

**IRSN**INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Etat de la surveillance environnementale et bilan du marquage des nappes phréatiques et des cours d'eau autour des sites nucléaires et des entreposages anciens de déchets radioactifs

Rapport pour le Haut comité pour la  
transparence et l'information sur la sécurité  
nucléaire

15 septembre 2008

*Mise à jour du 13 novembre 2008*



Systeme de management  
de la qualite IRSN certifie

## Identification des parties mises à jour

Le rapport de l'IRSN remis le 15 septembre au Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) a fait l'objet d'une mise à jour afin d'apporter des précisions complémentaires et de corriger quelques erreurs ponctuelles. Ces ajouts et modifications ne remettent en cause ni l'analyse, ni les conclusions établies par l'IRSN dans ce rapport. Les 23 passages complétés ou modifiés sont indiqués dans la liste ci-après, afin de faciliter leur repérage :

- § 3.2.2.2 page 18 : la dernière phrase du premier alinéa a été précisée ainsi : « Depuis 2008, cette activité de l'IRSN se limite aux centrales nucléaires de la vallée du Rhône, de la façade Manche - Mer du Nord, et du quart nord-est de la France ; les études concernant les centrales du bassin versant de la Loire et du sud-ouest de la France ont été confiées par EDF à un autre laboratoire ».
- § 4.1.1 page 21 : la première phrase du premier alinéa de ce paragraphe a été modifiée ainsi : « En France sont implantés une quarantaine de sites nucléaires abritant ou ayant abrité des installations nucléaires de base civiles ou secrètes ».
- § 4.1.2 page 23 et § 6.3 page 46 : la phrase débutant par « Il en ressort que, dans pratiquement tous les cas, ces entreposages ne présentent pas un confinement des matières suffisant et sont... » a été modifiée ainsi « Il en ressort que dans de nombreux cas, ces entreposages ne présentent pas un confinement des matières suffisant et peuvent être... ».
- § 4.1.2.1 page 23 : il est précisé que les déchets entreposés dans les fosses et tranchées sont également en fûts.
- § 4.1.2.12 page 27 : la phrase mentionnant que les silos ne sont pas étanches a été supprimée et les précisions suivantes ont été apportées : « Compte tenu du report des opérations de reprise des déchets entreposés dans ces silos, en attendant la création d'une filière de stockage de déchets de faible activité et à vie longue, et de la difficulté de démontrer le maintien de l'étanchéité de ces silos dans la durée,... ».
- Concernant le site de Cadarache, évoqué page 28, la dernière phrase a été précisée ainsi : « Les analyses des sédiments réalisées par l'IRSN indiquent, outre des niveaux d'activité du césium 137 analogues à ceux des zones non influencées, des traces sporadiques d'américium 241 observées en 2006, certainement imputables à des rejets anciens du site ».
- Concernant le site de Saclay, évoqué page 29, la fin de la dernière phrase « ... dus aux rejets d'effluents liquides passés et actuels du site » a été précisée ainsi : « ... dus essentiellement aux rejets d'effluents liquides passés du site, les rejets actuels ayant été fortement réduits ».
- § 4.3.2 page 33 : la phrase débutant par « A titre d'exemple, suite à plusieurs avis émis par l'IRSN à l'occasion de l'instruction des DARPE, mettant en évidence des insuffisances du dispositif de surveillance réglementaire des nappes pour certains sites de CNPE, EDF a engagé en 2002 une action... » a été précisée ainsi : « A titre d'exemple, plusieurs avis émis par l'IRSN à l'occasion de l'instruction des DARPE ont mis en évidence des insuffisances du dispositif de surveillance réglementaire des nappes pour certains sites de CNPE. Par ailleurs, dans le cadre de l'analyse du retour d'expérience d'exploitation et dans la continuité de ses travaux de mise en conformité aux dispositions de l'arrêté ministériel du 31 décembre 1999, EDF a engagé en 2002 une action... ».
- § 4.3.2.2 page 35 : concernant le cas des sites CNPE, l'indication suivante traitant du site de Chinon « la seule exception notable concerne le site CNPE de Chinon pour lequel, en cas de crue, la réalimentation de la nappe par la Loire peut provoquer un léger marquage par du tritium au droit des émissaires de rejet » a été modifiée ainsi : « la seule exception notable concerne le site CNPE de Chinon pour lequel, en cas de crue, a pu être observé un léger marquage par du tritium immédiatement à l'aval de l'émissaire de rejet, dû à la réalimentation de la nappe par la Loire ; toutefois, ce phénomène n'est plus observé depuis qu'EDF a modifié, en 1999, les caractéristiques de cet émissaire, au moyen d'une « clarinette » qui améliore la dispersion des rejets ».
- § 4.3.2.2 page 35 : concernant le cas des sites CNPE, le dernier alinéa concernant le CNPE du Tricastin a été remplacé par « Le cas du CNPE du Tricastin se distingue de ce constat général par divers incidents d'exploitation (défauts d'étanchéité, vidange intempestive) qui ont conduit, de manière répétée mais temporaire, à des marquages significatifs en tritium de la nappe située au

droit des installations. Ces installations sont entourées d'une enceinte géotechnique constituée d'une paroi souterraine en béton de plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur, isolant le sous-sol du site de son milieu extérieur. La présence de cette enceinte et la mise en œuvre d'un pompage quasi-permanent de l'eau ont permis de confiner le marquage au sein de l'enceinte. Ainsi, les mesures réalisées à l'extérieur n'ont jamais montré de marquage en tritium ».

