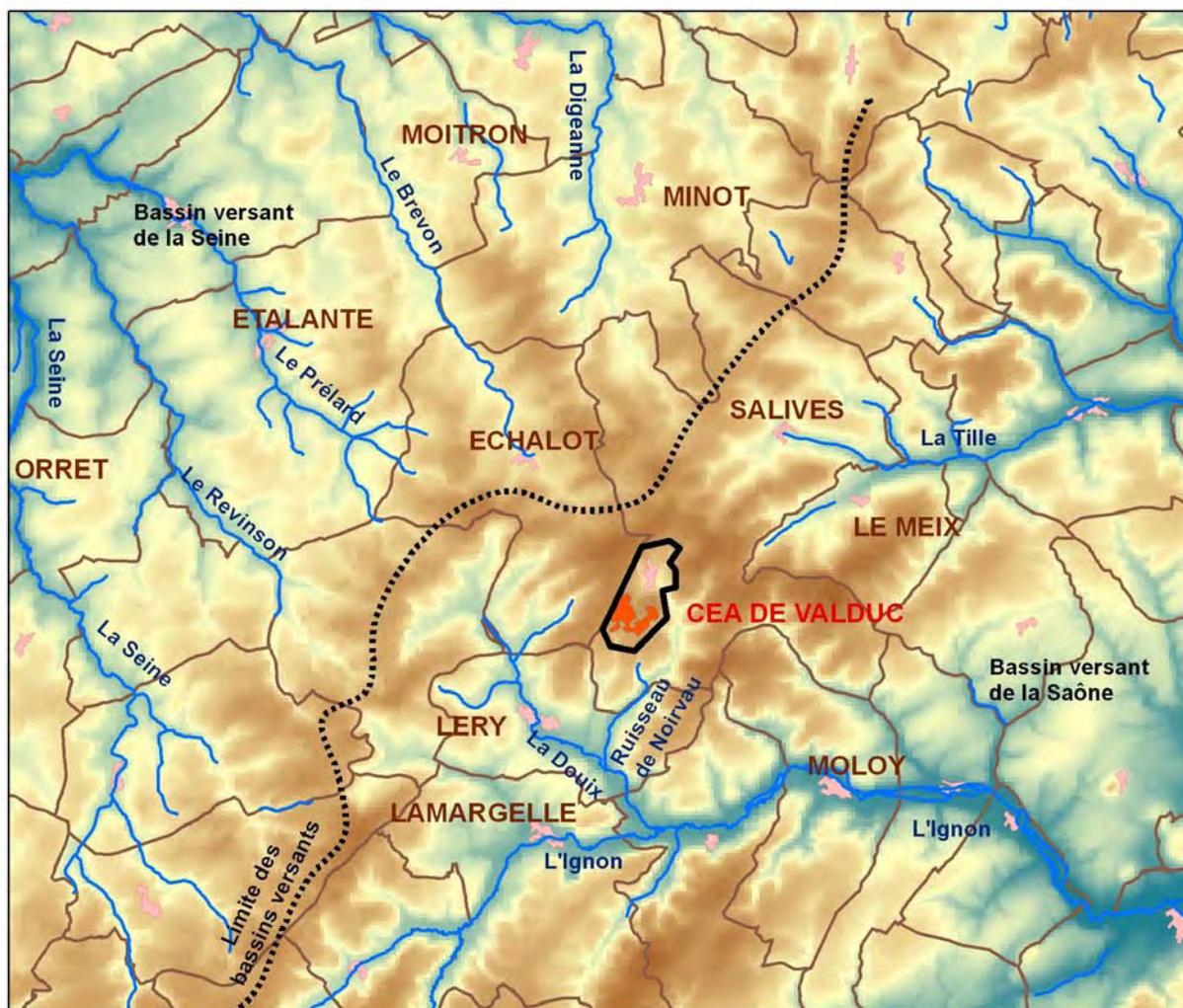
Figure 33 : Activité en ^3H mesurée en 2007 dans l'air autour de Valduc

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 3,2 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 33).

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 2007, seuls les prélèvements du mois d'octobre 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



0 1 2 4 Kilomètres



©IGN - BD Alti® (2007)

Carte 47 : Plan de l'environnement du centre 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 2007 étaient de 19 et 21 Bq/l respectivement ;
- à l'ouest, le Prélard, le Revinson et la Seine font également partie du bassin de la Seine. Les activités en tritium détectées en 2007 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 2007 étaient de 180, 24 et 20 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 2007 était de 40 Bq/l.

Les cours d'eau 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 (24 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 20 Bq/l au niveau de Moly, 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 fontaine publique à Minot (11 Bq/l en tritium), de la source de la ferme la Galopine à Moitron (11 Bq/l en tritium), et enfin de la source Prégélan à Salives (51 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 145).

Tableau 145 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le puits P 612 PRE dans l'environnement du CERN

Eau brute	³ H	Bq/l	< 11,0
	⁷ Be		< 1,7
	²² Na		< 0,15
	K	mg/l	6,2 ± 0,3

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 146 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 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	< 0,12	< 0,19	-	0/36
Eau filtrée	³ H	Bq/l	< 9,0	< 9,6	-	0/12
	α global	Bq/l	0,034 ± 0,008	0,055 ± 0,011	0,043	12/12
	β global	Bq/l	< 0,10	< 0,12	-	0/12
	K	mg/l	< 1,0	1,5 ± 0,1	-	4/12

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Les résultats des eaux prélevées en aval de l'ILL sont indiqués au paragraphe 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 (Tableau 147).

Tableau 147 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 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	-	< 0,047	-	0/12
	^3H	Bq/l	< 9,0	< 11,0	-	0/4
	β global	Bq/l	12,0 \pm 1,2	13,0 \pm 1,3	12,3	4/4
	K	mg/l	430 \pm 20	460 \pm 23	448	4/4

VII.2.1.2 SEDIMENTS MARINS

Des prélèvements trimestriels de sédiments sont effectués au niveau de l'Anse du Fret, située dans la grande rade de Brest. Les résultats significatifs sont présentés ci-après (Tableau 148).

Tableau 148 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans la grande rade de Brest

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Sédiment	^{40}K	Bq/kg sec	304,37 \pm 25,09	376,47 \pm 29,21	340,23	4/4
	^7Be	Bq/kg sec	8,90 \pm 3,86	16,33 \pm 4,39	11,59	3/4
	^{137}Cs	Bq/kg sec	0,99 \pm 0,43	1,26 \pm 0,45	1,14	3/4
	^{90}Sr	Bq/kg sec	< 5,8	< 7	-	-
	Autres émetteurs gamma (^{134}Cs , ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{131}I , ...)	Bq/kg sec	< 0,6	< 5	-	-

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

Parmi les radionucléides d'origine artificielle mesurés, seules des traces de césium 137 sont détectées sur trois des quatre échantillons analysés. Les résultats des autres radionucléides mesurés sont restés inférieurs aux limites de détection.

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. Algues

La radioactivité d'origine naturelle mesurée dans les algues est principalement due au potassium 40 (108,5 \pm 3,9 Bq/kg frais). De faibles concentrations en béryllium 7 sont également mesurées (2,64 \pm 1,2 Bq/kg frais). Les activités des radionucléides d'origine artificielle mesurés (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{58}Co , ^{131}I , ^{106}Ru , ...) sont restées inférieures aux limites de détection (LD \cong 0,2 Bq/kg frais).

VII.2.1.3.2. Mollusques, crustacés et poissons

Aucun des radionucléides d'origine artificielle recherchés (émetteur gamma, strontium 90) n'a été mis en évidence dans les échantillons :

- de moules prélevées à la Pointe de Lanvéoc ;
- d'huîtres prélevées à Logonna Daoulas ;
- de tourteaux provenant de la rade-abri ;
- de poissons (congres) de la rade-abri.

NB : les radionucléides d'origine artificielle contrôlés dans la faune sont : ^{110m}Ag (LD<0,3 Bq/kg frais) ; ^{137}Cs (LD<0,15 Bq/kg frais) ; ^{134}Cs (LD<0,2 Bq/kg frais) ; ^{60}Co (LD<0,2 Bq/kg frais) ; ^{58}Co (LD<0,2 Bq/kg frais) ; ^{124}Sb (LD<0,2 Bq/kg frais) ; ^{106}Ru (LD<1,2 Bq/kg frais) ; ^{90}Sr (LD<0,08 Bq/kg frais)

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, sauf pour le tritium, dont des activités significatives ont été mesurées au cours de 3 des 4 trimestres de l'année 2007 (Tableau 149).

Tableau 149 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 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	-	< 0,038	-	0/12
	^3H	Bq/l	$11,0 \pm 3,4$	$16,0 \pm 3,7$	13,3	3/4
	β global	Bq/l	$10,0 \pm 1,0$	$11,0 \pm 1,1$	10,5	4/4
	K	mg/l	390 ± 20	430 ± 22	408	4/4

Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VII.2.2.2 SEDIMENTS MARINS

Des prélèvements trimestriels de sédiments marins sont effectués à La Saline dans la grande rade de Cherbourg (Tableau 150).

La radioactivité naturelle est majoritairement due au potassium 40 (moyenne annuelle en 2007 de 306 Bq/kg sec. Le marquage observé en émetteurs alpha (^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$) résulte des rejets d'effluents liquides passés et actuels de l'usine de retraitement du combustible du site AREVA la Hague. Aucune autre source de pollution radioactive n'est décelable. Les niveaux observés en 2007 sont comparables à ceux de l'année 2006.

L'impact des rejets d'effluents liquides de la Hague sur le long du littoral du Cotentin est décrit au paragraphe VI.7.2.11.

Tableau 150 : Résultats d'analyses dans les sédiments marins prélevés en 2007 dans la grande rade de Cherbourg

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Sédiment	⁴⁰ K	Bq/kg sec	287,6 ± 22,1	323,5 ± 24,7	306,2	4/4
	⁷ Be	Bq/kg sec	< 4,3	< 6,6	-	-
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	< 0,17	< 0,54	-	-
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,29 ± 0,07	0,40 ± 0,11	0,36	3/4
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	0,43 ± 0,14	0,61 ± 0,20	0,53	-
	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	0,45 ± 0,22	0,58 ± 0,28	0,51	3/4
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	< 0,4	< 0,65	-	-
	¹⁰⁶ Ru	Bq/kg sec	< 3,8	< 5	-	-

*Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VII.2.2.3 FAUNE ET FLORE MARINE

Des prélèvements annuels d'algues, mollusques, crustacés et poissons sont effectués en différents points de la grande rade de Cherbourg.

VII.2.2.3.1. Algues

Les échantillons d'Ulves et de Fucus Serratus prélevés à La Saline sont marqués par des radionucléides d'origine artificielle caractéristiques des rejets d'effluents liquides de l'usine de retraitement du combustible du site de la Hague. Les résultats d'analyse significatifs sont présentés dans le Tableau 151.

Les concentrations relevées dans les échantillons de fucus serratus sont supérieures à celles observées dans les ulves. Les résultats sont comparables à ceux de l'année 2006, excepté pour le carbone 14 dont les concentrations étaient de l'ordre de 560 ± 10 Bq/kg carbone élémentaire pour les deux espèces d'algues. D'une manière générale, les niveaux atteints dans les échantillons d'algues (*fucus serratus*) provenant de la grande rade de Cherbourg restent légèrement inférieurs à ceux mesurés le long du littoral du Cotentin (paragraphe VI.7.2.12).

Tableau 151 : Résultats d'analyses dans les algues prélevées en 2007 dans la grande rade de Cherbourg

		Ulves	Fucus Serratus	
Algues	⁴⁰ K	Bq/kg frais	15 ± 1,3	92 ± 3,1
	¹³⁷ Cs	Bq/kg frais	< 0,08	< 0,12
	⁶⁰ Co	Bq/kg frais	< 0,10	0,16 ± 0,05
	¹²⁹ I	Bq/kg frais	0,3 ± 0,01	2,47±0,8
	²³⁸ Pu	Bq/kg frais	<0,003	0,009 ± 0,002
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg frais	0,005 ± 0,001	0,019 ± 0,003
	²⁴¹ Am	Bq/kg frais	0,007 ± 0,002	0,015 ± 0,002

VII.2.2.3.2. Mollusques

Des traces de radionucléides d'origine artificielle, caractéristiques des rejets d'effluents liquides du site de la Hague, sont décelables dans la chair des Coquilles Saint-Jacques prélevées dans la grande rade de Cherbourg (Tableau 152). Les résultats des autres radionucléides mesurés (^{60}Co , ^{58}Co , ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am) sont restés inférieurs à nos limites de détection.

Tableau 152 : Résultats d'analyse de mollusques prélevés en 2007 dans la grande rade de Cherbourg

Coquilles Saint- Jacques	^{137}Cs	Bq/kg frais	< 0,22
	^{14}C	Bq/kg cendres	489 ± 79
	^{40}K	Bq/kg frais	77,0 ± 4,7
	^{238}Pu	Bq/kg frais	0,007 ± 0,002
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg frais	0,026 ± 0,004
	^{241}Am	Bq/kg frais	0,024 ± 0,005

VII.2.2.3.3. Crustacés

Les valeurs significatives, relevées dans la chair des tourteaux prélevés à Nacqueville, concernent le potassium 40 (91,5 ± 4 Bq/kg frais) et le carbone 14 dont la valeur mesurée en 2007 de 443,6 ± 76 Bq/kg de carbone élémentaire est inférieure à celle observée en 2006 (560 ± 100 Bq/kg de carbone élémentaire).

Contrairement aux mollusques, les radionucléides émetteurs alpha (^{241}Am , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{238}Pu) ne sont pas décelables dans les échantillons de tourteaux.

Tableau 153 : Résultats d'analyse de crustacés prélevés en 2007 dans la grande rade de Cherbourg

Tourteaux	^{137}Cs	Bq/kg frais	< 0,18
	^{14}C	Bq/kg cendres	443,6 ± 76,1
	^{40}K	Bq/kg frais	92 ± 4
	^{238}Pu	Bq/kg frais	< 0,004
	$^{239+240}\text{Pu}$	Bq/kg frais	< 0,004
	^{241}Am	Bq/kg frais	< 0,001

VII.2.2.3.4. Poissons

Les poissons sont pêchés dans les zones dites de Nacqueville (Vieilles) et zone 5 de la grande rade de Cherbourg (Carrelets).

Le Tableau 154 présente les résultats significatifs observés en 2007 dans les échantillons de Vieilles et de Carrelets. Des traces de césium 137 sont mesurées dans les échantillons de Vieilles. Des valeurs significatives en carbone 14 sont mesurées sur les 2 lots de poissons. Des investigations complémentaires sont nécessaires pour confirmer si la présence du carbone 14 peut être liée aux rejets des installations de la Hague.

Comme pour l'année 2006, les activités des autres radionucléides d'origine artificielle recherchés sont restées inférieures à nos limites de détection pour les 2 lots de poissons analysés.

Tableau 154 : Résultats d'analyse des poissons prélevés en 2007 dans la grande rade de Cherbourg

			Vieilles	Carrelets
Poissons	¹³⁷ Cs	Bq/kg frais	0,2 ± 0,1	< 0,16
	¹⁴ C	Bq/kg de C élémentaire	383 ± 88	461 ± 117
	⁴⁰ K	Bq/kg frais	101,4 ± 11,4	112,0 ± 12,5

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 aucun émetteur gamma d'origine artificielle au-dessus des limites de détection.

Tableau 155 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 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	-	< 0,035	-	0/12
	³ H	Bq/l	-	< 9,0	-	0/4
	β global	Bq/l	10,0 ± 1,0	11,0 ± 1,1	10,5	4/4
	K	mg/l	390 ± 20	400 ± 20	395	4/4

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

VII.2.3.2 SEDIMENTS MARINS

Des prélèvements trimestriels de sédiment marins sont effectués à la Tour Royale située dans la grande rade de Toulon. La radioactivité naturelle est principalement due au potassium 40 (moyenne annuelle en 2007 de 447,4 Bq/kg sec). Parmi les radionucléides d'origine artificielle, le césium a été détecté sur un seul des échantillons analysés, à un niveau proche de la limite de détection.

Tableau 156 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans la grande rade de Toulon

			Min.	Max.	Moyenne	*
Sédiment	⁴⁰ K	Bq/kg sec	382,1 ± 27,8	517,2 ± 37,3	447,4	4/4
	⁷ Be	Bq/kg sec	< 4,6	< 6,4	-	0/4
	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	< 0,6	0,42 ± 0,24	-	1/4
	⁹⁰ Sr	Bq/kg sec	< 0,5	< 0,6	-	0/4
	Autres émetteurs gamma (¹³⁴ Cs, ⁶⁰ Co, ⁵⁴ Mn, ¹³¹ I, ...)	Bq/kg sec	< 0,6	< 2,8	-	0/4

VII.2.3.3 FAUNE ET FLORE MARINE

Des prélèvements annuels de posidonies, de moules et de poissons sont effectués dans la grande rade de Toulon. Aucun des radionucléides d'origine artificielle recherchés n'a été mis en évidence dans les échantillons (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co , ^{58}Co , ^{54}Mn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{90}Sr). Les résultats sont restés inférieurs aux limites de détection (de l'ordre de 0,2 Bq/kg frais pour la spectrométrie gamma et de 0,03 pour le strontium 90).

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, le réseau Téléhydro permet à l'IRSN de réaliser des mesures radiologiques en continu dans les eaux usées de quelques grandes villes françaises. Les 7 sondes du réseau actuel sont implantées à l'entrée de stations de traitement et d'épuration des eaux usées, points de collecte des eaux rejetées par une agglomération. Ce réseau a un objectif expérimental et n'est pas voué à être déployé de manière permanente sur l'ensemble du territoire. Les équipements mis au point dans ce cadre permettront de réaliser dans l'avenir des contrôles ponctuels.



Carte 48 : Implantation des stations du réseau Télhydro

Une station Télhydro est composée d'un détecteur NaI (iodure de sodium) installé à l'extrémité d'une perche directement plongée dans l'eau (Figure 34). Le système d'acquisition effectue une spectrométrie gamma permettant la détection et l'identification des radionucléides.



Figure 34 : Photos d'une station Télhydro (vue générale et détaillée de la sonde)

VIII.2.1 IMPLANTATION ET 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) sélectionnée.

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.

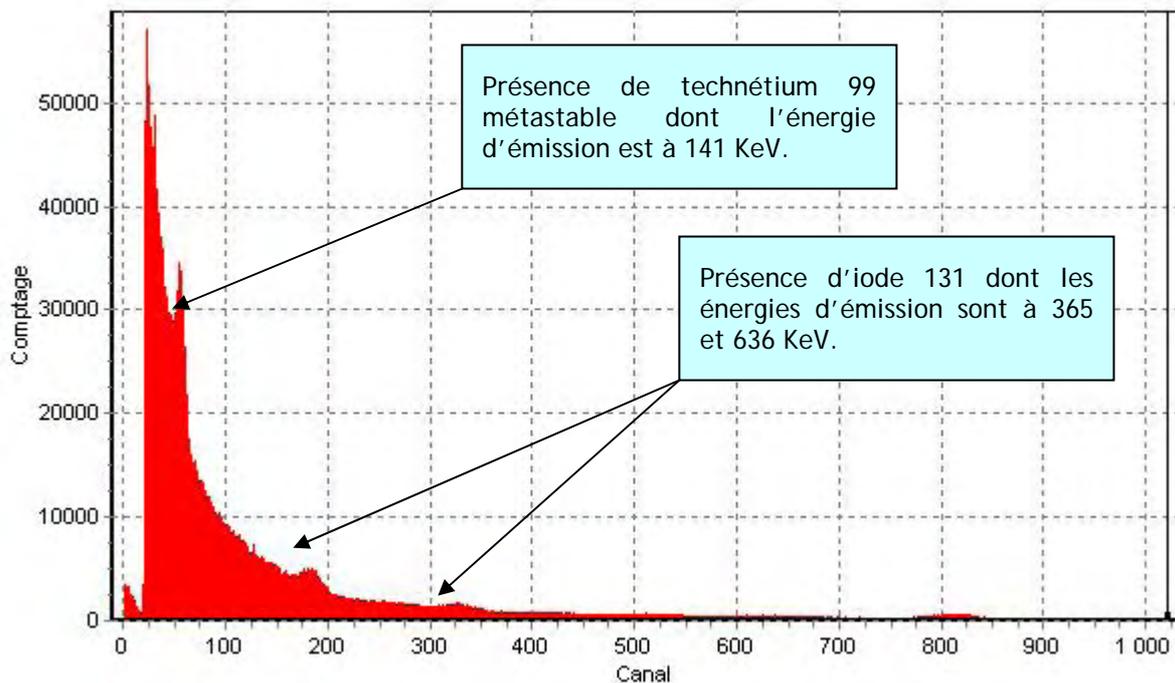


Figure 35 : Spectre acquis dans les eaux usées de la station d'épuration de Strasbourg comportant des activités mesurable en iode et en technétium

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 2007

Les résultats acquis en 2007 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 (Figure 36).

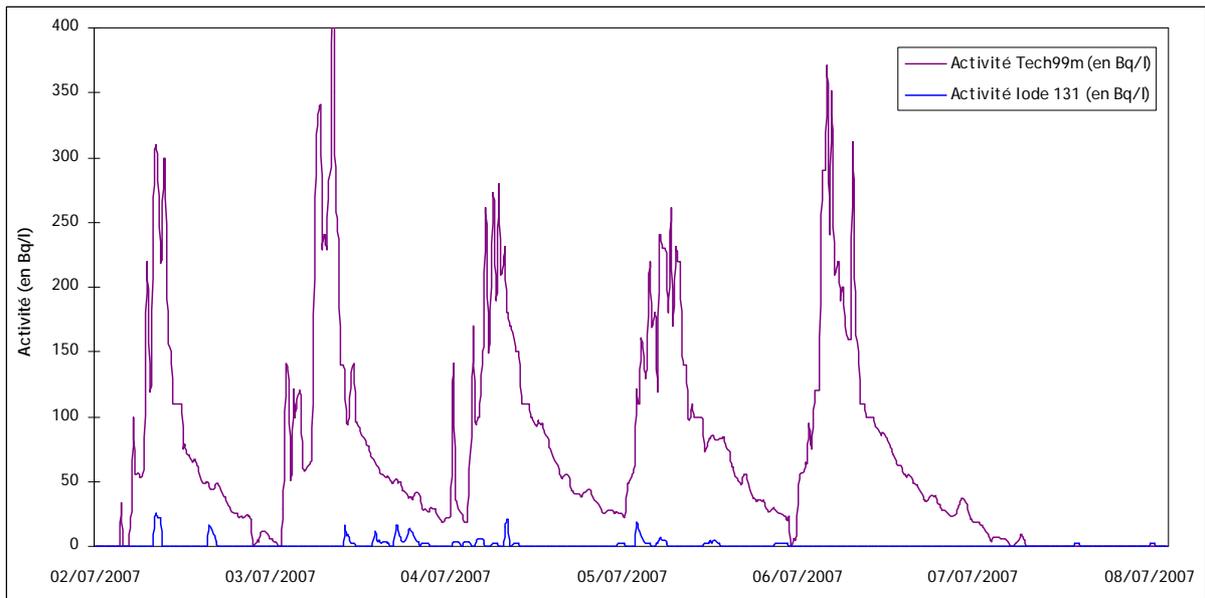


Figure 36 : Activités d'iode et de technétium mesurées pendant une semaine au sein de la station de Poitiers

IX. LES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE GENERALE DU TERRITOIRE

IX.1. LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE

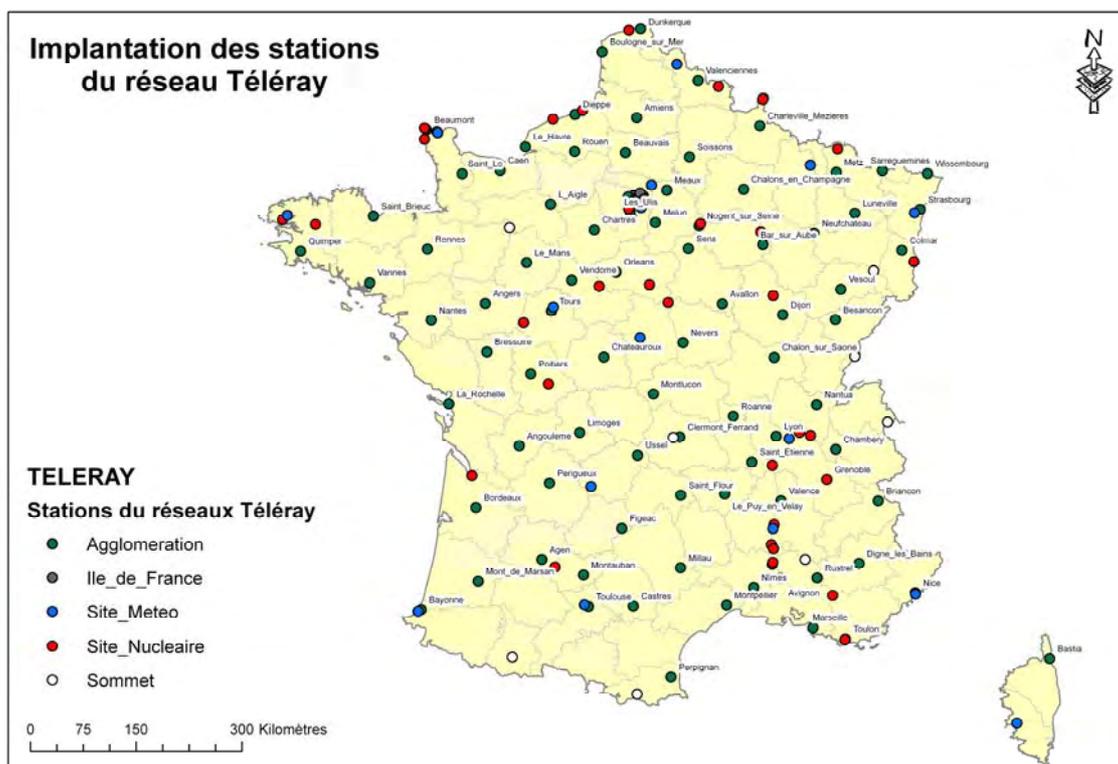
IX.1.1 L'AIR

IX.1.1.1 LE RESEAU TELERAY

IX.1.1.1.1. Implantation et fonctionnement

Depuis 1991, le réseau Téléray assure de façon permanente la veille et l'alerte radiologique du territoire français. Les 177 stations sont implantées majoritairement aux abords des sites nucléaires et des grandes agglomérations (Carte 49). Les sondes sont constituées de compteurs Geiger-Müller permettant de mesurer le rayonnement gamma ambiant, exprimé en débit de dose ($\mu\text{Gy/h}$) (Figure 37). Toutes les mesures, intégrées sur cinq minutes, sont transférées automatiquement vers le centralisateur situé dans la salle de télémessure sur le site IRSN du Vésinet.

En situation normale, le centralisateur acquiert régulièrement les données auprès de chacune des sondes au cours de la journée. Si le débit de dose augmente sensiblement, les sondes concernées envoient une alarme au centralisateur qui alerte aussitôt le personnel d'astreinte de l'IRSN. La fréquence du rapatriement des données est alors augmentée.



Carte 49 : Implantation des sondes métropolitaines du réseau Téléray



Figure 37 : Photo d'une sonde Téléray (détecteur Geiger Müller)

L'IRSN a mis en place un indicateur qualité semestriel relatif à la disponibilité du réseau Téléray. Cet indice est calculé à partir du nombre de valeurs radiologiques moyennes quotidiennes enregistrées par le réseau. Le taux de disponibilité ainsi calculé est de 90% pour l'ensemble du réseau et de 96% pour les stations implantées sur les centres nucléaires.

IX.1.1.1.2. Résultats du réseau Téléray

Les valeurs de débit de dose γ ambiant moyen en France enregistrées au cours de l'année 2007 sont du même ordre de grandeur que celles mesurées les années précédentes. La moyenne annuelle sur le territoire métropolitain est estimée à environ 0,09 $\mu\text{Gy}/\text{h}$ (Figure 38).

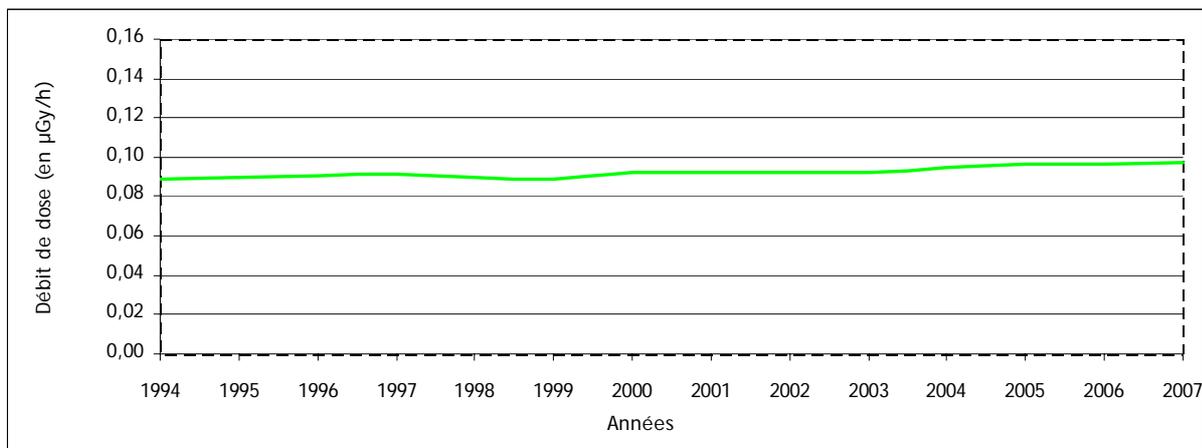


Figure 38 : Evolution de la moyenne annuelle des mesures du réseau Téléray de 1994 à 2007

Le bilan des mesures du réseau Téléray permet de mettre en évidence les évolutions moyennes quotidiennes acquises durant l'année et présentées en fonction des catégories d'implantation (Figure 39). Les rayonnements telluriques et cosmiques jouent une influence importante sur le débit de dose enregistré par les stations Téléray notamment pour celles situées en altitude.

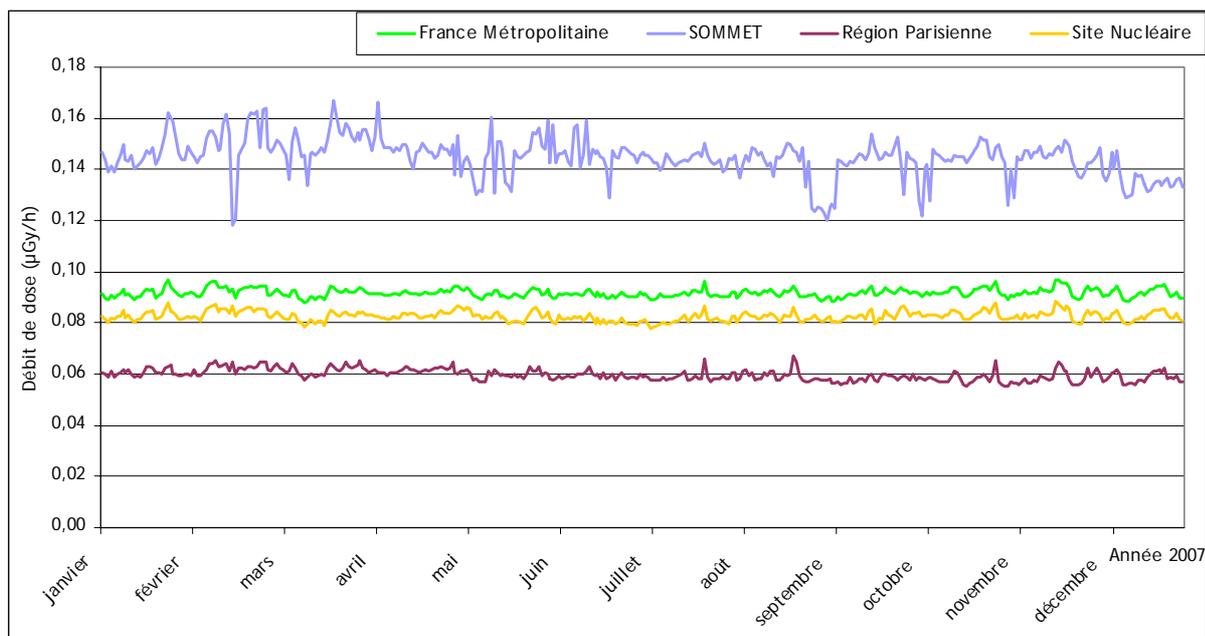


Figure 39 : Evolution du débit de dose par catégorie d'implantation en 2007

Les fluctuations importantes des mesures du débit de dose enregistrées sur les sommets sont engendrées par des variations météorologiques notamment par la présence occasionnelle de couvertures neigeuses au sol qui diminuent l'influence du rayonnement tellurique.

L'homogénéité de la répartition géographique des sites d'implantation Télec permet d'établir une moyenne annuelle du débit de dose par région (Figure 40).

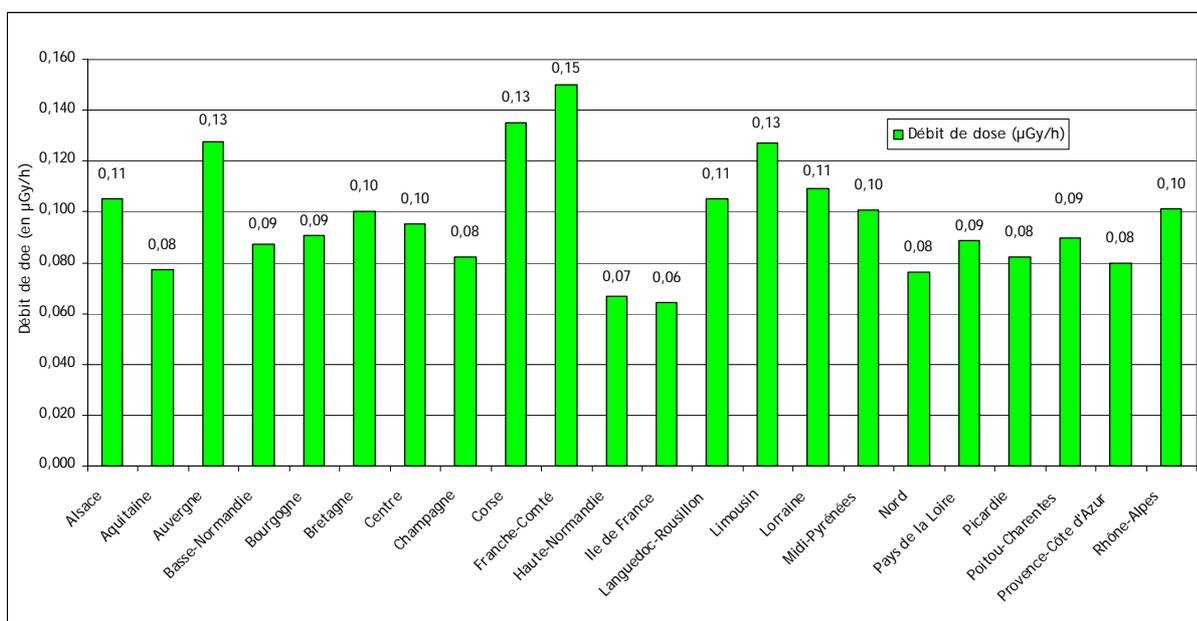
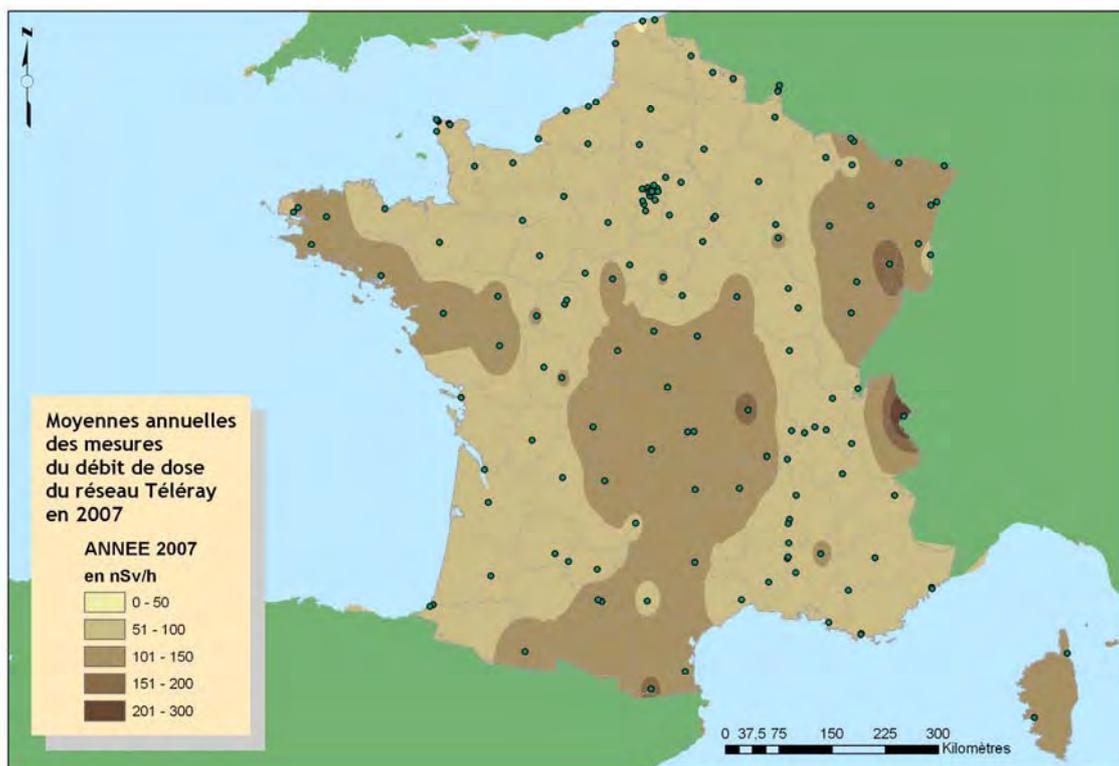


Figure 40 : Moyennes annuelles régionales du débit de dose en 2007

Les résultats de 2007 du réseau permettent par analyse spatiale cartographique simplifiée à l'aide d'un système d'information géographique, de représenter le débit de dose sur une carte nationale (Carte 50).



Carte 50 : Représentation cartographique des moyennes annuelles des mesures acquises en 2006 par le réseau Télecray

Cette carte met en évidence la relation étroite qui existe entre le débit de dose et la nature 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 élevée.

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 41).