- **Annexe 1 - Fiche du site CNPE de Chinon (pages 60 à 64) :** dans la rubrique « Événements principaux », la description de l'événement de juillet 1996 (dernier alinéa de la page 63) a été remplacée par : « En juillet 1996, la présence d'eau tritiée, de cobalt, d'argent, d'antimoine et de césium a été détectée dans un local du système d'auscultation de l'enceinte (12,7 MBq/L de tritium et 700 à 800 Bq/L de cobalt). Lors de cet événement, un joint entre bâtiment était particulièrement suspecté d'inétanchéité. Il existait potentiellement un risque de transfert des radionucléides libérés entre le local d'auscultation de l'enceinte et la nappe phréatique, lorsque le niveau de celle-ci est haut ; toutefois, au moment des faits, ce n'était pas le cas. Les contrôles de la nappe phréatique réalisés le 31 juillet 1996 n'ont rien montré d'anormal. Par ailleurs, des travaux de remise en conformité du local d'auscultation de l'enceinte ont été réalisés dès le 1<sup>er</sup> semestre 1997 ».
- **Annexe 1 - Fiche du site CEA de Bruyères-le-Chatel, pages 100 et 102 :** dans la rubrique « Description du site », le nombre d'installations à caractère technique d'ICPE est de 44 (et non 18), dont 14 (et non 7) relèvent de la rubrique 1715. Dans la rubrique « radionucléides présents », la mention du deutérium et de l'hydrogène a été retirée car ce ne sont pas des radionucléides (seul subsiste le tritium). Dans la rubrique « Autorisations de rejets », dans l'avant dernier alinéa de la page 101, la phrase « Du tritium peut également être rejeté par les cheminées du bâtiment de recherches en radio-toxicologie » a été supprimée. Dans la rubrique « Événements principaux », la description de l'incident du 28 décembre 1978 a été remplacée par : « rupture d'une canalisation d'eau dans une boîte à gants située dans le bâtiment de recherches en radiochimie, ayant provoqué une inondation avec infiltration d'eau contaminée par de l'américium 241, à la faveur des fissures dans le béton du radier, vers le sous-sol de l'installation, où a été détectée une contamination ponctuelle ; le suivi périodique des eaux de la nappe phréatique, en aval hydraulique de cette installation, n'a révélé à ce jour aucun marquage environnemental » ; concernant l'incident du 23 août 2002, le mot « cuves » a été remplacé par « réseaux » et il est précisé que le CEA a assaini les surfaces contaminées et qu'aucun impact environnemental n'a été mis en évidence.
- **Annexe 1 - Fiche du site CEA de Cadarache pages 103 à 105 :** dans la rubrique « Description du site », il y a 880 hectares enclos (au lieu de 960) ; par ailleurs, concernant les ICPE, il est précisé que « Ces installations n'étant pas, pour la plupart, suivies par l'IRSN, elles ne sont pas prises en compte dans la présente fiche ». Dans la rubrique « Entreposages anciens de déchets », il est précisé que les fûts dégradés ont fait l'objet d'un conditionnement complémentaire. Il est également précisé que dans la zone des tranchées, les déchets sont également conditionnés en fûts.
- **Annexe 1 - Fiche du site CEA de Fontenay-aux-Roses, pages 106 et 107 :** dans la rubrique « Description du site », il est précisé, au sujet des ICPE, que « ces installations n'étant pas suivies par l'IRSN, elles ne sont pas prises en compte dans la présente fiche ». Dans la rubrique « Événements principaux », au dernier alinéa traitant de l'incident du 4 novembre 2004, l'indication « activité volumique de 17 GB/L en tritium et de 0,85 GBq/L en équivalent <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y » a été remplacée par « activité volumique de 17 Bq/L en tritium et de 0,85 Bq/L en équivalent <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y ».
- **Annexe 1 - Fiche du site CEA de Saclay, pages 108 à 110 :** dans la rubrique « Description du site », quelques précisions ont été apportées sur les activités exercées (recherche dans le domaine de la technologie et de la santé) et le nombre d'ICPE sur le site a été corrigé (83 au lieu de 73) ; au sujet des ICPE, il est précisé que « Ces installations n'étant pas, pour la plupart, suivies par l'IRSN, elles ne sont pas prises en compte dans la présente fiche ». Dans la rubrique « Radionucléides présents », il a été précisé que l'iode vient essentiellement de l'INB n°129, et que le carbone 14 provient principalement d'ICPE (laboratoires utilisant des molécules marquées pour la recherche en biologie). Dans la rubrique « Autorisations de rejets », la demande d'autorisation date de 2007 (au lieu de 2006) et l'enquête publique a eu lieu en septembre-novembre 2007 (au lieu de 2006). Dans la rubrique « Événements principaux », la phrase « Ce marquage est significativement plus important dans la zone de l'INB n°72, au niveau du forage F44 » a été remplacée par « Dans la zone de l'INB n°72, outre le marquage en tritium (environ une

centaine de Bq/L), un marquage en carbone 14 a été mis en évidence au niveau du piézomètre F44 ».