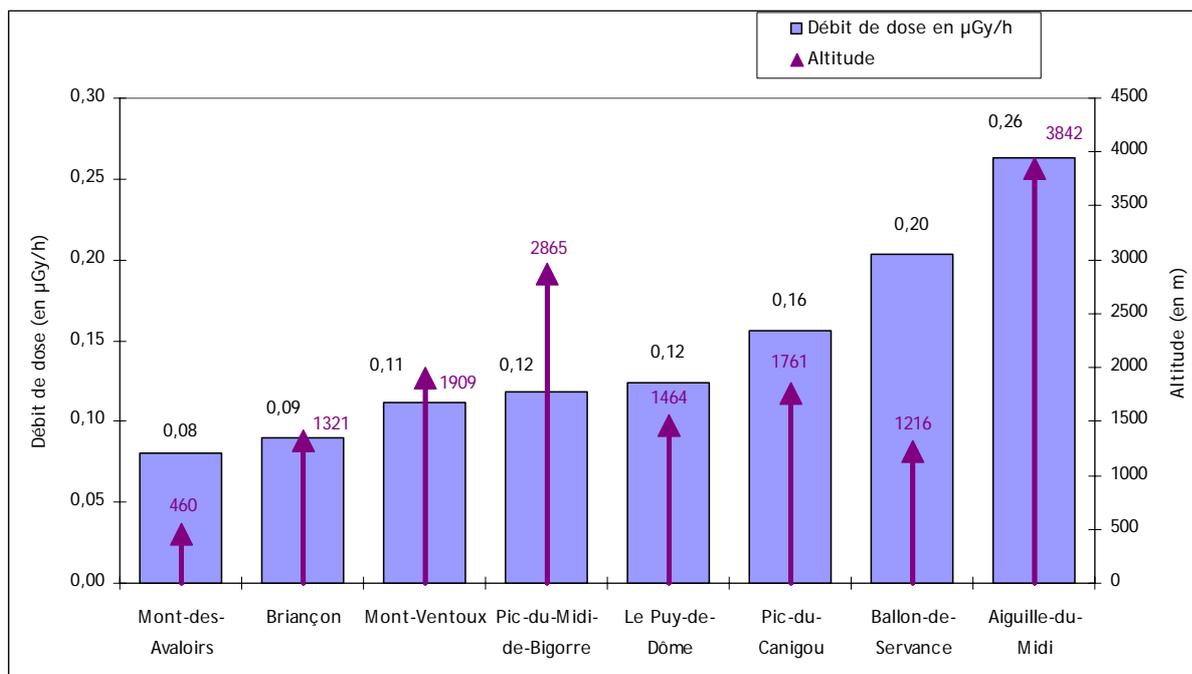
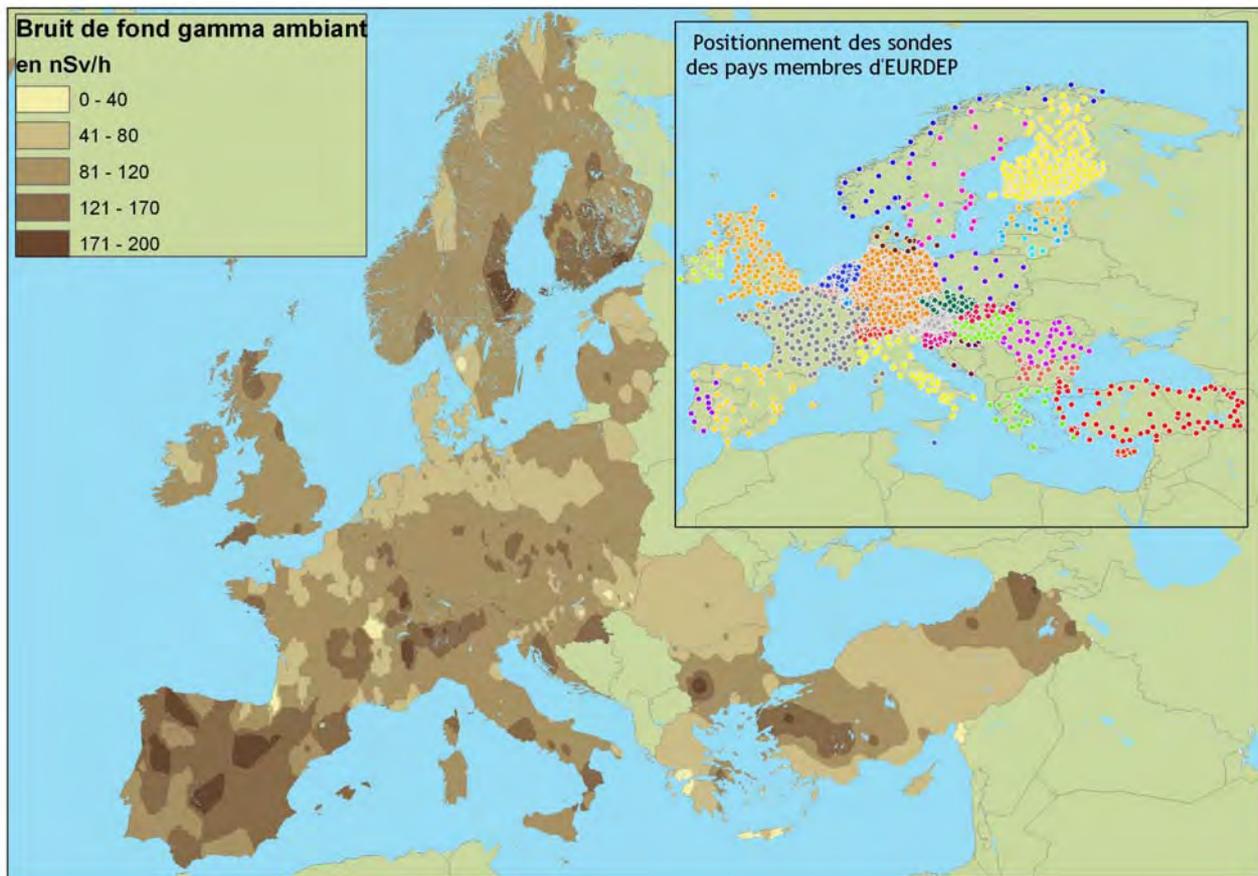


Figure 41 : Evolution du débit de dose en fonction de l'altitude

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.

Dans le cadre de l'article 36 du traité EURATOM, l'IRSN participe à un échange de données mis en place par la commission européenne sur un serveur appelé EURDEP situé à Ispra en Italie. Celui-ci centralise tous les résultats quotidiens des réseaux de télémessure qui participent à la surveillance de la radioactivité en Europe.

La mise en commun de ces résultats de surveillance sur une base de données unique, permet par exemple d'extraire les données pour la réalisation de cartes du bruit de fond gamma ambiant en Europe (Carte 51).



Carte 51 : Carte européenne du bruit de fond gamma ambiant

IX.1.1.1.3. Événements marquants

Aucune mesure anormale relative à un événement radiologique accidentel n'a été détectée par le réseau Téléray en 2007. Des alarmes dues aux étalonnages des sondes EDF se trouvant à proximité des sondes Téléray ont eu lieu sur les stations suivantes : Blayais, Chinon, Chooz, Fessenheim, Golfech, Civaux, Flamanville, Penly, Paluel et Phénix. Quelques événements naturels d'origine météorologique ou électromagnétique ont aussi occasionné des augmentations du débit de dose et ont conduit à des dépassements des seuils d'alarme.

IX.1.1.2 LE RESEAU DE DOSIMETRES THERMOLUMINESCENTS (DTL)

IX.1.1.2.1. Implantation et fonctionnement

Développé à partir de 1985, le réseau de dosimètres thermoluminescents (réseau DTL) permet d'effectuer la surveillance de la dose externe due au rayonnement gamma ambiant dans l'environnement, intégrée sur des périodes de 6 mois.

La stratégie d'implantation des DTL répond à un objectif de couverture générale du territoire et à celui d'une surveillance renforcée aux abords des sites nucléaires (1000 stations couvrant la métropole et les DOM-TOM).

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 Téléray.

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.

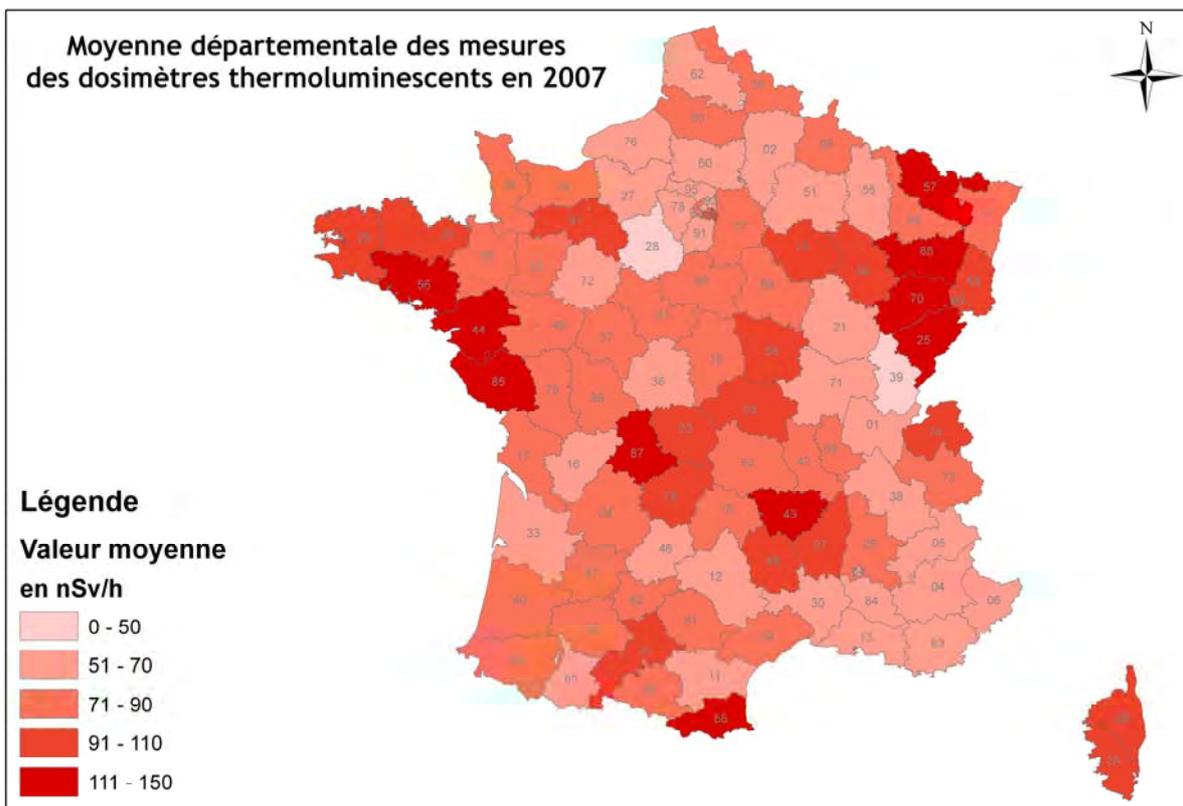


Figure 42 : Photo d'un dispositif DTL

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 Téléray (Carte 52), ce qui permet de vérifier la bonne complémentarité des mesures.



Carte 52 : Représentation cartographique des données du réseau de DTL en France en 2007

Les résultats obtenus en 2007 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



Carte 53 : Implantations des stations du réseau « Air au Sol » (AS)

Le réseau AS est constitué de 69 stations de prélèvements dont 34 à proximité des sites nucléaires. L'implantation des stations est présentée sur la Carte 53.

Les stations AS sont composées d'une turbine d'aspiration, d'un compteur volumétrique et d'un système de filtration supportant des filtres en cellulose. Ces éléments sont assemblés au sein d'un abri en bois (Figure 43).

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 de détecter en quelques jours des faibles contaminations de l'environnement et d'en suivre l'évolution à court terme, puis d'assurer le suivi sur un plus long terme. Il permet de disposer d'un support facile à utiliser (le filtre en cellulose) pour effectuer des analyses complémentaires nécessaires à une levée de doute et à la caractérisation d'un événement.



Figure 43 : Photo des stations de prélèvement d'aérosols du site du Vésinet (IRSN) et détail de la tête de prélèvement et du dispositif porte-filtre.

IX.1.2.1.2. Résultats du Réseau AS

L'IRSN a effectué et analysé 22 590 prélèvements en 2007 sur lesquels 37 923 mesures ont été réalisées dont :

- 29 337 comptages bêta global ;
- 6 522 comptages alpha global ;
- 426 spectrométries gamma sur filtre individuel ;
- 820 spectrométries gamma sur les regroupements mensuels des prélèvements d'une même station ;
- 599 mesurages des iodes 129 et 131 sur les sites du Vésinet et de Beaumont-La Hague (utilisation de cartouches à charbons actifs en plus du filtre en cellulose) ;
- 219 autres mesurages spécifiques à des sites particuliers : mesure du lanthane 140 à Bourges et Baugy, mesure systématique du béryllium 7 à Prévessin (CERN).

Deux événements radiologiques d'origine artificielle ont été observés par ce réseau en France en 2007. L'un sur le site du Tricastin où l'installation de la COMURHEX a rejeté de l'uranium 238, le second à Maubeuge où la présence de cobalt 60 a été décelée sur un des prélèvements d'aérosols effectué sur l'installation de SOMANU. Un troisième événement, d'origine naturelle, a généré une augmentation notable de l'activité bêta dans le centre et le nord-est de la France (chapitre V.4).

Chaque fin de mois, tous les filtres quotidiens provenant d'une même station sont regroupés et compactés afin de réaliser des analyses par spectrométrie gamma. Celles-ci montrent la présence constante du béryllium 7, radionucléide d'origine cosmogénique (Figure 44). L'origine naturelle de ce radionucléide est confortée par le fait que les niveaux d'activité de celui-ci sur les sites proches des installations nucléaires sont similaires aux activités des sites éloignés des installations nucléaires.

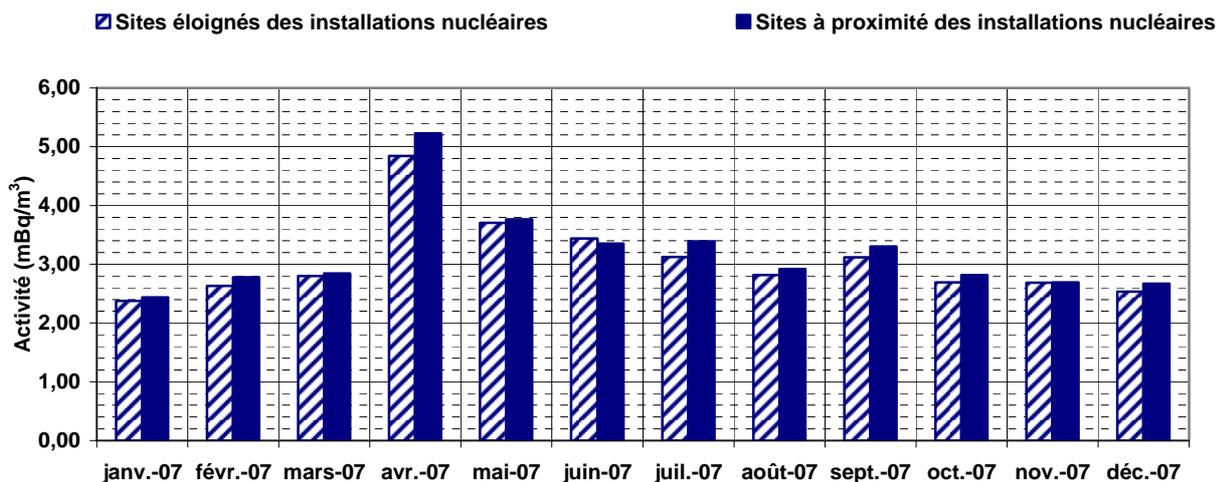


Figure 44 : Activités volumiques moyennes en ⁷Be mesurées en 2007 par le réseau « Air au sol »

À l'exception des trois événements radiologiques observés en 2007, la radioactivité bêta globale des aérosols prélevés à proximité ou à distance des sites nucléaires reste très similaire (Figure 45). 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.

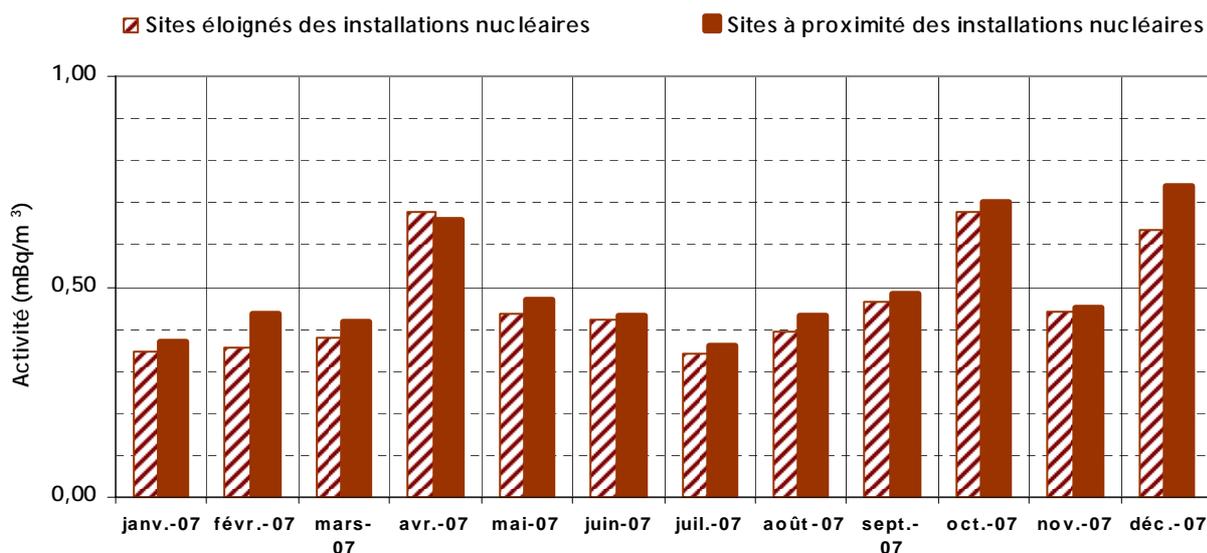
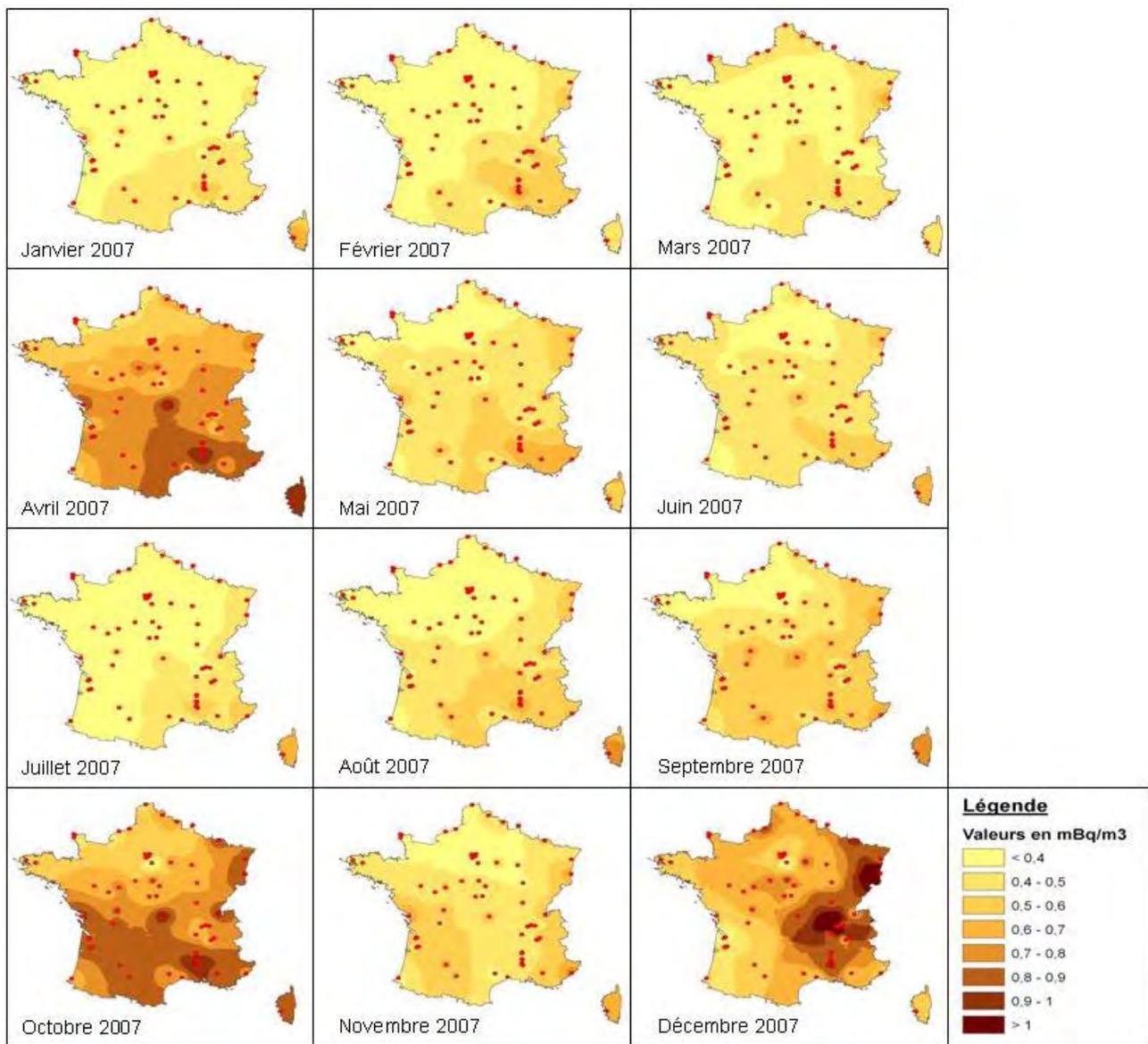


Figure 45 : Activités volumiques bêta globales moyennes mesurées par le réseau « Air au sol »

La présence de radionucléides émetteurs bêta naturels, et notamment des produits issus de la filiation des radons 220 et 222 (gaz radioactifs naturels) présents dans l'air, dépendent des événements climatiques (pluie, vent ...). Des fluctuations saisonnières de l'activité bêta globale naturelle des aérosols sont illustrées sur les cartes ci-après.



Carte 54 : Représentation cartographique des moyennes mensuelles de l'activité bêta globale des aérosols sur l'ensemble du territoire

Globalement, il est intéressant de noter les variations mensuelles 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. Par exemple l'élévation de l'activité volumique bêta au cours du mois d'avril s'explique par le faible nombre d'épisodes pluvieux au cours de cette période.

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.

FOCUS

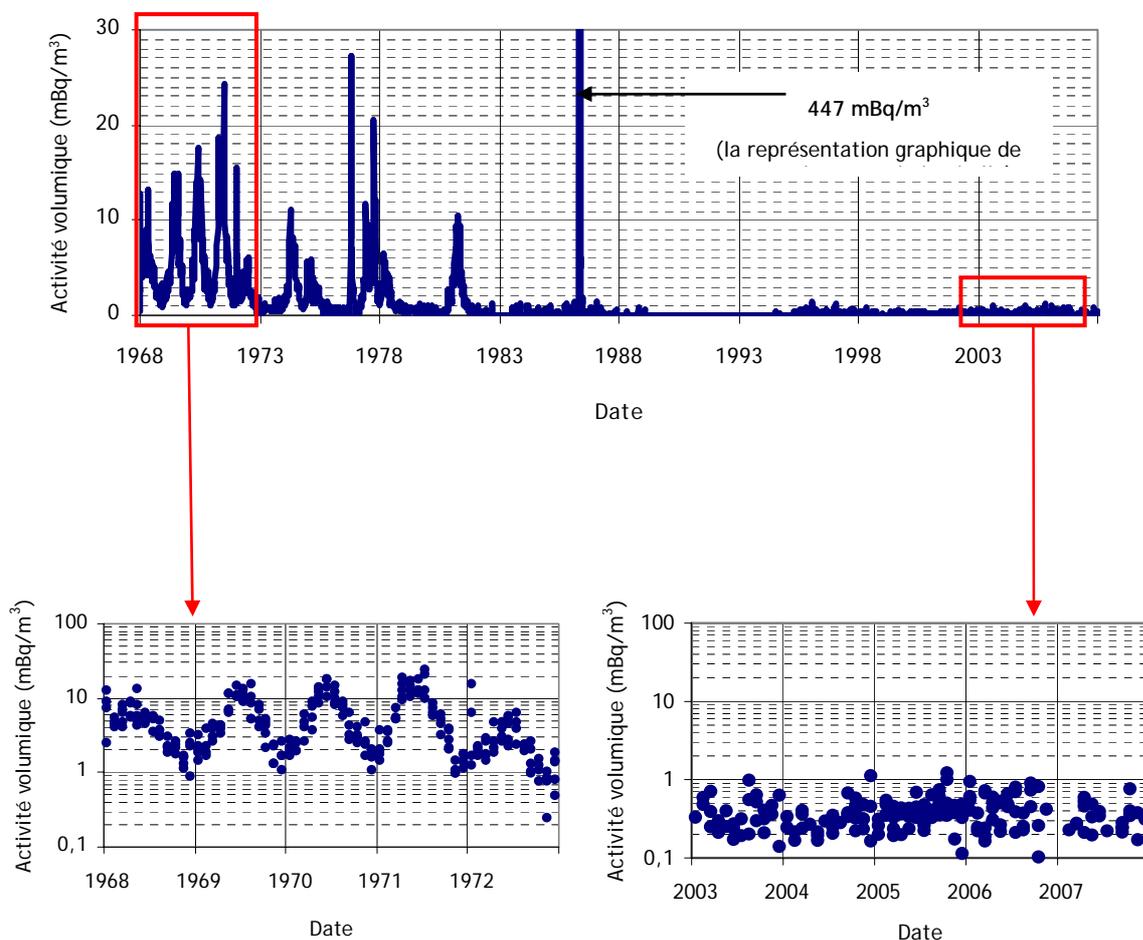
Evolution de l'activité bêta sur le site du Vésinet depuis 1968

L'analyse des prélèvements d'aérosols effectués sur le site du Vésinet montre que l'activité volumique bêta a baissé très sensiblement depuis le dernier tir nucléaire atmosphérique réalisé par la Chine en 1980.

Avant cette date, l'activité volumique bêta variait de un à quelques dizaines de mBq/m³. Elle s'est ensuite stabilisée en dessous de 1 mBq/m³, à l'exception du mois de mai 1986 qui a été marqué par les retombées de l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl.

Activité volumique bêta moyenne hebdomadaire* sur le site du Vésinet mesurée entre le 1^{er} janvier 1968 et le 31 décembre 2007

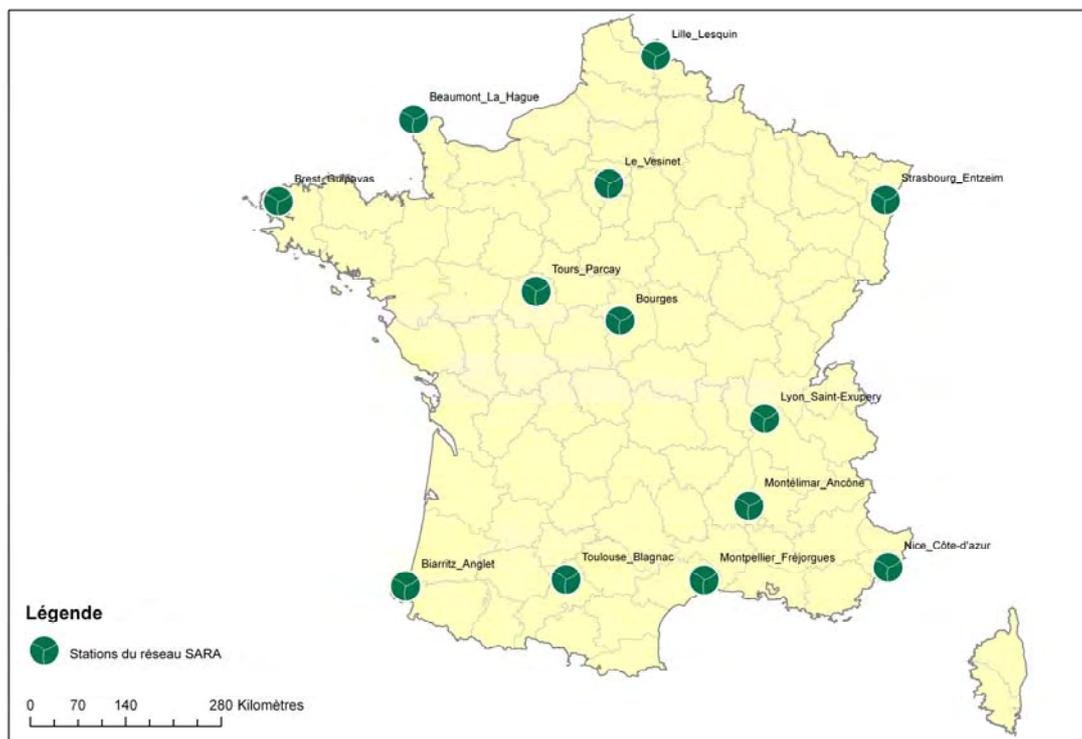
* Pour ces graphiques l'activité moyenne hebdomadaire est calculée uniquement si au cours d'une semaine il y a au moins quatre valeurs significatives.



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

IX.1.2.2.1. Implantation et fonctionnement

Le réseau SARA est composé de 13 stations implantées par convention dans les parcs d'observations de Météo-France et systématiquement jumelées avec des sondes Téléray et des cabines AS. Ce réseau a pour objet, en cas d'accident de grande ampleur, de caractériser pratiquement en temps réel, le spectre radiologique d'un aérosol. Cette information serait essentielle pour conforter l'estimation rapide des doses reçues par les population inhalant le panache, et pour suivre l'évolution spatiale de ce panache.



Carte 55 : Implantation des stations du réseau SARA

Ce réseau permet la mesure de manière automatique et en continu de la radioactivité des aérosols. Une pompe d'aspiration collecte, via la tête de prélèvement (en forme de chapeau chinois), les particules atmosphériques qui sont déposées sur une bande de papier filtre. Le détecteur mesure la présence d'éventuels radionucléides émetteurs alpha et bêta artificiels mais permet également de quantifier les descendants naturels du radon.



Figure 46 : Photo de la station SARA

En 2007, aucun événement dû à la présence de radionucléide d'origine artificielle n'a été mis en évidence par le réseau SARA.

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.



Carte 56 : Implantation des points de collecte d'eau de pluie

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 2007 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 (Figure 44). Sur 176 analyses de béryllium 7, 119 résultats étaient significatifs.

Tableau 157 : Résultats d'analyses des eaux de pluies collectées en 2007 sur des sites hors influence des INB

			Min. mensuel	Max. mensuel
Eau brute	⁷ Be	Bq/l	0,31 ± 0,18	5,30 ± 0,90

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)

Pour la surveillance des rivières et des fleuves, un dispositif d'une trentaine d'hydrocollecteurs permettant des prélèvements semi-automatisés est déployé sur l'ensemble du territoire. Cette surveillance est complétée par un dispositif automatisé de télésurveillance qui assure une mesure en continu : le réseau Hydrotéléray.



Carte 57 : Implantation des stations Hydrotéléray et des hydrocollecteurs

IX.2.1.1 LE RESEAU DE PRELEVEMENTS PAR HYDROCOLLECTEURS

IX.2.1.1.1. Implantation et fonctionnement

En plus des hydrocollecteurs localisés en aval immédiat des installations nucléaires, 5 stations sont implantées en des points éloignés de ces installations nucléaires, en aval ou en amont :

- sur la Loire, en aval des installations nucléaires à l'usine des eaux des Ponts-de-Cé (Maine-et-Loire) ;
- sur le Rhône, en amont des installations nucléaires, au barrage de Génissiat (Ain) et au barrage de Vallabrègues (Gard) en aval de ces installations ;
- sur la Seine, en aval des installations nucléaires à Croissy-sur-Seine (Yvelines) et en aval de l'usine des eaux d'Achères à Porcheville (Yvelines).

Des équipements complémentaires sont en cours de déploiement en amont de tous les cours d'eau nucléarisés.

Au niveau de chaque hydrocollecteur, l'eau est pompée par un dispositif automatique qui alimente en permanence un bac de décantation. Ce bac permet aux matières en suspension présentes dans l'eau brute de décanter sous forme de boues sur le fond du bac. Ces boues sont récupérées et analysées mensuellement.

L'hydrocollecteur pompe l'eau du bac au rythme moyen de 15 ml chaque heure pour générer un échantillon d'environ 2 l tous les 6 jours. Chaque mois, 5 à 6 flacons sont ainsi récupérés, et leur contenu analysé, à la fois sur la fraction d'eau brute et sur la fraction d'eau filtrée à 0,45 µm.



Figure 47 : Hydrocollecteur

IX.2.1.1.2. Résultats 2007 du réseau d'hydrocollecteurs

Tableau 158 : Résultats d'analyses des eaux et des MES décantées collectées en 2007 par le réseau des hydrocollecteurs

			Ponts de Cé	Génissiat	Vallabrègues	Croissy	Porcheville
			Loire aval	Rhône amont	Rhône aval	Seine aval	Seine aval
Eau brute	Émetteurs gamma (⁵⁴ Mn, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs)	Bq/l	-	-	-	-	-
Eau filtrée	β global	Bq/l	0,16	-	-	0,14	0,15
	α global	Bq/l	0,032	0,033	0,032	-	-
	³ H	Bq/l	15,5	-	-	-	-
	K	mg/l	4,0	1,9	2,0	3,3	5,0
M.E.S.	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	13,0	4,8	19,8	5,9	4,6
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	-	-	4,2	-	-
	⁵⁴ Mn	Bq/kg sec	-	-	3,6	-	-
	¹³¹ I	Bq/kg sec	-	-	-	33,4	83,0
	²³⁸ Pu	Bq/kg sec	-	-	-	-	-
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	-	-	-	-	-
	²⁴¹ Am	Bq/kg sec	-	-	-	-	-

« - » correspond à des valeurs moyennes non calculées en raison du nombre insuffisant de mesures significatives

Les analyses d'eaux réalisées n'ont pas mis en évidence de radioactivité artificielle supérieure aux limites de détection, hormis le tritium.

L'activité alpha globale moyenne de 0,03 Bq/l dans l'eau de la Loire et du Rhône s'explique par la teneur en uranium proche de 1,5 µg/l dans ces eaux.

L'activité bêta globale moyenne de 0,15 Bq/l dans l'eau de la Loire et de la Seine s'explique par la contribution de l'isotope d'origine naturelle potassium 40.

L'activité moyenne en tritium de 15,5 Bq/l dans la Loire au niveau des Ponts-de-Cé est due au cumul du tritium rejeté par les 4 CNPE situés sur la Loire et par le CNPE de Civaux situé sur la Vienne (paragraphe VI.6.2).

En ce qui concerne les matières en suspension, le Tableau 158 : Résultats d'analyses des eaux et des MES décantées collectées en 2007 par le réseau des hydrocollecteurs présente les résultats des analyses réalisées. 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 pour l'hydrocollecteur situé en amont hydraulique sur le Rhône, et aussi par l'incidence des rejets liquides des CNPE situés sur ces fleuves pour les hydrocollecteurs situés en aval hydraulique.

À Vallabrègues, outre le césium 137, des traces de cobalt 60, de manganèse 54, de plutonium 238, de plutonium 239+240 et d'américium 241 ont été relevées pour certains des prélèvements mensuels analysés. L'activité moyenne de 20 Bq/kg sec en césium 137 s'explique non seulement par les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl, mais aussi par les rejets liquides des INB situées sur le Rhône (site AREVA de Pierrelatte, site CEA de Marcoule, CNPE de Creys-Malville, du Bugey, de Saint-Alban, de Cruas et du Tricastin). Le cobalt 60 et le manganèse 54 décelés sont des produits d'activation présents dans les rejets liquides de ces INB. Quant aux activités en plutonium 238, plutonium 239+240 et américium 241, qui sont du même ordre de grandeur que celles des années précédentes, elles s'expliquent par l'incidence des rejets liquides des sites AREVA de Marcoule et Pierrelatte et par les retombées des essais nucléaires passés.

À Croissy-sur-Seine, des traces d'iode, autre radionucléide artificiel, ont été relevées pour 7 des 12 mélanges analysés. Elles sont imputables aux rejets hospitaliers de l'agglomération parisienne dans la Seine. A Porcheville, des traces d'iode 131 ont également été relevées pour 10 des 12 mélanges analysés. Elles sont imputables aux rejets hospitaliers de l'agglomération parisienne qui transitent par la station d'épuration d'Achères.

Les activités des autres radionucléides mesurés sont toutes restées inférieures à nos limites de détection pour tous les mélanges analysés en 2007.

IX.2.1.2 LE RESEAU HYDROTELERAY

IX.2.1.2.1. Implantation et fonctionnement

Le réseau Hydrotéléray, mis en place depuis 1993, assure une surveillance radiologique en continu de l'eau des sept principaux fleuves français, en aval de toute installation nucléaire aux Ponts-de-Cé (Angers) sur la Loire, à Croissy-sur-Seine sur la Seine, à Vallabrègues (Arles) sur le Rhône, à Vogelgrün sur le Rhin, à Rancennes sur la Meuse, à Boé (Agen) sur la Garonne et à Apach sur la Moselle.

Ce réseau a pour objet de garantir en permanence que les eaux de ces fleuves ne présentent pas d'activité anormalement élevée, en lien avec une éventuelle situation accidentelle sur une installation nucléaire.

A chacune des stations, une mesure en spectrométrie gamma est réalisée sur un temps d'intégration de 2 heures pour un débit passant de l'ordre de 6 à 10 m³/h. Le système est composé d'un détecteur NaI (iodure de sodium) situé dans une cuve en inox blindée de plomb qui permet de diminuer le bruit de fond naturel. Les limites de détection sont d'environ 0,5 à 1 Bq.l⁻¹ pour les ¹³⁷Cs, ¹³¹I et ⁶⁰Co. Les données sont automatiquement analysées, stockées et retransmises au centralisateur du site IRSN du Vésinet.



Figure 48 : Station Hydrotéléray

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). Dans cette situation, des échantillons d'eau sont automatiquement prélevés de la cuve et collectés dans des bidons. Les seuils d'alertes actuellement fixés sont d'environ 5 Bq/l, ce qui permet de garantir le respect de la directive « eau potable » (soit 100 Bq/l en émetteur gamma).

IX.2.1.2.2. Résultats 2007 du réseau Hydrotéléray

En 2007, aucune augmentation anormale d'activité n'a été détectée par le réseau. Les seuls radionucléides détectés ont été le plomb 214 et le bismuth 214, radionucléides naturels issus de la filiation du radon (Figure 49).

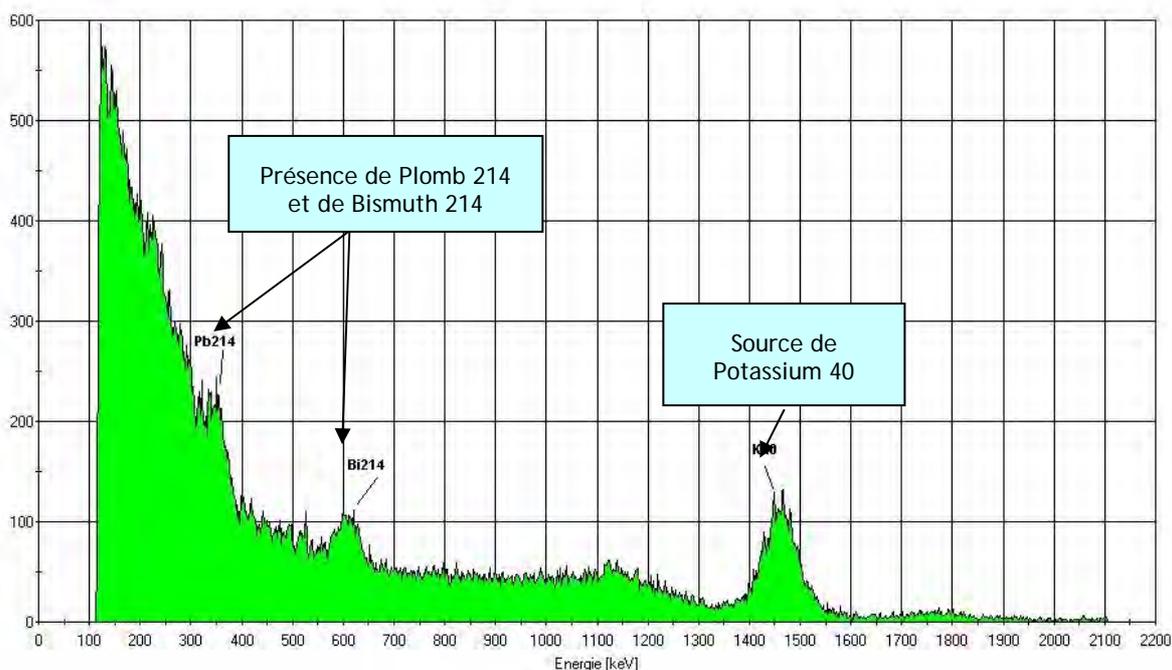


Figure 49: Spectre enregistré par la station d'Angers lors d'un événement orageux

IX.2.2 LE MILIEU TERRESTRE

Des prélèvements de sols, de végétaux et de produits d'origine animale sont réalisés dans l'environnement terrestre français en dehors de zones d'influence des Installations Nucléaires de Base (INB). Ces suivis permettent de caractériser le « bruit de fond » d'une zone géographique donnée (une station de référence, un département, une région climatique...). Ce bruit de fond ou état radiologique de la zone peut être d'origine naturelle (^7Be , ^{40}K , ^{228}Ra , ^{214}Bi ,...) ou lié à d'autres sources de radioactivité que les rejets des INB, telles que les rémanences (^{90}Sr , ^{137}Cs) liées aux retombées atmosphériques passées (essais militaires, accident du réacteur de la centrale de Tchernobyl). Cette surveillance générale du territoire permet d'acquérir des connaissances sur l'origine et la contribution des différentes sources de radioactivité réparties sur le territoire et vise également à assurer une veille sanitaire à l'échelle du territoire. Elle distingue :

- un suivi de la radioactivité, à l'échelle régionale ou départementale, localisé sur deux principales productions françaises d'origine animale (le lait) et végétale (le blé) ; En complément, sont réalisées des analyses de quelques matrices (végétaux, sols et os de lapin) prélevées sur des stations de référence fixes réparties sur le territoire français selon de grands ensembles climatiques (Rhodanien, Vosgien, Méditerranéen, Central...) ;
- un observatoire complémentaire de bas niveau sur quelques zones de rémanence ciblées (retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl ; tirs aériens...) pour rendre compte des niveaux de contamination actuels mais également comprendre les processus de transferts *in situ* (observatoire OPERA).