- **Annexe 1 - Fiche du site CEA de Valduc, pages 111 à 113** : dans la rubrique « description du site », il est précisé que le CEA de Valduc occupe une propriété de 730 hectares.
- **Annexe 1 - Fiche du site CEA de Grenoble, pages 114 à 116** : dans la rubrique « Description du site, l'INB 21 (Siloette) a été supprimée de la liste des INB (ainsi que dans les tableaux de la rubrique suivante), en raison de son déclassement depuis 2007, afin d'être cohérent avec ce qui a été fait pour les autres installations dans la même situation. Par ailleurs, le dernier alinéa de cette rubrique a été précisé ainsi : « Ces installations n'étant pas suivies par l'IRSN, elles ne sont pas prises en compte dans la présente fiche ». Dans la rubrique « Evénements principaux », l'incident du 30 avril 1996 a entraîné le rejet de 740 GBq de tritium à la cheminée du LAMA (au lieu de 330 Gbq). Concernant le débordement d'une cuve survenu en octobre 2003, il est précisé que les projections n'ont affecté qu'une zone localisée du revêtement de la cour.
- **Annexe 1 - Fiche du site de Marcoule, pages 140 à 143** : dans la rubrique « Description du site », l'INB n° 148 (ATALANTE) ne fait pas partie de l'INBS mais se situe sur le terrain clôturé de celle-ci ; par ailleurs, il est précisé que le réacteur PHENIX est exploité par le CEA, en partenariat avec EDF. Dans la rubrique « Autorisations de rejets », l'arrêté du 18 janvier 2008 prévoit « la remise d'une nouvelle demande d'autorisation » dans un délai d'un an, et non la révision de cette autorisation dans ce délai ; il est également précisé que les 4 INB disposent de leurs propres autorisations. Dans la rubrique « Entreposages anciens de déchets », les quantités de déchets indiquées dans le tableau ont été harmonisées selon l'inventaire du 31 décembre 2006.
- **Annexe 2 - Fiche « nappe phréatique » du CNPE de Chinon, page 161** : dans la rubrique « Résultats de surveillance », la phrase « Chaque fois que la Loire est assez haute pour alimenter la nappe, les rejets en Loire de la centrale peuvent contaminer la nappe en radionucléides » a été remplacée par « Des marquages par du tritium, pouvant atteindre quelques centaines de Bq/L, ont été occasionnellement observés dans les eaux de la nappe phréatique immédiatement à l'aval de l'émissaire de rejet d'effluents liquides. Ces marquages sont provoqués par la réalimentation de la nappe par l'eau la Loire lorsque celle-ci est en crue, alors que l'effluent rejeté n'est pas encore entièrement dilué dans le fleuve. En 1999, EDF a modifié son dispositif de rejet afin d'éviter ces marquages, qui n'ont plus été observés depuis ».
- **Annexe 2 - Fiche « nappe phréatique » du centre de Cadarache** : dans la rubrique « Résultats de surveillance, le membre de phrase « à des émetteurs  $\alpha$  et  $\beta$  dont notamment le strontium » a été remplacé par « à du strontium 90 et dans une moindre mesure à des émetteurs  $\alpha$  ».
- **Annexe 2 - Fiche « nappe phréatique » du centre CEA de Saclay, pages 193 et 194** : dans la rubrique « Contexte hydrogéologique », il a été rajouté, au sujet de l'eau pompée par le Centre d'Essais des Propulseurs, le membre de phrase « et ne l'exploite plus pour ses besoins en eau potable ». Dans la rubrique « Résultats de surveillance », l'indication d'un « marquage local par des émetteurs bêta pur » a été supprimée et remplacée par la mention de la présence de carbone 14 dans la zone de l'INB n° 72, en plus du tritium (de même pour la fiche « site du CEA de Saclay en annexe 1, page 110). Une précision supplémentaire a été introduite au sujet du puits 114-2 de l'INB n° 72 (bouchage à 3 m et incertitude sur les relations avec le marquage en tritium de la nappe des sables de Fontainebleau). La présence de césium dans le puits au sable 40 affecte des terrains en fond de puits. Enfin, une précision supplémentaire a été introduite au sujet de la difficulté de bien caractériser le fonctionnement des nappes superficielles, situées dans des lentilles sédimentaires discontinues.
- **Annexe 2 - Fiche « nappe phréatique » du centre CEA de Valduc, page 195** : dans la rubrique « Contexte hydrogéologique », il a été précisé que le point de captage d'eau le plus proche est situé à 5 km du CEA/Valduc.
- **Annexe 2 - Fiche « nappe phréatique » du site de Marcoule, page 202** : dans la rubrique « Résultats de surveillance », il est précisé que « la contamination résiduelle observée est en diminution ».

# SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJECTIFS GENERAUX DE LA SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>10</b>
2.1. QUELQUES NOTIONS SUR L'ORIGINE ET LE COMPORTEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES DANS L'ENVIRONNEMENT .....	10
2.2. ROLE DE LA SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DANS L'ENVIRONNEMENT DES SITES NUCLEAIRES .....	11
<b>3. DESCRIPTION DE LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>12</b>
3.1. ORGANISATION GENERALE DE LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT .....	12
3.1.1. Les exploitants nucléaires .....	12
3.1.2. Les autorités de sûreté nucléaire (ASN et DSND) .....	13
3.1.3. L'IRSN.....	13
3.2. ETUDES ET SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L'ENVIRONNEMENT MENEES PAR L'IRSN.....	14
3.2.1. Surveillance régulière de la radioactivité de l'environnement .....	14
3.2.2. Etudes environnementales particulières .....	16
3.2.3. Analyses de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine .....	19
3.2.4. Réflexions en cours à l'IRSN sur l'évolution de son dispositif de surveillance .....	20
<b>4. CONNAISSANCE DE L'ETAT RADIOLOGIQUE AUTOUR DES SITES NUCLEAIRES .....</b>	<b>21</b>
4.1. BILAN DES CONNAISSANCES SUR LES SOURCES DE REJETS RADIOACTIFS DES INSTALLATIONS NUCLEAIRES ET DES ENTREPOSAGES ANCIENS DE DECHETS DANS LES INB ET LES INBS .....	21
4.1.1. Rejets d'effluents radioactifs dans l'environnement .....	21
4.1.2. Entreposages anciens de déchets dans les INB et les INBS .....	23
4.2. BILAN DES CONNAISSANCES SUR LES MARQUAGES AUTOUR DES SITES NUCLEAIRES, DANS LES EAUX SUPERFICIELLES ET DANS LE MILIEU TERRESTRE .....	27
4.2.1. CNPE .....	28
4.2.2. Centres du CEA.....	28
4.2.3. Sites industriels du cycle du combustible nucléaire .....	29
4.3. SITUATION DES NAPPES PHREATIQUES .....	30
4.3.1. Généralités sur le comportement des substances radioactives dans les sols et les nappes phréatiques .....	30
4.3.2. Aperçu d'ensemble sur le marquage des nappes phréatiques sous l'emprise des sites nucléaires ou dans leur voisinage.....	33
<b>5. PUBLICATION DES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE ET IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES .....</b>	<b>36</b>
5.1. ACTIONS DE L'IRSN POUR METTRE A DISPOSITION DU PUBLIC DES INFORMATIONS SUR L'ETAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT .....	37
5.1.1. Bilans annuels de l'état radiologique de l'environnement.....	37