IX.2.2.1 LE LAIT

En complément de la collecte de lait effectuée dans des fermes situées à proximité des installations nucléaires (chapitres VI et VII), la collecte provenant de coopératives (60 réparties

sur 58 départements) et de lait de fermes (5 stations de référence) permet d'acquérir des valeurs de référence représentatives de la production laitière à l'échelle départementale et de couvrir l'ensemble du territoire français (Métropole principalement). (Carte 58).

Le réseau de surveillance des laits de coopératives était constitué jusqu'en 2003 d'environ 85 stations. En 2007, le nombre de stations est réduit à 60 en raison du désengagement progressif des DDASS, qui assuraient ces prélèvements de lait et dont les missions ont été modifiées en 2003.

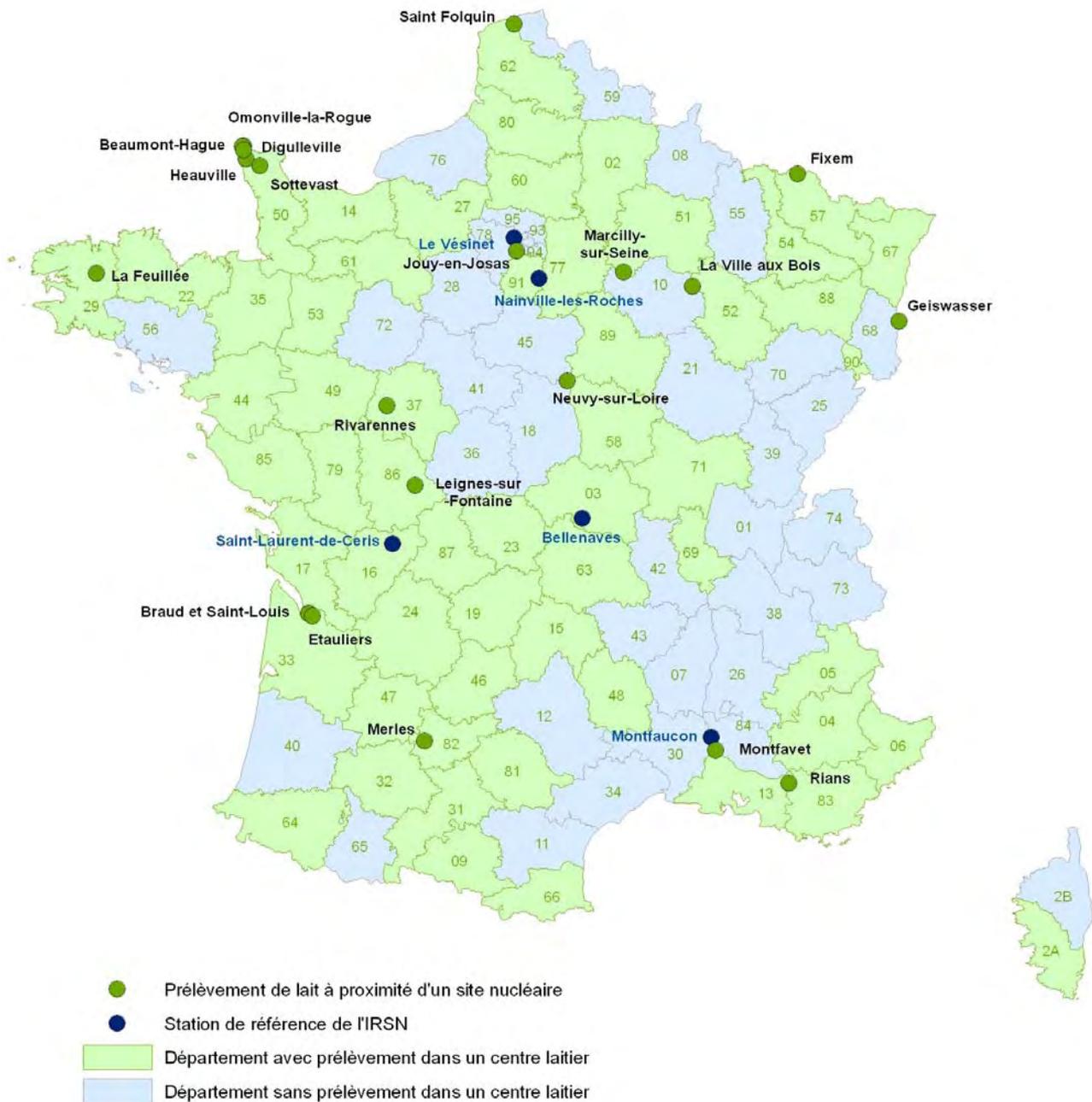
Ce réseau, développé dans les années 1980, permet d'assurer une veille sanitaire à l'échelle du territoire. La fréquence des prélèvements, actuellement trimestrielle, est adaptée aux événements radiologiques observés sur le territoire (fréquence bimensuelle suite à l'accident de Tchernobyl). Par exemple, ce réseau a permis de mettre en évidence et de suivre à l'échelle du territoire, le marquage du lait lié à l'impact des retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl. En 2007, la radioactivité mesurée est essentiellement d'origine naturelle, due au potassium 40, dont la concentration (entre 30 et 60 Bq/l) varie d'une station à l'autre.

Parmi les radionucléides d'origine artificielle, le césium 137 a été détecté sur quelques échantillons à des niveaux proches des limites de détection (de l'ordre de 0,1 Bq/l).

- Bouches-du-Rhône : $0,2 \pm 0,06$ Bq/l ;
- Corse du Sud : $0,14 \pm 0,08$ Bq/l ;
- Haute-Loire : $0,2 \pm 0,1$ Bq/l ;
- Lozère : $0,3 \pm 0,1$ Bq/l.

Des analyses en strontium 90 ont permis de détecter ce radionucléide dans quelques échantillons à des valeurs inférieures à 0,1 Bq/l.

La présence de ces radionucléides dont les concentrations sont comparables à celles des échantillons prélevés à proximité des installations, est due essentiellement aux retombées anciennes des tirs aériens et de l'accident de Tchernobyl.

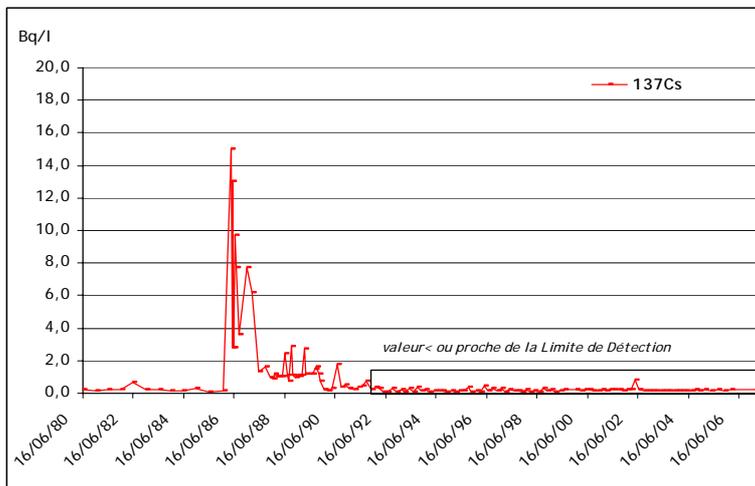


Carte 58 : Implantation des stations de prélèvements de lait en 2007

FOCUS

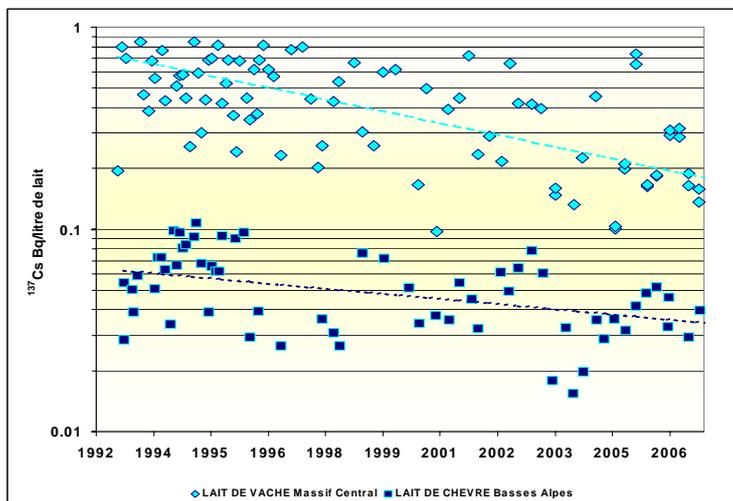
Evolution de la concentration en ^{137}Cs dans le lait entre 1980 et aujourd'hui

Les résultats ci-dessous, relatifs au département de la Lozère, indiquent une contamination du lait en césium 137 à partir du mois de mai 1986 qui est perceptible jusqu'à environ 1992.



A partir de cette date, le césium 137 n'est décelable que sur un nombre limité de départements et plus généralement dans les zones de relief du territoire où les dépôts de césium 137 ont été plus élevés suite à l'accident de Tchernobyl.

Les mesures de très bas niveaux réalisées depuis 1992 permettent de préciser les tendances évolutives depuis cette date et d'établir les niveaux de référence actuels du territoire qui sont compris pour la France métropolitaine entre 0,01 à 0,1 Bq/l.



Diminution du ^{137}Cs dans le lait (échelle logarithmique)

Le **Tableau 159** présente les résultats d'analyse par regroupement régional. Comme pour les autres années, les analyses réalisées en 2007 sur les grains entiers indiquent la rémanence de strontium 90, seul radionucléide d'origine artificielle détectable, dont la présence est principalement attribuée aux retombées atmosphériques liées aux essais militaires (tirs aériens).

Tableau 159 : Résultats des analyses effectuées sur les échantillons de blé de la récolte 2007 - Mélanges régionaux

Regroupement Régional	Paramètres mesurés											
	K	⁴⁰ K	¹⁰⁶ Ru	¹²⁴ Sb	¹²⁵ Sb	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁷ Be	⁹⁰ Sr
	g/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais
Nord	3,81±0,30	118,2± 9,4	< 4,25	< 0,84	<1,16	< 0,67	< 0,48	< 0,52	< 0,52	< 0,51	< 4,05	0,10 ± 0,02
Est	3,68±0,30	114,2± 9,3	< 4,41	< 1,05	< 1,21	< 0,65	< 0,49	< 0,53	< 0,47	< 0,46	< 4,24	0,13 ± 0,02
Ile de France	3,87±0,33	120,0± 10,2	< 3,85	< 0,99	< 1,28	< 0,56	< 0,53	< 0,48	< 0,41	< 0,70	< 4,10	0,11 ± 0,02
Centre	4,19±0,33	129,8± 10,3	< 4,33	< 0,92	< 1,30	< 0,53	< 0,50	< 0,52	< 0,51	< 0,64	< 4,21	0,11 ± 0,01
Ouest	3,94±0,31	122,2 ± 9,7	< 4,08	< 1,11	< 1,33	< 0,66	< 0,50	< 0,49	< 0,54	< 0,58	< 4,27	0,21 ± 0,03
Centre Est	3,67±0,30	113,8 ± 9,4	< 4,30	< 1,81	< 1,14	< 0,69	< 0,51	< 0,59	< 0,73	< 0,48	< 7,08	0,17 ± 0,02
Massif Central	3,57±0,44	110,5 ± 13,7	< 5,28	< 1,25	< 1,43	< 0,82	< 0,66	< 0,60	< 0,64	< 0,58	< 5,01	0,31 ± 0,04
Rhône Alpes	3,95±0,32	122,6 ± 9,8	< 4,59	< 1,01	< 1,42	< 0,64	< 0,57	< 0,51	< 0,54	< 0,63	< 4,67	0,23 ± 0,03
Méditerranée	3,99±0,31	123,8 ± 9,6	< 4,03	< 1,18	< 1,23	< 0,68	< 0,47	< 0,55	< 0,55	< 0,54	< 5,35	0,14 ± 0,02
Poitou Charente Aquitaine	3,87 ± 0,44	120,1±13,7	< 4,42	< 1,06	< 1,32	< 0,60	< 0,56	< 0,52	< 0,53	< 0,68	< 4,26	0,20 ± 0,02
Midi Pyrénées	3,71 ± 0,41	114,9 ± 12,6	< 4,73	< 1,57	< 1,33	< 0,70	< 0,53	< 0,56	< 0,68	< 0,50	< 6,87	0,16 ± 0,02

IX.2.2.3 SOLS

Des prélèvements trimestriels de sol sont réalisés au niveau de 6 stations de la métropole. Pour chaque station, un mélange annuel des prélèvements trimestriels est réalisé en vue de la détermination du strontium 90. Les principaux résultats sont présentés dans le **Tableau 160**.

Tableau 160 : Résultats d'analyse des sols en 2007 (stations de suivi continental)

				Méaudre	Montfaucon	Nainville-les-Roches	Bellenaves	Saint-Laurent-de-Céris	Le Vésinet
Sols	⁷ Be	Bq/kg sec	Min.	16±4,4	<6,9	<5,9	<8,7	7,4±3,9	<5,5
			Max.	21,2±4,7	<9,7	<9,5	<12,9	12,4±4,0	4,6±2,4
			Moy.	18,7	nd	nd	nd	10,4	nd
	⁴⁰ K	Bq/kg sec	Min.	314±38	275± 34	319±34	635±76	281±35	298±37
			Max.	355±43	528± 63	336±41	650±16	290±32	348,8±42
			Moy.	338,9	436,3	323,5	645,2	285,9	34,5
	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	Min.	30,2±3,7	1,6±0,4	3,4±0,6	12,2±1,6	14,4±1,8	4,7±0,7
			Max.	38,5±4,6	9,6±1,3	4,1±0,7	15,1±1,9	16,1±2,1	6,4±0,9
			Moy.	35,0	6,6	3,8	13,5	15,4	5,6
	²¹⁴ Bi	Bq/kg sec	Min.	29,9±3	25,0±3,2	14,8±2,0	48,3±6,0	48,4±6,0	16,7±2,3
			Max.	35±4	38,3±4,8	18,1±2,3	54,1±6,6	53,7±6,7	19,1±2,6
			Moy.	33,5	33,1	16,3	51,3	50,7	18,2
	²²⁸ Ra	Bq/kg sec	Min.	24,5±3,4	34,2±4,6	19,8±2,9	75,6±9,4	54,5±6,9	15,6±2,4
			Max.	29,1±4,0	43,9±5,7	22,6±3,1	79,9±9,9	57,2±6,6	21,1±3,1
			Moy.	27,1	39,0	21,0	78,2	55,6	18,6
	⁹⁰ Sr	Bq/kg sec	mesure annuelle	1,8±0,2	1,6±0,2	<1,3	1,3±0,2	21,8±2,2	1,7±0,2

* nd : non déterminée

La station de Bellenaves située dans l'Allier présente les taux de radioactivité d'origine tellurique les plus élevés (⁴⁰K, ²¹⁴Bi, ²²⁸Ra). Plus à l'est du territoire et en altitude, la station de Méaudre dans l'Isère présente une concentration plus marquée en césium 137 que les autres stations, caractéristique des dépôts observés suite à l'accident de Tchernobyl. Celle-ci varie selon les stations entre 5,6 et 35 Bq/kg sec. Les niveaux en strontium 90, imputés principalement aux essais militaires, se situent entre 1,3 et 22 Bq/kg sec.

IX.2.2.4 VEGETAUX TERRESTRES

Les prélèvements de végétaux (herbe) sont effectués à un rythme mensuel sauf en cas d'absence de végétation.

La prépondérance du béryllium 7, radionucléide d'origine cosmogénique, témoigne de l'intérêt d'utiliser ces végétaux comme marqueur des retombées atmosphériques. L'évolution des niveaux est étroitement corrélée aux conditions météorologiques (augmentation des niveaux constatée en période de précipitations). En 2007, la concentration en béryllium 7 varie en moyenne de 114 à 316 Bq/kg sec pour les stations étudiées. La radioactivité d'origine naturelle est principalement due au potassium 40 (moyenne annuelle comprise en 2007 entre 780 et 1219 Bq/kg sec), dont la concentration mesurée rapportée au potassium stable est de 31 sur l'ensemble des stations.

Parmi les radionucléides d'origine artificielle, des traces de césium 137 sont décelées à des niveaux proches des limites de détection pour les prélèvements effectués sur les stations de Méaudre, Montfaucon et Saint-Laurent-de-Céris. La concentration moyenne en strontium 90, caractéristique des retombées atmosphériques anciennes (essais d'armes militaires), se situe entre 1,1 et 1,6 Bq/kg sec (les résultats oscillent entre 7 et 44,5 Bq/kg sec avec la méthode d'analyse strontium+terre rares). Les résultats des autres radionucléides mesurés (^{134}Cs , ^{54}Mn ,...) sont restés inférieurs aux limites de détection.

Tableau 161 : Résultats d'analyse 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.	214±27	13±5	28±8	96±25	9±5	30±9
			Max.	401±49	277±30	446±55	230±39	427±52	289±37
			Moy.	316	114	232	165	190	131
	^{40}K	Bq/kg sec	Min.	714±88	811±99	69±3	1107±39	915±32	962±117
			Max.	921±111	2920±345	1119±136	1980±60	1191±144	1424±189
			Moy.	855	1683	780	1499	1022	1219
	K	g/kg sec	Min.	23,0±2,8	26±3	2,2±0,1	36±1	29,5±1	31±4
			Max.	29,7±3,6	94±11	36,1±4,4	64±2	38±4	46±6
			Moy.	27,6	54,3	25,2	48,3	33,0	39,3
	^{137}Cs	Bq/kg sec	Min.	<0,9	1,1±0,6	<0,19	<1,2	<0,9	<1,1
			Max.	0,98±0,48	1,4±0,5	<1,49	<4,6	1,1±0,5	<4,3
			Moy.	nd	1,3	nd	nd	nd	nd
	^{90}Sr	Bq/kg sec	Min.	1,1±0,1	1,3±0,1	-	1,2±0,2	5,0±0,5	1,6±0,2
			Max.	2,2±0,2	6,4±0,6	2,1±0,2	1,4±0,2	3,7±0,5	1,2±0,1
			Moy.	1,6	3,9	-	1,3	4,3	0,2

* nd : non déterminée

Tableau 162 : Résultats d'analyse dans les végétaux terrestres pour les stations d'outre-mer

				Basse Terre (Guadeloupe)	Fort de France (Martinique)
Végétaux	⁷ Be	Bq/kg sec	Min.	33,0 ± 7,2	151 ± 31
			Max.	199 ± 26	151 ± 29
	⁴⁰ K	Bq/kg sec	Min.	237 ± 33	503 ± 87
			Max.	645 ± 81	636 ± 98
	K	g/kg sec	Min.	7,6 ± 1	16,2 ± 2,8
			Max.	20,8 ± 2,6	20,6 ± 3,2
	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	Min.	1,2 ± 0,5	< 4
			Max.	3,6 ± 1,4	6,9 ± 2,5
	⁹⁰ Sr	Bq/kg sec	Min.	< 0,26	non mesuré
			Max.	< 0,42	non mesuré

IX.2.2.5 OS DE LAPIN

Une détermination annuelle du strontium 90 est réalisée sur le regroupement des prélèvements trimestriels d'os de lapin, sélectionné comme indicateur de radiocontamination. En effet, ce radionucléide, accumulé dans la chaîne alimentaire, se fixe préférentiellement sur les os.