5.1.2. Site Internet de l'IRSN.....	37
5.1.3. Opérations à l'attention de certains publics .....	38
5.1.4. Diffusion d'information dans le cadre de traités ou conventions internationaux.....	38
5.2. RETOUR D'EXPERIENCE DE L'IRSN EN MATIERE D'IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES A LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT .....	39
5.2.1. Implication des parties prenantes dans la restitution de l'information .....	39
5.2.2. Implication des parties prenantes dans la réalisation de mesures .....	40
5.2.3. Implication des parties prenantes dans la définition des plans de surveillance .....	40
5.2.4. Enseignements tirés par l'IRSN de ces expériences .....	40
5.3. LE DEVELOPPEMENT DU RESEAU NATIONAL DE MESURES DE LA RADIOACTIVITE DE L'ENVIRONNEMENT .....	41
<b>6. CONCLUSIONS GENERALES ET PROPOSITIONS DE L'IRSN .....</b>	<b>42</b>
6.1. APPRECIATION DE L'IRSN SUR L'ETAT DE LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES NUCLEAIRES ET DE LA QUALITE RADIOLOGIQUE DES MILIEUX.....	42
6.2. APPRECIATION DE L'IRSN SUR LES NAPPES OU COURS D'EAUX QUI PRESENTERAIENT UN MARQUAGE RADIOLOGIQUE .....	44
6.3. APPRECIATION DE L'IRSN SUR LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'EAU DES NAPPES QUI S'ECOULENT AU DROIT DES ANCIENS ENTREPOSAGES DE DECHETS RADIOACTIFS NOTAMMENT RECENSES DANS L'INVENTAIRE DE L'ANDRA.....	46
6.4. APPRECIATION DE L'IRSN SUR LA DIFFUSION DES INFORMATIONS RELATIVES A LA SURVEILLANCE AUPRES DU PUBLIC ET SUR LES BENEFICES ET LES LIMITES DU FUTUR RESEAU NATIONAL DE MESURES DE LA RADIOACTIVITE DE L'ENVIRONNEMENT (RNM) .....	47
6.5. PROPOSITIONS DE L'IRSN EN TERMES DE TRANSPARENCE ET D'IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES .....	48
<b>ANNEXE 1 - FICHES DESCRIPTIVES DES SITES INB ET INBS .....</b>	<b>50</b>
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE BELLEVILLE-SUR-LOIRE.....	51
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DU BLAYAIS .....	54
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE BUGEY .....	56
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CATTENOM .....	58
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CHINON .....	60
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CHOOZ .....	65
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CIVAUX.....	68
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CRUAS-MEYSSE .....	69
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE DAMPIERRE-EN-BURLY.....	71
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE FESSENHEIM.....	73
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE FLAMANVILLE .....	75
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE GOLFECH .....	77
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE GRAVELINES.....	79
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE NOGENT-SUR-SEINE.....	82
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE PALUEL .....	84
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE PENLY .....	86

CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE SAINT-ALBAN - SAINT MAURICE .....	88
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE SAINT-LAURENT-DES-EAUX .....	90
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DU TRICASTIN.....	93
ANCIENNE CENTRALE NUCLEAIRE DE BRENNILIS.....	96
ANCIEN SURGENERATEUR SUPERPHENIX A CREYS-MALVILLE .....	98
CENTRE CEA DE BRUYERES-LE-CHATEL (INBS).....	100
CENTRE CEA DE CADARACHE .....	103
CENTRE CEA DE FONTENAY-AUX-ROSES .....	106
CENTRE CEA DE SACLAY .....	108
CENTRE CEA DE VALDUC (INBS) .....	111
CENTRE CEA DE GRENOBLE .....	114
INSTITUT LAUE-LANGEVIN DE GRENOBLE .....	117
CENTRE DE STOCKAGE DE DECHETS FA/MA DE SOULAINES (ANDRA) .....	119
FBFC A ROMANS-SUR-ISERE .....	121
GANIL A CAEN .....	123
IONISOS A DAGNEUX .....	125
IONISOS A POUZAUGES .....	126
IONISOS A SABLE-SUR-SARTHE.....	127
ISOTRON A MARSEILLE .....	128
LURE A ORSAY.....	129
ANCIEN REACTEUR UNIVERSITAIRE DE STRASBOURG (RUS) .....	130
SIGN A VEUREY-VOROIZE .....	131
AREVA-NC A LA HAGUE .....	133
CENTRE DE STOCKAGE DE LA MANCHE A LA HAGUE (ANDRA).....	138
SITE NUCLEAIRE DE MARCOULE .....	140
SITE NUCLEAIRE DU TRICASTIN (HORS CNPE).....	144
EADS/SODERN (SOCIETE D'ETUDES ET DE REALISATION NUCLEAIRE) A LIMEIL-BREVANNES (INBS).....	149
SOMANU A MAUBEUGE .....	151

## **ANNEXE 2 - FICHES DESCRIPTIVES DES NAPPES PHREATIQUES AUTOUR DES SITES**

### **NUCLEAIRES..... 153**

CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE BELLEVILLE-SUR-LOIRE.....	154
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DU BLAYAIS .....	155
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE BUGEY .....	157
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CATTENOM .....	159
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CHINON .....	161
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CHOOZ .....	163
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CIVAUX.....	165
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CRUAS-MEYSSE .....	166
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE DAMPIERRE-EN-BURLY.....	168
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE FESSENHEIM.....	170
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE FLAMANVILLE .....	172

CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE GOLFECH .....	173
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE GRAVELINES.....	175
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE NOGENT-SUR-SEINE.....	177
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE PALUEL .....	179
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE PENLY .....	180
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE SAINT-ALBAN - SAINT MAURICE.....	182
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE SAINT-LAURENT-DES-EAUX .....	183
CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DU TRICASTIN.....	185
ANCIENNE CENTRALE NUCLEAIRE DE BRENNILIS.....	187
ANCIEN SURGENERATEUR SUPERPHENIX A CREYS-MALVILLE .....	188
CENTRE CEA DE CADARACHE .....	189
CENTRE CEA DE GRENOBLE .....	191
CENTRE CEA DE SACLAY .....	192
CENTRE CEA DE VALDUC .....	194
CENTRE DE STOCKAGE DE DECHETS FA/MA DE SOULAINES (ANDRA) .....	195
FBFC A ROMANS-SUR-ISERE .....	196
SIGN A VEUREY-VOROIZE .....	197
SITE NUCLEAIRE DE LA HAGUE (AREVA-NC) .....	198
CENTRE DE STOCKAGE DE LA MANCHE (CSM - ANDRA).....	200
SITE NUCLEAIRE DE MARCOULE .....	201
SITE NUCLEAIRE DU TRICASTIN (HORS CNPE).....	202
<b>ANNEXE 3 - FICHE RELATIVE A LA VALEUR-GUIDE DE REFERENCE PROPOSEE PAR L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (OMS) POUR LA CONCENTRATION EN URANIUM DANS L'EAU DESTINEE A LA CONSOMMATION HUMAINE.....</b>	<b>203</b>

# 1. INTRODUCTION

A la suite du déversement accidentel dans l'environnement d'une solution contenant de l'uranium, survenu dans la nuit du 7 au 8 juillet 2008 à l'usine SOCATRI de Bollène, le Ministre d'Etat, ministre de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire a saisi le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) pour recueillir son avis sur :

- le suivi radioécologique de l'ensemble des sites nucléaires ;
- la gestion des anciens sites d'entreposage de déchets radioactifs.

Pour préparer la séance d'auditions du HCTISN prévue le 23 septembre 2008, son président a en particulier adressé une demande à l'IRSN, en date du 22 juillet 2008, portant sur :

- l'état de la surveillance des milieux et de leur qualité, et la diffusion de ces informations auprès du public,
- l'identification des nappes ou cours d'eau qui présenteraient un marquage radiologique ou chimique,
- le lien de ces éléments avec le futur réseau national de la mesure de la radioactivité de l'environnement.

Ce bilan doit également permettre de dresser un état des lieux de la surveillance de la qualité des eaux souterraines des nappes qui s'écoulent au droit des anciens entreposages de déchets radioactifs notamment recensés dans l'inventaire de l'ANDRA.

Le HCTISN sollicite enfin de la part de l'IRSN des propositions en termes de transparence et de mise à disposition de l'information, mais aussi en termes de méthodes.

Compte-tenu du délai court et de la masse d'informations à rassembler et à traiter, l'IRSN a choisi de restreindre sa contribution :

- aux sites abritant des Installations Nucléaires de Base (INB) et des Installations Nucléaires de Base classées Secrètes (INBS) relevant du ministre chargé de l'énergie ;
- aux anciens entreposages de déchets radioactifs situés dans les INB ou INBS.

L'IRSN n'est pas en mesure d'aborder dans ce rapport le cas des autres entreposages ou stockages de déchets recensés dans l'inventaire de l'ANDRA (en dehors de ceux présents dans des INB/INBS), car les connaissances dont il dispose sur leur état radiologique sont partielles et l'engagement de recherches à ce sujet n'était pas compatible avec le délai de remise du rapport. Ainsi, sont exclus : les entreposages ou stockages de déchets radioactifs présents dans les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) en exploitation ou arrêtées, pour lesquels l'IRSN n'a aucune action systématique d'expertise ou de surveillance ; les sites et sols pollués par des produits radioactifs en rapport avec des activités historiques, pour lesquels l'IRSN n'exerce que des expertises ponctuelles à la demande des pouvoirs publics (anciens sites de production ou d'utilisation de radium principalement).