En 2007, des traces de ce radionucléide sont décelées sur les 5 stations à un niveau qui reste légèrement plus élevé à Saint-Laurent de Cérès (Tableau 163).

			Méandre	Montfaucon	Nainville-les-Roches	Bellenaves	Saint-Laurent-de-Cérès
Os de lapin	⁹⁰ Sr	Bq/kg de cendres	20,2 ± 2,2	18,0 ± 1,9	22,3 ± 2,4	15,3 ± 1,8	27,1 ± 2,9
		Bq/g de calcium	0,055 ± 0,006	0,04 ± 0,004	0,059 ± 0,006	0,039 ± 0,005	0,07 ± 0,007

Sur certaines stations, les chroniques disponibles depuis 1965 permettent de suivre l'évolution décroissante des niveaux de concentrations en strontium 90 liés aux retombées atmosphériques des tirs aériens.

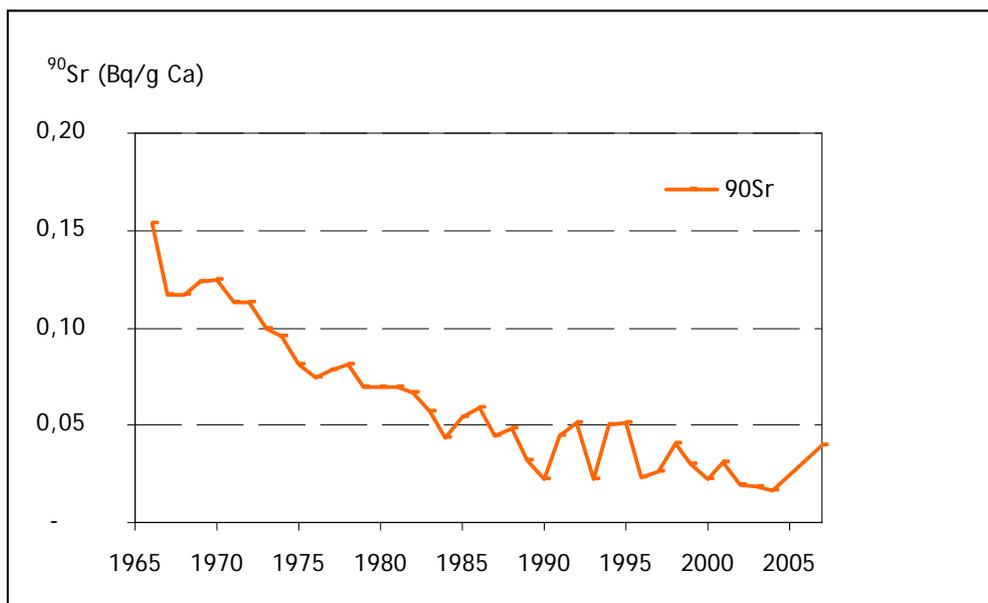


Figure 50 : Diminution du ^{90}Sr dans les os de lapin (station de Bellemeuve)

FOCUS

Radionucléides artificiels mesurés dans l'environnement terrestre de la Métropole

Césium 137

Le césium 137 provient des retombées des tirs et de l'accident de Tchernobyl et reste encore mesurable dans la plupart des matrices terrestres. Ses concentrations peuvent varier de près de 2 ordres de grandeur en fonction des dépôts radioactifs initiaux. Les zones de plaine qui constituent la majeure partie du territoire, présentent des niveaux de ^{137}Cs plus faibles que l'Est de la France et/ou les zones d'altitude.

Dans tous les compartiments de l'environnement, l'activité massique du césium 137 décroît en fonction du temps plus rapidement que sa décroissance radioactive (30 ans). Dans les sols, cette diminution provient notamment des processus de dilution et de migration. Pour les végétaux et donc pour les produits d'origine animale, cette diminution est accentuée en raison non seulement de la baisse globale d'activité du sol mais aussi de la diminution du transfert par absorption « racinaire », qui est actuellement la voie principale de l'incorporation du ^{137}Cs dans les végétaux autres que les lichens et les mousses.

L'hétérogénéité des dépôts initiaux se traduit par une large gamme d'activités massiques des sols (de quelques becquerels à quelques dizaines de becquerels par kilogramme sec). Les activités des végétaux dépendent de celles des sols et reflètent leur hétérogénéité dans la zone racinaire. L'activité des végétaux cultivés varie entre la limite de détection (fruits de vergers, vins, céréales...) à quelques centièmes de becquerels par kilogramme frais (0,1 à 0,5 Bq/kg frais). Les champignons présentent des activités très variables selon l'espèce et la localisation, pouvant dépasser les 100 Bq/kg frais. Les produits d'origine animale reflètent l'activité des végétaux de la ration alimentaire du bétail, avec des activités de l'ordre 0,01 à 0,1 Bq/kg frais pour le lait et les produits laitiers et environ cinq fois plus dans les viandes.

Strontium 90

Le strontium 90 provient des retombées des tirs. Il reste encore détectable dans les sols, le lait et environ un tiers des échantillons végétaux. Les niveaux observés dans les denrées sont, en général, de l'ordre du dixième de becquerel par kilogramme frais.

Plutonium 239+240

Le plutonium provient des retombées des tirs. Lorsqu'il est détecté dans les denrées sa concentration varie entre 0,5 et 1 milli-becquerels par kilogramme frais.

Carbone 14 et tritium

Ces deux radio-isotopes ont une double origine : naturelle et artificielle (essentiellement des essais d'armes nucléaires). Ils sont toujours mesurables dans les échantillons et leurs concentrations dans l'environnement terrestre décroît, très lentement pour le carbone 14 et plus rapidement pour le tritium.

On mesure habituellement le ^{14}C et le carbone total (stable). Les résultats sont exprimés sous forme d'activité spécifique, en becquerels de ^{14}C par kilogramme de carbone. En zone non influencée par une installation, les valeurs se situent actuellement au voisinage de 242 Bq ^{14}C /kg C dans tous les compartiments de la biosphère (air, végétaux, produits animaux). Les concentrations exprimées en Bq/kg frais varient en fonction de la teneur en carbone de l'échantillon, allant d'environ 10 à 15 Bq/kg frais pour les végétaux à près de 100 Bq/kg frais pour les grains de céréales.

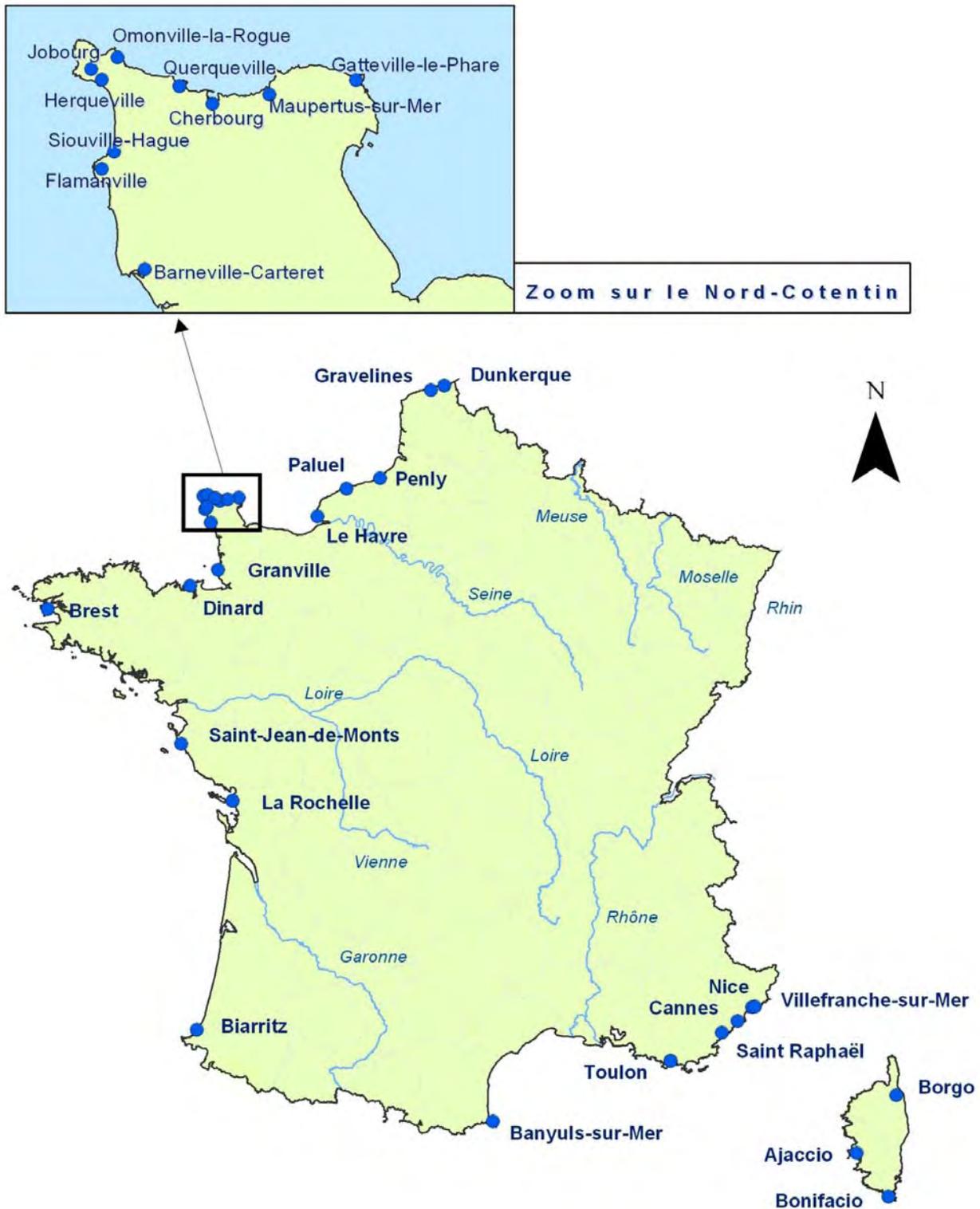
En ce qui concerne le tritium, deux mesures sont réalisées :

- la mesure du tritium dit libre (HTO) réalisée par distillation, est peu significative dans les matrices organiques. En effet, intégré à l'eau cellulaire, le tritium libre est très facilement échangeable donc susceptible de variation rapide ;
- la mesure du tritium dit organique (OBT, organic bound tritium, intégré dans la matière organique). Les résultats sont toujours exprimés en becquerels par litre d'eau de combustion pour le tritium organique. En zone non influencée par une installation, les valeurs attendues dans les produits animaux et végétaux se situent habituellement entre 1 et 3 Bq/l, aussi bien pour HTO que pour OBT (ce qui correspond à environ 1,1 à 2,4 Bq de tritium total par kilogramme de produit frais).

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 2007, aucune activité anormale ou artificielle n'a été mise en évidence au-dessus des limites de détection.



Carte 60 : 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.6.8 et VI.7.2), 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 164).

Tableau 164 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 sur le littoral Manche et Mer du Nord

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{134}Cs , ^{137}Cs)	Bq/l	< 0,022	< 0,037	-	0/16
	^3H	Bq/l	< 9	< 12	-	0/8
	K	mg/l	330 ± 17	400 ± 20	363	8/8

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 165).

Tableau 165 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 sur le littoral atlantique

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{134}Cs , ^{137}Cs)	Bq/l	< 0,022	< 0,032	-	0/12
	^3H	Bq/l	< 9	< 9	-	0/6
	K	mg/l	360 ± 18	410 ± 21	382	6/6

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 166).

Tableau 166 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 en Atlantique dans les Antilles

			Min.	Max.	Moyenne	*
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (^{134}Cs , ^{137}Cs)	Bq/l	< 0,021	< 0,028	-	0/6
	^3H	Bq/l	< 9	< 9	-	0/3
	K	mg/l	380 ± 19	400 ± 20	390	3/3

* 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 167).

Tableau 167 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 sur le littoral méditerranéen

		Min.	Max.	Moyenne	*	
Eau brute	Emetteurs gamma artificiels (¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs)	Bq/l	< 0,022	< 0,037	-	0/32
	³ H	Bq/l	< 9	< 11	-	0/16
	K	mg/l	400 ± 20	490 ± 25	435	16/16

* Nombre de valeurs significatives sur le nombre total de mesures

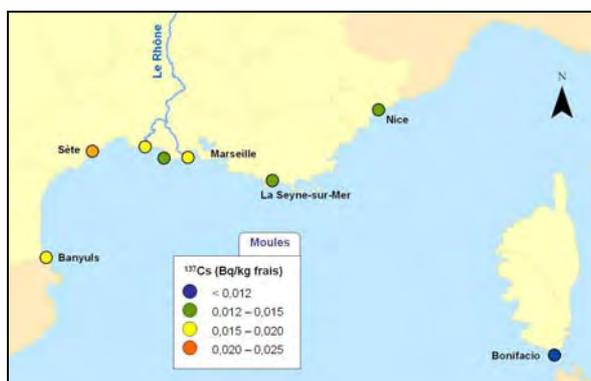
Depuis l'incident d'un sous-marin nucléaire américain en octobre 2003 près de La Maddalena, en Sardaigne, l'IRSN a maintenu une surveillance permanente de la radioactivité du milieu marin en Corse du Sud, à la plage de Cala di Ciapili près de Bonifacio. Les radionucléides recherchés dans ces prélèvements d'eau de mer sont notamment le césium 134 et le césium 137, le cobalt 60 et le tritium. Les analyses mensuelles réalisées en 2007 sur les échantillons provenant du site de Bonifacio, lieu le plus proche de la Sardaigne, ne révèlent aucune présence mesurable de radioactivité artificielle.

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

FOCUS

Moules et poissons, bio-indicateurs pour le suivi du littoral méditerranéen

Un suivi du littoral a été mis en œuvre à l'aide de prélèvements bimestriels de bio-indicateurs : moules et poissons. Les moules ont été sélectionnées comme bio-indicateur pour leur capacité à accumuler les contaminants présents dans les eaux, et les poissons pour leur niveau trophique (position dans la chaîne alimentaire) plus élevé en liaison avec le risque de bio-amplification. La répartition des stations permet une couverture géographique complète de la côte méditerranéenne française.

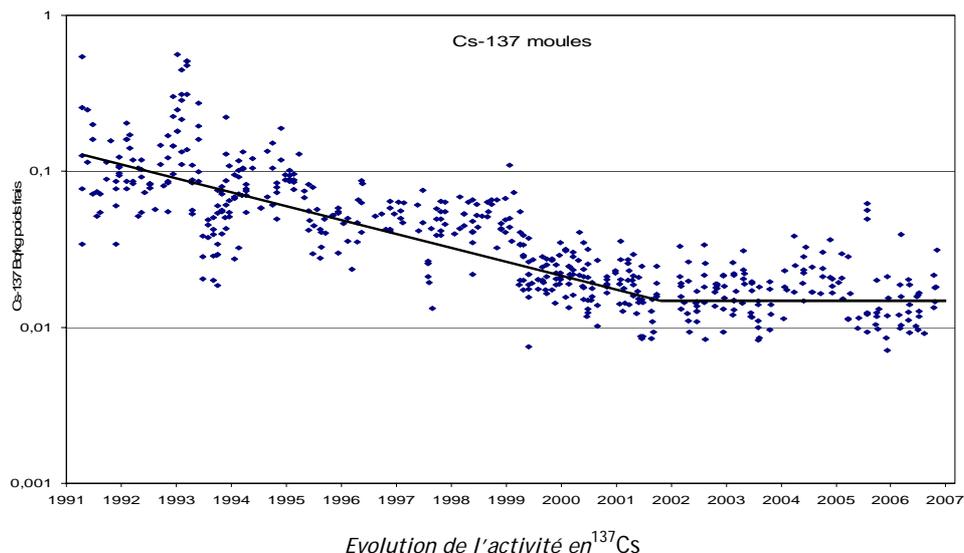


Répartition des stations

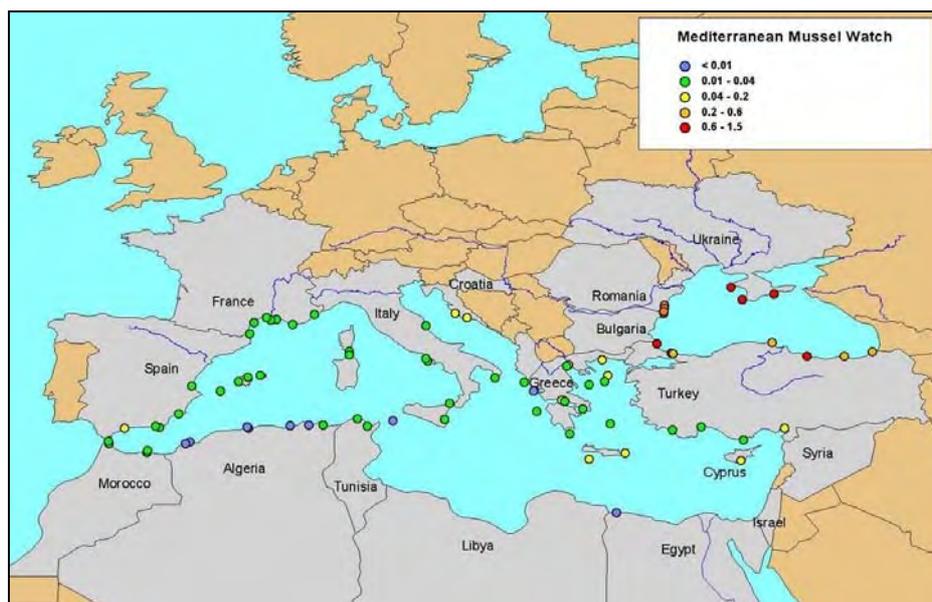
Les résultats 2007 mettent en évidence les points suivants :

- Les niveaux de radionucléides artificiels en zone côtière sont très faibles, souvent proches de la limite de détection des meilleures techniques analytiques. Ainsi, seul le ^{137}Cs est régulièrement détecté par spectrométrie gamma dans les échantillons avec des valeurs n'excédant pas 0,025 Bq/kg frais pour les moules et 0,15 Bq/kg frais pour les poissons. Les activités dans les poissons, supérieures à celles mesurées dans les moules, s'expliquent par leur position plus élevée dans la chaîne trophique et des phénomènes de rétention active du ^{137}Cs dans les muscles de poissons, comme analogue chimique du potassium ;

- L'impact des apports du Rhône reste légèrement visible sur les niveaux à l'ouest du débouché du fleuve. L'évolution des concentrations sur les dernières années montre une stabilisation des niveaux, après une forte diminution au cours de la décennie 90. Cette stabilisation traduit un équilibre entre les apports en milieu côtier, la bioaccumulation dans les organismes, et les processus sédimentaires (stockage, re-mobilisation partielle).



A l'échelle du bassin méditerranéen, les niveaux d'activité sont globalement très faibles et l'on remarque que les niveaux dans la mer Noire et le nord de la mer Egée sont supérieurs d'environ un ordre de grandeur à ceux du bassin occidental, traduisant l'impact rémanent de l'accident de Tchernobyl sur la région, via les apports des grands fleuves (Danube, Dniepr, Don).



Niveaux d'activité dans les moules en Bq/kg frais dans le bassin méditerranéen

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, 4 types de données sont consultables à partir du portail institutionnel, à la rubrique « surveillance de la radioactivité dans l'environnement ».



Figure 51 : Illustration de la rubrique « surveillance de la radioactivité dans l'environnement » du site Internet de l'IRSN

Ces données concernent le réseau Téléray, le réseau de surveillance radiologique du milieu aquatique (eaux de surface, sédiments et boues de décantation), le réseau aérosol et l'observatoire OPERA.

X.1. LE SITE TELERAY

L'ensemble des résultats de mesure du réseau Téléray est consultable à partir du site institutionnel de l'IRSN ou directement à l'adresse suivante :

http://telaray.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.