Il convient cependant de mentionner l'existence d'actions en cours impliquant l'IRSN, au sujet des anciens sites d'extraction et de traitement de minerais d'uranium, dont certains comportent des stockages de résidus signalés dans l'inventaire de l'ANDRA :

- le programme d'inventaire MIMAUSA (*Mémoire et Impact des Mines d'urAniUm : Synthèse et Archives*) réalisé à la demande de la DGPR : cette action, lancée en 2003, a été confiée à l'IRSN qui a produit en septembre 2007 une nouvelle édition de l'inventaire, disponible sur son site internet. Ce programme vise à recenser d'une manière exhaustive les sites sur lesquels ont été menées des activités d'exploration, d'extraction ou de traitement de minerai d'uranium et à mettre les informations recueillies à la disposition du public. Le travail de l'IRSN se poursuit pour compléter les informations, notamment pour ce qui concerne l'impact environnemental des sites ;
- le groupe d'expertise pluraliste (GEP) sur les mines d'uranium du Limousin : mis en place en juin 2006, il doit, à partir d'un état des lieux critique de la situation des anciens sites exploités dans cette région, proposer aux pouvoirs publics des pistes d'amélioration des conditions de surveillance et de gestion à long terme et, le cas échéant, identifier des actions permettant de

réduire les impacts actuels. La composition du groupe est marquée par sa pluralité et la volonté affichée de prendre en compte l'ensemble des sensibilités et des sources d'information disponibles. Il est amené à présenter l'avancement de ses travaux devant les instances d'information et de concertation mises en place localement.

Compte tenu de ces actions en cours, le cas des sites miniers d'uranium n'est pas développé dans le présent rapport.

Enfin, il est à noter que la mission de l'IRSN inscrite dans son décret de création concerne la surveillance radiologique du territoire et n'inclut pas la surveillance des polluants chimiques autres que l'uranium, pour lesquels l'IRSN n'a qu'une connaissance très partielle liée à des activités d'expertise spécifiques. L'état du marquage par des substances chimiques autour des sites nucléaires n'est donc pas développé dans ce rapport.

## **2. OBJECTIFS GENERAUX DE LA SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L'ENVIRONNEMENT**

### **2.1. QUELQUES NOTIONS SUR L'ORIGINE ET LE COMPORTEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES DANS L'ENVIRONNEMENT**

Les activités humaines mettant en œuvre des substances radioactives sont susceptibles d'entraîner le rejet de radionucléides dans l'environnement, soit dans le cadre de leur exercice normal (rejets autorisés), soit lors d'incidents ou d'accidents d'exploitation, soit de manière intentionnelle (abandon de déchets, actes malveillants).

En outre, des sources naturelles apportent régulièrement des radionucléides dans l'environnement ; il s'agit par exemple du tritium ( $^3\text{H}$ ), du carbone 14 ( $^{14}\text{C}$ ), du potassium 40 ( $^{40}\text{K}$ ), de l'uranium et de ses descendants, etc..

Il convient donc de s'interroger sur le devenir des substances radioactives dans l'environnement et sur leur impact sur les ressources d'intérêt économique (notamment l'eau et l'agriculture), la santé de l'homme et l'environnement. C'est pourquoi au développement des activités nucléaires, au sens large du terme, sont associées des évaluations et des dispositions techniques permettant de répondre à ces interrogations et de s'assurer du respect des règles de radioprotection.

Plus précisément, la présence de radionucléides dans l'environnement peut avoir pour origines (autres que naturelles) :

- l'émission, dans des conditions contrôlées, de substances radioactives dans l'air ou dans les milieux aquatiques et marins, encadrée par des autorisations de rejet délivrées par les autorités compétentes de l'Etat, après évaluation préalable de l'impact prévisible sur les milieux et sur la santé des populations. Ces autorisations sont assorties de prescriptions (limitation des activités rejetées, surveillance, etc.) que doit respecter l'exploitant de l'activité nucléaire (pour plus de détails, voir la contribution de l'ASN). Il convient de souligner que la législation actuelle interdit le rejet d'effluents radioactifs dans les nappes phréatiques ; par ailleurs, la réglementation applicable aux rejets autorisés a évolué au fil des années, notamment pour ce qui concerne les limites de rejets qui ont été régulièrement revues à la baisse, en application du principe d'optimisation ;
- la diffusion, notamment par des eaux d'infiltration, de radionucléides contenus dans des déchets déposés en surface ou enfouis dans le sol, dans des conditions qui ne permettent pas d'assurer un confinement total des radionucléides. En l'occurrence, ceci concerne des sites radiocontaminés (par exemple d'anciens sites ayant extrait du radium au cours de la première moitié du 20<sup>ème</sup> siècle) mais aussi certains entreposages anciens présents sur des sites nucléaires ;
- un rejet accidentel de substances radioactives dans l'air, dans l'eau ou dans le sol, directement ou du fait de retombées atmosphériques de poussières ;
- la rémanence de radionucléides dans différentes composantes de l'environnement, provenant de rejets anciens dans l'air ou dans l'eau. Cette rémanence ne concerne en pratique que des

radionucléides à demi-vie assez longue (au moins plusieurs années), tendant à se fixer dans les sols, les sédiments ou certains organismes vivants. En France, comme dans le reste de l'Europe, il existe une rémanence de radionucléides (en particulier le césium 137) due aux retombées atmosphériques des tirs nucléaires et de l'accident de Tchernobyl.

Pour appréhender l'incidence de telles situations en termes de risque pour les personnes ou d'atteinte à certains intérêts économiques, il convient d'évaluer, par la mesure ou la modélisation, les transferts de radionucléides dans les différents milieux environnementaux ainsi que les voies d'exposition de l'homme. Pour les situations de marquage chronique de l'environnement, les deux principales voies d'exposition des personnes sont l'irradiation externe à partir des dépôts dans les sols (pour les radionucléides émetteurs gamma) et l'ingestion d'eau et d'aliments contenant des radionucléides. La quantification des doses résultant de ces expositions permet alors d'apprécier la situation et de définir le cas échéant des dispositions visant à maintenir les doses à un niveau aussi bas que raisonnablement possible.

## 2.2. ROLE DE LA SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DANS L'ENVIRONNEMENT DES SITES NUCLEAIRES

La surveillance régulière mise en place autour des sites nucléaires répond à trois objectifs principaux et complémentaires :

- 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 d'exposition excessive des personnes ou des écosystèmes ;
- détecter rapidement et caractériser toute élévation de radioactivité pouvant résulter d'un incident ou d'un accident survenant dans une installation nucléaire.

Il convient de noter que les deux derniers objectifs sont de portée générale et s'appliquent également à la surveillance radiologique du territoire dans son ensemble, telle que la réalise l'IRSN.

En pratique, pour respecter ces objectifs, la surveillance est assurée par un ensemble de stations de prélèvement d'échantillons et de mesure, répartis en divers points sur les sites nucléaires et autour de ceux-ci, et concernant des milieux et composantes de l'environnement susceptibles d'être affectés par les rejets radioactifs du site nucléaire. Cette surveillance « de routine » est assurée dans la durée grâce à des résultats obtenus à fréquences régulières, voire en continu pour certains paramètres. Si nécessaire, une surveillance complémentaire peut être mise en place en cas d'événement ou de détection d'anomalie. Sur un plan technique, la surveillance est assurée par deux approches complémentaires :

- des prélèvements d'échantillons (poussières de l'air, eau, sols, sédiments, produits animaux ou végétaux) traités et analysés dans des laboratoires agréés à cet effet (cf. contribution de l'ASN) ;
- des balises de mesure automatique du rayonnement ambiant dans l'air ou dans les fleuves, assurant la transmission en temps réel de données à un système de supervision pouvant déclencher une alerte du gestionnaire du dispositif de surveillance, en cas d'élévation inhabituelle de radioactivité.

Compte tenu de la quantité d'échantillons à analyser et de la nécessité de disposer de résultats de mesure dans des délais aussi courts que possible, les techniques employées dans les laboratoires d'analyse privilégient le plus souvent la mesure d'indicateurs globaux (en particulier les activités alpha et bêta globales) ou d'un radionucléide d'intérêt particulier (par exemple le tritium), avec une limite de détection qui suffit largement au respect des trois objectifs susmentionnés. Cependant, ces résultats de mesures ne permettent pas d'accéder à chaque fois au marquage réel de l'environnement autour des sites dès lors que celui-ci est inférieur aux limites de détection.

C'est pourquoi, en complément de la surveillance régulière de l'environnement des sites nucléaires, il est utile de réaliser un suivi radioécologique périodique visant une caractérisation plus complète, et à plus bas niveau, de l'état radiologique autour des sites, ainsi que son évolution dans le temps. Les objectifs poursuivis par ces études radioécologiques sont principalement :

- de connaître l'état initial des composantes de l'environnement avant l'implantation d'une nouvelle installation nucléaire (point zéro), notamment pour ce qui concerne les radionucléides rémanents provenant de retombées atmosphériques globales ou d'activités nucléaires antérieures situées au voisinage (ou en amont hydraulique) et les radionucléides d'origine naturelle ;
- de déterminer périodiquement l'influence des rejets normaux de l'installation nucléaire (ou éventuellement de ceux résultant d'un accident), lorsqu'elle est observable, et actualiser l'état radiologique de référence établi lors du point zéro qui peut évoluer soit à la hausse (marquage dû à l'installation nucléaire considérée ou à d'autres activités nucléaires du voisinage), soit à la baisse (dilution progressive ou décroissance radioactive des radionucléides rémanents).

Lorsque ces études sont réalisées périodiquement autour d'un même site, elles permettent d'observer les tendances d'évolution de l'état radiologique sur le moyen terme et la variabilité des niveaux de marquage des différentes matrices environnementales ; ce sont des informations précieuses pour interpréter correctement les résultats des mesures faites dans l'environnement à la suite d'un rejet accidentel. En revanche, les techniques de prélèvements et de mesures mises en œuvre pour ces études ne permettent pas de rendre des résultats dans des délais courts et sont donc inadaptées pour la détection précoce d'anomalies ou d'incidents liés à l'exploitation des installations nucléaires.

### **3. DESCRIPTION DE LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT**

#### **3.1. ORGANISATION GENERALE DE LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT**

La surveillance de la radioactivité de l'environnement autour des sites nucléaires ou sur l'ensemble du territoire implique de multiples acteurs, parmi lesquels il convient de citer principalement :

##### **3.1.1. LES EXPLOITANTS NUCLEAIRES**

Les exploitants d'installations nucléaires ont la responsabilité d'assurer la surveillance des effluents rejetés par leurs installations ainsi que de l'environnement de celles-ci, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des sites nucléaires. D'une manière générale, cette surveillance est déterminée par :

- les prescriptions réglementaires fixées dans les arrêtés d'autorisation de prélèvements d'eau et de rejets d'effluents (surveillance dite « réglementaire ») ; les mesures de radioactivité doivent être réalisées par des laboratoires agréés à cet effet (cf. § 3.1.1 et § 5.3) ; les résultats de cette surveillance doivent être consignés dans des registres transmis, selon le cas, à l'ASN ou au DSND ;
- les dispositions de surveillance retenues dans les rapports de sûreté des installations concernées, soumis à l'examen de l'ASN ou du DSND. Cette surveillance dite « complémentaire » vise à détecter et caractériser d'éventuelles contaminations résultant de dysfonctionnements, d'incidents ou d'accidents et se situe généralement au plus près des sources possibles de rejet accidentel. En particulier, pour de nombreux sites nucléaires, elle concerne la surveillance des nappes phréatiques dans l'emprise du site. Les résultats de cette surveillance complémentaire ne sont pas consignés dans les registres évoqués au point précédent.