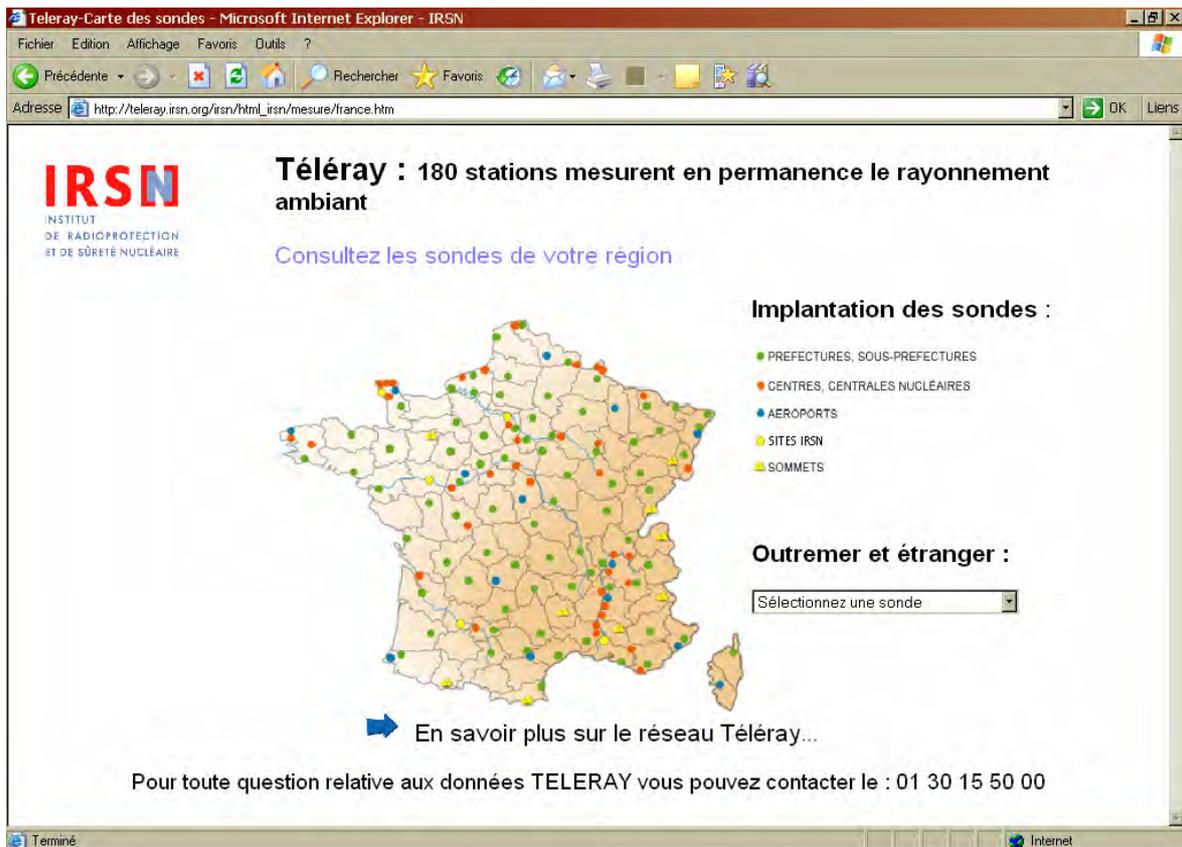


Figure 52 : Page d'accueil du site Internet TÉLÉRAY

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 exercée par l'IRSN autour des sites nucléaires ou dans l'environnement en général.



Figure 53 : 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 54 : Illustration du site Internet AEROSOL

X.4. LE SITE OPERA

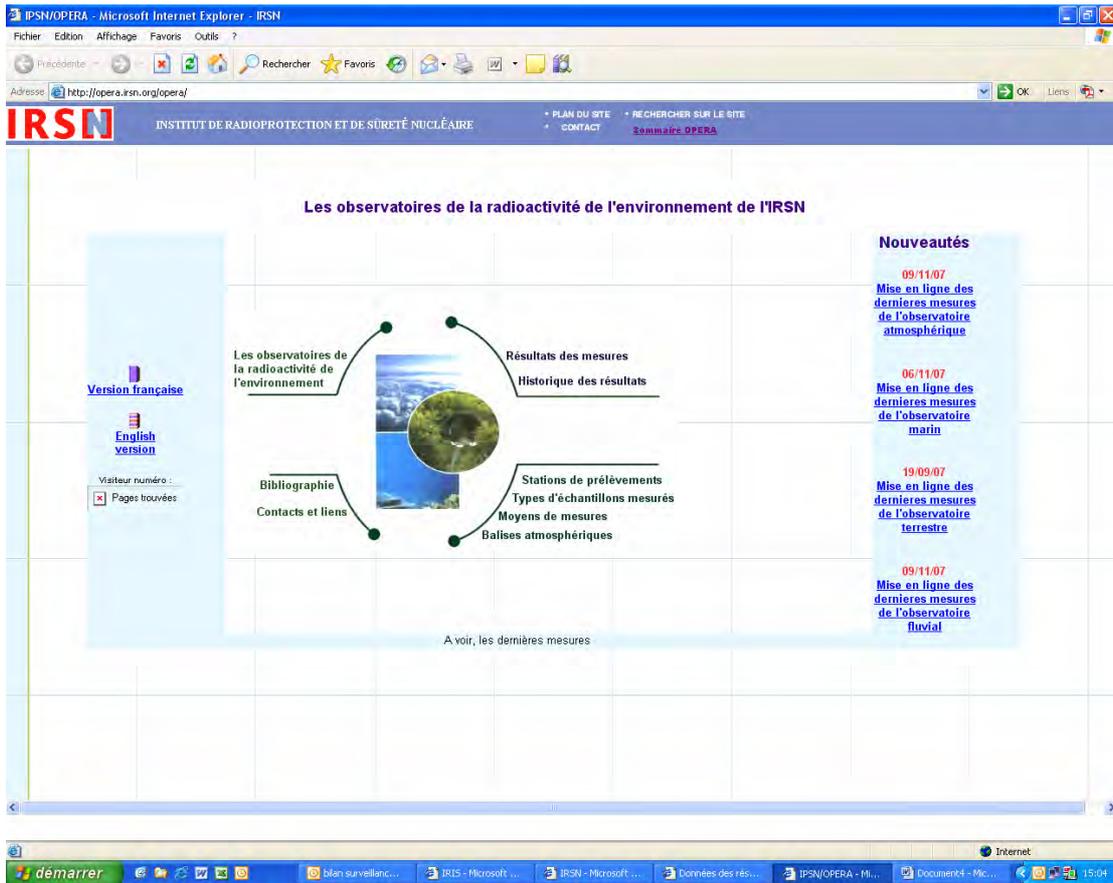


Figure 55: Page d'accueil du site Internet OPERA

Les données obtenues dans le cadre de l'Observatoire Permanent de la Radioactivité de l'environnement (OPERA) de l'IRSN sont disponibles à l'adresse <http://opera.irsn.org/opera>.

Ce réseau de plus d'une vingtaine de stations implantées sur le territoire et représentatives des principaux milieux de la biosphère a permis l'observation régulière de la radioactivité à des niveaux très faibles (bruit de fond ambiant naturel et artificiel) et l'étude des mécanismes de transfert dans l'environnement de cette radioactivité.

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 (LD): 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...

OMS : Organisation mondiale de la santé

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.

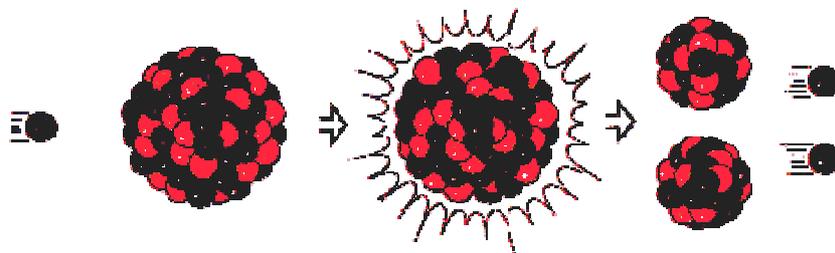
U pondéral : teneur massique en uranium dans une matrice, sans distinction de sa composition isotopique. Elle peut être mesurée ou déduite de l'activité (exprimée en Bq) de chacun des isotopes (on parle alors d' « équivalent U pondéral »)

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.

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

Le radon (Rn) est omniprésent à la surface de la Terre. C'est un gaz rare radioactif qui provient de la désintégration de l'uranium présent dans l'écorce terrestre. Sa concentration est variable selon la nature du sol, les matériaux de construction et la ventilation.

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, où il peut s'accumuler dans les endroits confinés (caves, pièces mal ventilées, mines...).

En se désintégrant, le radon émet des particules alpha et engendre des descendants solides eux-mêmes radioactifs (polonium, bismuth, plomb,...). 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. L'équivalent de dose moyen dans les maisons françaises est de 1,2 mSv par personne et par an.

XII.3.1.4 LES EAUX ET LES ALIMENTS

Les eaux 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 médecine nucléaire depuis les années 60 (radiothérapie et / ou radiodiagnostic) 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 DIFFERENTS 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 : Salle de télésurveillance de l'IRSN.....	19
Figure 2 : Salle Argos et sa plateforme de test.....	20
Figure 3 : Prélèvements d'eau et de sédiments d'étangs et de ruisseaux.....	21
Figure 4 : Prélèvements d'herbe et arrivée à l'IRSN d'échantillons de sédiments, salades et feuilles d'arbres.....	21
Figure 5 : Répartition par matrice des prélèvements réalisés en 2007.....	22
Figure 6 : Récupération d'herbe séchée et broyée.....	27
Figure 7 : Récupération d'un papier filtre contenant les matières en suspension d'une eau filtrée.....	27
Figure 8 : Spectre des émetteurs de rayonnement gamma mesurés dans un sédiment du Rhône.....	28
Figure 9 : Transfert d'une solution aqueuse dans une cellule de déposition pour obtention d'un dépôt en couche mince avant mesure par spectrométrie alpha.....	29
Figure 10 : Chargement d'un compteur proportionnel en vue de la détermination de l'indice d'activité bêta globale.....	29
Figure 11 : Activité volumique alpha mesurée sur les prélèvements de la station d'AREVA NC Pierrelatte entre le 18 septembre et le 22 octobre 2007.....	31
Figure 12 : Activité volumique alpha mesurée sur les prélèvements de la station d'EURODIF sur le site du Tricastin entre le 18 septembre et le 22 octobre 2007.....	31
Figure 13 : Activité volumique alpha mesurée sur les prélèvements de la station du CNPE du Tricastin entre le 18 septembre et le 22 octobre 2007.....	32
Figure 14 : Schéma simplifié du cycle du combustible nucléaire.....	36
Figure 15 : Compositions types des radionucléides contenus dans les effluents liquides d'une usine de fabrication du combustible, d'un CNPE et d'une usine de retraitement du combustible nucléaire usé (données IRSN).....	37
Figure 16 : Activité en ^3H mesurée dans les eaux de pluies recueillies en 2007 sur le site de Marcoule au nord (station Phénix) et au sud du site de Marcoule (Codolet).....	112
Figure 17 : Concentration annuelle en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am des sédiments de rivières prélevés en 2007 à proximité de l'usine de retraitement AREVA de la Hague.....	125
Figure 18 : Evolution mensuelle du ^{14}C mesuré dans les végétaux prélevés en 2007 à Herqueville.....	129
Figure 19 : Activités annuelles moyennes en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les sédiments marins prélevés en 2007 le long du littoral du Cotentin.....	132
Figure 20 : Activités moyennes annuelles en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les algues prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin.....	133
Figure 21 : Concentration annuelle moyenne en $^{239+240}\text{Pu}$ mesurée dans les algues prélevées à l'Anse des Moulinets de 1988 à 2007.....	134
Figure 22 : Activités moyennes annuelles en ^{60}Co et ^{129}I mesurées dans les algues prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin.....	134
Figure 23 : Concentration moyenne annuelle en ^{60}Co dans les algues prélevées à l'Anse des Moulinets.....	135
Figure 24 : Activité annuelle moyenne en ^{14}C mesurée dans les algues prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin.....	136
Figure 25 : Activités annuelles moyennes en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am mesurées dans les patelles prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin.....	137
Figure 26 : Activité annuelle moyenne en ^{60}Co mesurée dans les patelles prélevées en 2007 sur le littoral du Cotentin.....	137
Figure 27 : Activité annuelle moyenne en ^{14}C mesurée dans les patelles prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin.....	138
Figure 28 : Activité en ^3H mesurée en 2007 dans les eaux de surface en aval hydraulique du CEN de Saclay.....	149
Figure 29 : Activité massique moyenne annuelle mesurée en ^{137}Cs dans les sédiments prélevés dans l'Etang Vieux ..	151
Figure 30 : Activité massique moyenne annuelle mesurée en ^{137}Cs dans les sédiments prélevés dans l'Etang Vieux ..	152
Figure 31 : Activité massique moyenne annuelle mesurée en $^{239+240}\text{Pu}$ mesurée dans les sédiments de l'Etang Vieux	152
Figure 32 : Activité en ^3H mesurée en 2007 dans les eaux de pluies recueillies à Salives.....	156

Figure 33 : Activité en ^3H mesurée en 2007 dans l'air autour de Valduc	156
Figure 34 : Photos d'une station Télhydro (vue générale et détaillée de la sonde)	167
Figure 35 : Spectre acquis dans les eaux usées de la station d'épuration de Strasbourg comportant des activités mesurable en iode et en technétium	168
Figure 36 : Activités d'iode et de technétium mesurées pendant une semaine au sein de la station de Poitiers	169
Figure 37 : Photo d'une sonde Téléry (détecteur Geiger Müller)	171
Figure 38 : Evolution de la moyenne annuelle des mesures du réseau Téléry de 1994 à 2007	171
Figure 39 : Evolution du débit de dose par catégorie d'implantation en 2007	172
Figure 40 : Moyennes annuelles régionales du débit de dose en 2007	172
Figure 41 : Evolution du débit de dose en fonction de l'altitude	174
Figure 42 : Photo d'un dispositif DTL	176
Figure 43 : Photo des stations de prélèvement d'aérosols du site du Vésinet (IRSN) et détail de la tête de prélèvement et du dispositif porte-filtre.	179
Figure 44 : Activités volumiques moyennes en ^7Be mesurées en 2007 par le réseau « Air au sol »	180
Figure 45 : Activités volumiques bêta globales moyennes mesurées par le réseau « Air au sol »	180
Figure 46 : Photo de la station SARA	183
Figure 47 : Hydrocollecteur	186
Figure 48 : Station Hydrotéléry	189
Figure 49: Spectre enregistré par la station d'Angers lors d'un événement orageux	190
Figure 50 : Diminution du ^{90}Sr dans les os de lapin (station de Bellenaves)	200
Figure 51 : Illustration de la rubrique « surveillance de la radioactivité dans l'environnement » du site Internet de l'IRSN	206
Figure 52 : Page d'accueil du site Internet TÉLÉRAY	207
Figure 53 : Illustration du site Internet EAU	207
Figure 54 : Illustration du site Internet AEROSOL	208
Figure 55: Page d'accueil du site Internet OPERA	209

XV. INDEX DES CARTES

Carte 1 : Sommaire cartographique	10
Carte 2 : Implantations des sites de l'IRSN	15
Carte 3 : Plan de l'environnement du CEA de Saclay et des eaux surveillées	30
Carte 4 : Points de prélèvements d'eau dans l'Essonne	35
Carte 5 : Implantation des sites du cycle du combustible français	38
Carte 6 : Schéma du plan de prélèvements dans les eaux de surface du secteur minier de la division de la Crouzille ..	41
Carte 7 : Situation géographique du site de COMURHEX Malvési	48
Carte 8 : Situation géographique du site de Pierrelatte-Tricastin et des différentes INB présentes sur ce site	51
Carte 9 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Garonne	55
Carte 10 : Implantation du CNPE de Golfech	56
Carte 11 : Implantation du CNPE du Blayais	59
Carte 12 : Implantation des CNPE du bassin versant de la Loire	61
Carte 13 : Implantation du CNPE de Belleville-sur-Loire	62
Carte 14 : Implantation du CNPE de Dampierre-en-Burly	65
Carte 15 : Implantation du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux	67
Carte 16 : Implantation du CNPE de Chinon	69
Carte 17 : Implantation du CNPE de Civaux	72
Carte 18 : Implantation des CNPE du bassin versant du Rhône	76
Carte 19 : Implantation du CNPE du Bugey	77
Carte 20 : Implantation du CNPE de Saint-Alban	79
Carte 21 : Implantation du CNPE de Cruas-Meysses	81
Carte 22 : Implantation du CNPE du Tricastin	83
Carte 23 : Implantation du CNPE de Nogent-sur-Seine	85
Carte 24 : Implantation du CNPE de Chooz	88
Carte 25 : Implantation du CNPE de Cattenom	90
Carte 26 : Implantation du CNPE de Fessenheim	93
Carte 27 : Implantation des CNPE du littoral de la Manche	97
Carte 28 : Implantation du CNPE de Flamanville	97
Carte 29 : Implantation du CNPE de Paluel	100
Carte 30 : Implantation du CNPE de Penly	102
Carte 31 : Implantation du CNPE de Gravelines	104
Carte 32 : Implantation du CNPE de Brennilis	107
Carte 33 : Implantation du CNPE de Creys-Malville	109
Carte 34 : Implantation du site de Marcoule	111
Carte 35 : Lieux de prélèvements de sédiments de rivière le long du Rhône en amont et aval du site de Marcoule ..	114
Carte 36 : Implantation du site de la Hague	121
Carte 37 : Les ruisseaux autour du site de la Hague	123
Carte 38 : Lieux de prélèvements d'eau de mer et de sédiments marins sur le littoral du Nord-Cotentin	130
Carte 39 : Implantation du centre de stockage de l'Aube	139
Carte 40 : Implantation des centres de recherche et des bases navales nucléaires	141
Carte 41 : Implantation du CEA de Cadarache	142

Carte 42 : Implantation du CEA de Fontenay-aux-Roses	145
Carte 43 : Implantation du CEA de Grenoble.....	146
Carte 44 : Implantation du CEA de Saclay et des eaux surveillées	149
Carte 45 : Implantation du CEA de Bruyères-le-Châtel	154
Carte 46 : Implantation du CEA de Valduc.....	155
Carte 47 : Plan de l'environnement du centre de Valduc et des eaux surveillées	157
Carte 48 : Implantation des stations du réseau Téléhydro.....	167
Carte 49 : Implantation des sondes métropolitaines du réseau Téléray.....	170
Carte 50 : Représentation cartographique des moyennes annuelles des mesures acquises en 2006 par le réseau Téléray	173
Carte 51 : Carte européenne du bruit de fond gamma ambiant	175
Carte 52 : Représentation cartographique des données du réseau de DTL en France en 2007	177
Carte 53 : Implantations des stations du réseau « Air au Sol » (AS)	178
Carte 54 : Représentation cartographique des moyennes mensuelles de l'activité bêta globale des aérosols sur l'ensemble du territoire	181
Carte 55 : Implantation des stations du réseau SARA	183
Carte 56 : Implantation des points de collecte d'eau de pluie.....	184
Carte 57 : Implantation des stations Hydrotéléray et des hydrocollecteurs	185
Carte 58 : Implantation des stations de prélèvements de lait en 2007	192
Carte 59 : Répartition des régions de prélèvements de blé	194
Carte 60 : Implantation des points de prélèvements d'eau de mer	202
Carte 61 : Sommaire cartographique	229

XVI. INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nombre de mesures collectées en 2007 par les réseaux de télésurveillance sur le territoire français	19
Tableau 2 : Analyses réalisées sur les prélèvements d'aérosols effectués du 18 au 26 décembre 2007 et sur lesquels une activité volumique bêta au moins égale à 2,5 mBq/m ³ a été mesurée.....	33
Tableau 3 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le ruisseau des Sagnes à Saint-Sylvestre (point R1 58 VNV)	42
Tableau 4 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans l'étang de la Crouzille (point R2 58 VNV)	42
Tableau 5 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le ruisseau Le Vincou à Margnac (point R6 58 VNV) ..	42
Tableau 6 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans l'étang de Gouillet (point R5 58 GOU)	43
Tableau 7 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le ruisseau Le Ritord (point R7 58 RIT) à Razès, en aval de l'étang de Gouillet.....	43
Tableau 8 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans la rivière la Gartempe (point R4 58 GTP), à Châteauponsac.....	43
Tableau 9 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 à la sortie de l'usine des eaux à Limoges (point R3 58 USL)	44
Tableau 10 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans l'évacuateur de crue du site du Forez (point R1 89 FOR)	44
Tableau 11 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 aux points P10 89 (puits Guiboux), P11 89 (puits Bernigaud) et P16 89 (puits Gonin)	45
Tableau 12 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans la Moine (point R2 44 MOI), à Gétigné.....	46
Tableau 13 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans la Sèvre Nantaise (point R1 44 SVN), à Gorges.....	46
Tableau 14 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le lac artificiel de Malvési (point W2 65 LCA).....	48
Tableau 15 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans la résurgence de l'Oeillal (point R7 65 RES).....	49
Tableau 16 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le canal de Cadariège (point R8 65 CDG)	49
Tableau 17 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le canal de Tauran (point R4 65 TAV)	50
Tableau 18 : Résultats d'analyse de végétaux prélevés entre août et décembre 2007 dans l'environnement du site de Malvési	50
Tableau 19 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2007 à la station nord du site de Pierrelatte (PH 62 PLA)	52
Tableau 20 : Résultats d'analyse des eaux de pluies recueillies en 2007 à la station sud du site de Pierrelatte (PH 62 PRL)	52
Tableau 21 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R0 62 CAM dans le canal de Donzère-Mondragon en amont du site de Pierrelatte.....	52
Tableau 22 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R2 62 CAV dans le canal de Donzère-Mondragon en aval du site de Pierrelatte	52
Tableau 23 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R3 62 GAF dans la Gaffière en aval du CNPE du Tricastin.....	53
Tableau 24 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 dans l'environnement du site de Pierrelatte	53
Tableau 25 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R0 159 CAM dans la Garonne en amont du CNPE de Golfech	57
Tableau 26 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 159 GAV dans la Garonne en aval du CNPE de Golfech	57
Tableau 27 : Activité en ¹³⁷ Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Garonne en aval du CNPE de Golfech (SD 159 GAV)	57
Tableau 28 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Golfech.....	58
Tableau 29 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 138 GIV (ouvrage de rejets du CNPE du Blayais).....	60
Tableau 30 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE du Blayais.....	60

Tableau 31 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R0 149 LOM sur la Loire en amont du CNPE de Belleville-sur-Loire	63
Tableau 32 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 149 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Belleville-sur-Loire	63
Tableau 33 : Activité en ¹³⁷ Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Loire en aval du CNPE de Belleville-sur-Loire (SD 149 LOV).....	63
Tableau 34 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Belleville-sur-Loire	64
Tableau 35 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 85 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Dampierre-en-Burly	66
Tableau 36 : Activité en ¹³⁷ Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Loire en aval du CNPE de Dampierre-en-Burly (SD 85 LOV)	66
Tableau 37 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 98 LOM sur la Loire en amont du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux	68
Tableau 38 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R2 98 LOV sur la Loire en aval du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux	68
Tableau 39 : Activités en ¹³⁷ Cs et ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Loire en aval du CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux (SD 98 LOV)	68
Tableau 40 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 52 LOM dans la Loire en amont du CNPE de Chinon	70
Tableau 41 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R3 52 LOV dans la Loire en aval du CNPE de Chinon	70
Tableau 42 : Activité en ¹³⁷ Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Loire en aval du CNPE de Chinon (SD 52 LOV)	70
Tableau 43 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Chinon	71
Tableau 44 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R0 169 VIM dans la Vienne en amont du CNPE de Civaux	73
Tableau 45 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 169 VIV dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux	73
Tableau 46 : Activité en ¹³⁷ Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux (SD 169 VIV).....	73
Tableau 47 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Civaux	75
Tableau 48 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R2 47 ROV sur le Rhône en aval du CNPE du Bugey	78
Tableau 49 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P6 47 dans l'environnement du CNPE du Bugey	78
Tableau 50 : Activités en ¹³⁷ Cs, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co et ^{110m} Ag mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Rhône en aval du CNPE du Bugey (SD 47 ROV)	78
Tableau 51 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 155 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Saint-Alban	80
Tableau 52 : Activités en ¹³⁷ Cs, ⁶⁰ Co et ¹³¹ I mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Rhône en aval du CNPE de Saint-Alban (SD 155 ROV)	80
Tableau 53 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 157 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Cruas.....	82
Tableau 54 : Activités en ¹³⁷ Cs, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co et ^{110m} Ag mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Rhône en aval du CNPE de Cruas (SD 157 ROV)	82
Tableau 55 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 75 CAV (Canal de Donzère-Mondragon) en aval du CNPE du Tricastin	84
Tableau 56 : Activité en ¹³⁷ Cs mesurée dans MES décantées prélevées en 2007 dans le Rhône en aval du CNPE du Tricastin (SD 75 CAV).....	84
Tableau 57 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2006 au point P5 75, dans l'environnement du CNPE du Tricastin.....	84

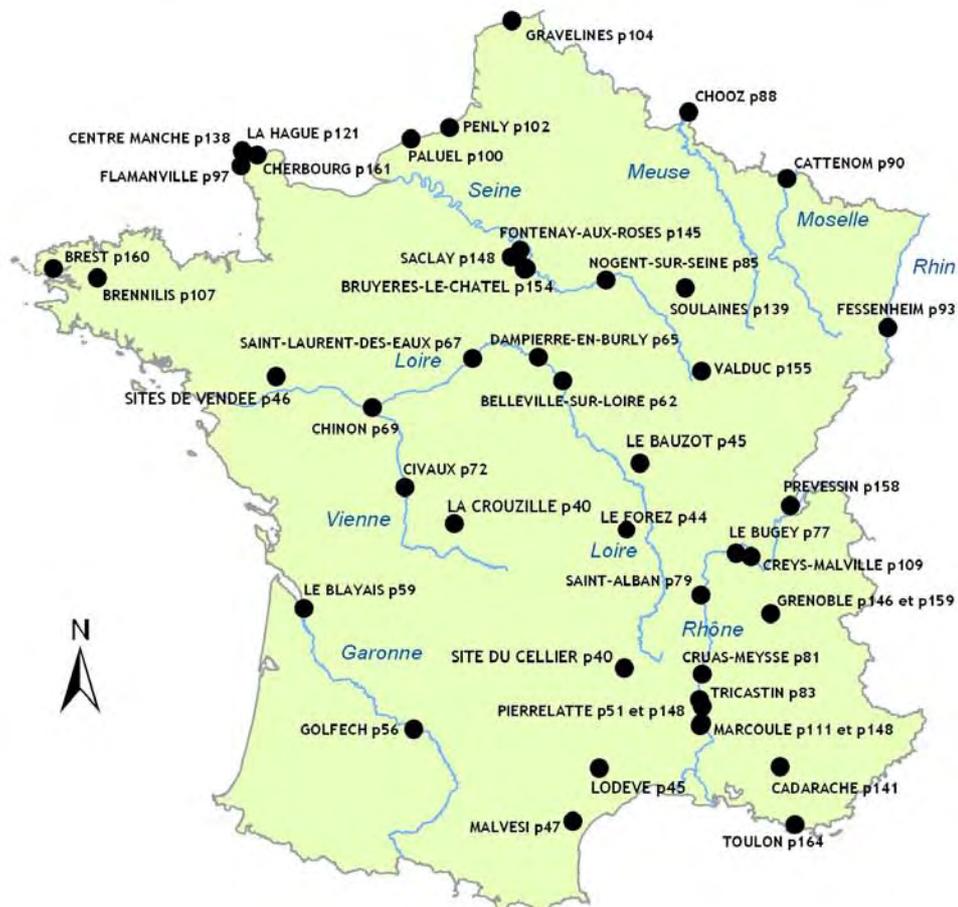
Tableau 58 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 151 SEV sur la Seine en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine	86
Tableau 59 : Activités en ¹³⁷ Cs, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co et ^{110m} Ag mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Seine en aval du CNPE de Nogent-sur-Seine (SD 151 SEV)	86
Tableau 60: Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Nogent-sur-Seine	87
Tableau 61 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 83 MEM sur la Meuse en amont du CNPE de Chooz	89
Tableau 62 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R2 83 MEV sur la Meuse en aval du CNPE de Chooz, à Rancennes	89
Tableau 63 : Activités en ¹³⁷ Cs et ⁶⁰ Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Meuse en aval du CNPE de Chooz (SD 83 MEV)	89
Tableau 64 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R0 144 MOM sur la Moselle en amont du CNPE de Cattenom, à Haute-Ham.....	91
Tableau 65 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 144 MOV en aval du CNPE de Cattenom, à Berg-sur-Moselle	91
Tableau 66 : Activités en ¹³⁷ Cs et ⁶⁰ Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la Moselle en aval du CNPE de Cattenom (SD 144 CTN).....	92
Tableau 67 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Cattenom	92
Tableau 68 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P4 48 FES du CNPE de Fessenheim	94
Tableau 69 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 à Kembs dans le Grand Canal d'Alsace au point R0 70 CAM en amont du CNPE de Fessenheim	94
Tableau 70 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 à Vogelgrün dans le Grand Canal d'Alsace au point R1 73 CAV en aval du CNPE de Fessenheim	94
Tableau 71 : Activités en ¹³⁷ Cs et ⁶⁰ Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Grand Canal d'Alsace à Kembs, en amont du CNPE de Fessenheim (SD 70 CAM)	94
Tableau 72 : Activités en ¹³⁷ Cs et ⁶⁰ Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Grand Canal d'Alsace à Vogelgrün, en aval du CNPE de Fessenheim (SD 73 CAV)	95
Tableau 73 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Fessenheim	96
Tableau 74 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point RF 145 CDM (conduite sous-marine du CNPE de Flamanville)	98
Tableau 75 : Activité en ¹³⁷ Cs mesurée dans les sables prélevés en 2007 sur la plage du Platé à Diélette, proche du CNPE de Flamanville (SM 145 FLA)	98
Tableau 76 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Flamanville	99
Tableau 77 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point RF 146 CDM (conduite sous-marine du CNPE de Paluel).....	101
Tableau 78 : Activités en ¹³⁷ Cs, ⁵⁸ Co et ⁶⁰ Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la conduite sous-marine du CNPE de Paluel (SD 146 CDM).....	101
Tableau 79 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point RF 153 CDM (conduite sous-marine du CNPE de Penly).....	103
Tableau 80 : Activités en ¹³⁷ Cs et ⁶⁰ Co mesurées dans les MES décantées prélevées en 2007 dans la conduite sous-marine du CNPE de Penly (SD 153 CDM).....	103
Tableau 81 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point M1 84 (canal marin du CNPE de Gravelines) ..	105
Tableau 82 : Activités en ¹³⁷ Cs, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ^{110m} Ag, ²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, ²⁴¹ Pu et ²⁴¹ Am mesurées dans les boues de décantation prélevées en 2007 dans le canal marin du CNPE de Gravelines (SD 84 CAV)	105
Tableau 83 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P1 84 GRA dans l'environnement du CNPE de Gravelines.....	106
Tableau 84 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Gravelines	106
Tableau 85 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CNPE de Brennilis.....	108
Tableau 86 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 au point R1 60 ROV sur le Rhône en aval du CNPE de Creys-Malville	109
Tableau 87 : Activité en ¹³⁷ Cs mesurée dans les MES décantées prélevées en 2007 dans le Rhône en aval du site de Creys-Malville (SD 60 ROV)	110

Tableau 88 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le Rhône en amont du site de Marcoule (R1 50 ROM)	112
Tableau 89 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le Rhône en aval du site de Marcoule (R3 50 ROV)	113
Tableau 90 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le contre canal du Rhône à Codolet	114
Tableau 91 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône à Caderousse	115
Tableau 92 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône à Roquemaure	115
Tableau 93 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône à l'Ecluse d'Avignon	115
Tableau 94 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône à Vallabrègues	115
Tableau 95 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône à Port-Saint-Louis	116
Tableau 96 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans le Rhône au Pont Sylvéréal (petit Rhône)	116
Tableau 97 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 à la fontaine de Saint-Etienne-des-Sorts (point P1 59 SES)	116
Tableau 98 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le puits de la ferme « La Grangette » à Codolet (point P2 59 COD)	116
Tableau 99 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le lavoir de Caderousse (point P9 59 CAD)	117
Tableau 100 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans un puits à Montfaucon (point P10 59 MON)	117
Tableau 101 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 au service des sports à Orange (point P11 59 ORA)	117
Tableau 102 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans un puits de la pelouse extérieure de Centraco à Codolet (point P13 9 MRC)	117
Tableau 103 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le puits Ranney à Codolet (point P14 59 MRC)	117
Tableau 104 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le puits du poste sud du site de Marcoule à Codolet (point P15 59 MRC)	117
Tableau 105 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 à la mairie et au stade municipal de Codolet (P92 59 COD)	118
Tableau 106 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans un ancien puits municipal de Codolet (P12 59 COD)	118
Tableau 107 : Résultats d'analyses de l'herbe prélevée en 2007 au sud du site de Marcoule, contre les grilles du site de Marcoule	119
Tableau 108 : Résultats d'analyses de l'herbe prélevée en 2007 au sud du site de Marcoule, dans les vignes	119
Tableau 109 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du site de Marcoule	119
Tableau 110 : Résultats des analyses réalisées en 2007 sur les prélèvements de terres de rizière (Camargue)	120
Tableau 111 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2007 au point W1 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague	122
Tableau 112 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2007 au point W2 87 (bassin d'orage ouest) dans l'environnement du site de la Hague	122
Tableau 113 : Résultats d'analyse des eaux pluviales prélevées en 2007 au point W3 87 (sud) dans l'environnement du site de la Hague	122
Tableau 114 : Résultats d'analyse des eaux du réseau d'eau pluviale prélevées en 2007 au point R0 87 (Nord Est, limnigraphie) sur le site de la Hague	123
Tableau 115 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 au point R1 87 dans le ruisseau de la Sainte-Hélène, à Diguleville dans l'environnement du site de la Hague	124
Tableau 116 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 au point R2 87 dans le ruisseau des Moulinets (Source Recboc) dans l'environnement du site de la Hague	124
Tableau 117 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 au point R3 87 dans le ruisseau des Moulinets (Le Batardeau) dans l'environnement du site de la Hague	124
Tableau 118 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 au point R4 87 dans le ruisseau des Landes, dans l'environnement du site de la Hague	124
Tableau 119 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P1 87 (piézomètre 106) du site de la Hague	125

Tableau 120 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P2 87 (piézomètre 222) du site de la Hague	127
Tableau 121 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P3 87 (piézomètre 326) du site de la Hague	127
Tableau 122 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P4 87 (piézomètre 358) du site de la Hague	127
Tableau 123 : Résultats d'analyse des eaux souterraines prélevées en 2007 au point P5 87 (piézomètre 702) du site de la Hague	127
Tableau 124 : Résultats d'analyse des sols prélevés à Herqueville en octobre 2007	128
Tableau 125 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du site de La Hague	129
Tableau 126 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 dans la baie d'Ecalgrain à Jobourg (M 110 JBG)	131
Tableau 127 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 dans l'anse des Moulinets à Herqueville (M 110 MLN)	131
Tableau 128 : Moyenne annuelle en ¹³⁷ Cs mesurée dans les sédiments prélevés en 2007 le long du littoral du Cotentin	132
Tableau 129 : Concentration annuelle moyenne dans les sédiments marins prélevés en 2007 au large de l'Anse des Moulinets	133
Tableau 130 : Activités moyennes en ¹⁰⁶ Ru mesurées dans les algues prélevées en 2007 le long du littoral du Cotentin	136
Tableau 131 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans le bassin collecteur du centre de l'Aube - ANDRA (W 96 SOU)	140
Tableau 132 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans la Durance en amont du centre CEA de Cadarache (R0 63 DUM)	142
Tableau 133 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache (R4 63 DUV)	143
Tableau 134 : Résultats d'analyse de l'eau prélevée en 2007 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache (R6 63 DUV)	143
Tableau 135 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans la Durance en aval du centre CEA de Cadarache	144
Tableau 136 : Résultats d'analyse du lait de chèvre prélevé en 2007 dans l'environnement du centre de Cadarache	144
Tableau 137 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans l'Isère (R2 77 ISM), en amont du CEA de Grenoble	147
Tableau 138 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans l'Isère (R4 77 ISV), en aval du CEA de Grenoble	147
Tableau 139 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le Drac (R3 77 DRV), en aval de l'ILL et du CEA de Grenoble	147
Tableau 140 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans l'Isère en aval du CEA de Grenoble	147
Tableau 141 : Résultats d'analyse du strontium 90 dans les eaux prélevées en 2007 dans l'aqueduc des Mineurs et dans l'étang Vieux	150
Tableau 142 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 l'étang Vieux à Saclay	151
Tableau 143 : Résultats d'analyse des eaux prélevées dans 3 piézomètres du site de Saclay (P41 23, P42 23 et P44 23)	153
Tableau 144 : Résultats d'analyse du lait de vache prélevé en 2007 dans l'environnement du CEN de Saclay	153
Tableau 145 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le puits P 612 PRE dans l'environnement du CERN	159
Tableau 146 : Résultats d'analyse des eaux prélevées en 2007 dans le Drac (R DI DRM), en amont de l'ILL	159
Tableau 147 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 dans la grande rade de Brest (M 122 MN)	160
Tableau 148 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans la grande rade de Brest	160
Tableau 149 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 dans la grande rade de Cherbourg (M 109 MN)	161
Tableau 150 : Résultats d'analyses dans les sédiments marins prélevés en 2007 dans la grande rade de Cherbourg	162
Tableau 151 : Résultats d'analyses dans les algues prélevées en 2007 dans la grande rade de Cherbourg	162

Tableau 152 : Résultats d'analyse de mollusques prélevés en 2007 dans la grande rade de Cherbourg	163
Tableau 153 : Résultats d'analyse de crustacés prélevés en 2007 dans la grande rade de Cherbourg	163
Tableau 154 : Résultats d'analyse des poissons prélevés en 2007 dans la grande rade de Cherbourg	164
Tableau 155 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 dans la grande rade de Toulon (M 111 MN)....	164
Tableau 156 : Résultats d'analyse des sédiments prélevés en 2007 dans la grande rade de Toulon	164
Tableau 157 : Résultats d'analyses des eaux de pluies collectées en 2007 sur des sites hors influence des INB	185
Tableau 158 : Résultats d'analyses des eaux et des MES décantées collectées en 2007 par le réseau des hydrocollecteurs	187
Tableau 159 : Résultats des analyses effectuées sur les échantillons de blé de la récolte 2007 - Mélanges régionaux	196
Tableau 160 : Résultats d'analyse des sols en 2007 (stations de suivi continental)	197
Tableau 161 : Résultats d'analyse dans les végétaux terrestres (stations de suivi continental)	198
Tableau 162 : Résultats d'analyse dans les végétaux terrestres pour les stations d'outre-mer	199
)	199
Tableau 164 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 sur le littoral Manche et Mer du Nord	203
Tableau 165 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 sur le littoral atlantique.....	203
Tableau 166 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 en Atlantique dans les Antilles	203
Tableau 167 : Résultats d'analyse des eaux de mer prélevées en 2007 sur le littoral méditerranéen	204

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



Accès direct aux résultats de la surveillance générale du territoire français

Page 170 : LE COMPARTIMENT ATMOSPHERIQUE
(l'air, les aérosols, les eaux de pluie)

Page 185 : LE MILIEU CONTINENTAL
(les cours d'eau, les sols, les végétaux, ...)

Page 202 : LE LITTORAL
(les eaux de mer)



Carte 61 : Sommaire cartographique



Système de management
de la qualité IRSN certifié

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

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

**Direction de l'environnement
et de l'intervention**

31, rue de l'écluse
B.P. 40035
78116 Le Vésinet Cedex

Téléphone

+33 (1)30 15 52 00