L'ensemble de ce dispositif de surveillance placé sous la responsabilité de l'exploitant nucléaire constitue la source principale de production de résultats de mesures permettant de connaître régulièrement l'état radiologique à l'intérieur des sites nucléaires et dans les quelques kilomètres autour.

Par ailleurs, certains exploitants font réaliser par des organismes experts des études radioécologiques autour de leurs sites nucléaires, afin de disposer périodiquement d'une connaissance plus précise de l'état de marquage des différents milieux, quelle qu'en soit l'origine. C'est en particulier le cas d'EDF

qui depuis le début des années 1990 fait réaliser par l'IRSN un suivi radioécologique annuel de ses sites en exploitation, complété par des bilans décennaux plus approfondis (voir aussi le § 3.2.2). Les résultats de ces études sont exploités à la fois par l'exploitant, notamment dans le cadre du bilan annuel public qu'il doit réaliser, et par l'IRSN dans le cadre de travaux d'étude de la radioactivité de l'environnement.

### 3.1.2. LES AUTORITES DE SURETE NUCLEAIRE (ASN ET DSND)

Dans le champ de ses attributions définies par la loi relative à la transparence et à la sécurité nucléaire (dite loi TSN), l'ASN prend des décisions réglementaires à caractère technique s'appliquant aux exploitants d'INB et, dans ce cadre, fixe en particulier des prescriptions en matière de surveillance de la radioactivité sur les sites nucléaires ne relevant pas de la Défense et dans leur environnement. Plus précisément, ces prescriptions sont définies dans des décisions homologuées (et antérieurement dans des arrêtés ministériels) prises à l'issue de l'instruction des demandes d'autorisation de prélèvements d'eau et de rejets d'effluents (DARPE) faites par les exploitants nucléaires.

L'ASN assure le contrôle du respect de ces prescriptions, notamment en examinant les registres de surveillance produits par les exploitants et en réalisant des inspections.

Dans le cas des installations et activités nucléaires intéressant la défense (dont les INBS), ces attributions relèvent soit du ministre chargé de l'industrie, soit du ministre de la défense (secteur militaire), qui dispose d'un délégué (DSND) chargé de leur proposer les règles applicables à ces installations et d'en assurer le contrôle.

Par ailleurs, l'ASN délivre des agréments aux laboratoires réalisant des mesures de radioactivité dans l'environnement, notamment dans le cadre de la surveillance réglementaire des installations nucléaires.

Enfin, elle apporte son concours au ministère de la santé pour la définition des dispositions techniques applicables au contrôle sanitaire de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine, ainsi que pour l'agrément des laboratoires réalisant les mesures de contrôle.

Pour l'ensemble de ces activités, l'ASN et, pour ce qui le concerne, le DSND, sollicitent l'appui technique de l'IRSN.

Pour plus de détail, il convient de se reporter aux contributions de l'ASN et du DSND.

### 3.1.3. L'IRSN

L'IRSN contribue à l'évaluation de l'état radiologique de l'environnement de deux manières :

- 1) en réalisant des expertises au titre de l'appui technique fourni à l'ASN ou au DSND, principalement dans le cadre :
  - de l'analyse des demandes d'autorisation de prélèvements d'eau et de rejets d'effluents : l'IRSN émet des avis notamment sur les niveaux de rejets indiqués par l'exploitant nucléaire dans sa demande d'autorisation, sur le calcul des doses prévisibles résultant de ces rejets et sur la surveillance réglementaire de l'environnement assurée par l'exploitant ;
  - de l'analyse des rapports de sûreté des installations nucléaires, notamment pour ce qui concerne la connaissance des nappes phréatiques et de leur vulnérabilité, ainsi que des dispositions prévues par l'exploitant pour leur surveillance.

Ces expertises de l'IRSN permettent à l'autorité de sûreté compétente de fixer les prescriptions des autorisations de rejet ou des autorisations nécessaires au fonctionnement des installations (voir également le § 4.3). En complément, des experts de l'IRSN peuvent être sollicités pour accompagner des inspections initiées par l'ASN sur le thème de l'environnement.

- 2) en contribuant à la surveillance radiologique du territoire, conformément à son décret. Dans ce cadre, l'IRSN réalise une surveillance régulière autour des sites nucléaires, complémentaire de celle mise en place par les exploitants nucléaires, mais aussi une surveillance plus générale du territoire. Par ailleurs, l'IRSN réalise des études sur la radioactivité de l'environnement et des analyses d'eau destinée à la consommation humaine, dont les résultats apportent une

information complémentaire sur l'état radiologique des milieux. Une information plus détaillée sur ces activités de surveillance, d'étude et d'analyse de la radioactivité de l'environnement est fournie au paragraphe 3.2 qui suit.

## **3.2. ETUDES ET SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITE DE L'ENVIRONNEMENT MENEES PAR L'IRSN**

### **3.2.1. SURVEILLANCE REGULIERE DE LA RADIOACTIVITE DE L'ENVIRONNEMENT**

Le dispositif de surveillance de la radioactivité de l'environnement exploité aujourd'hui par l'IRSN est le fruit d'un développement historique et graduel, démarré dans les années 50 par le Service central de protection contre les rayonnements ionisants (SCPRI) et poursuivi depuis 1994 par l'OPRI puis par l'IRSN à partir de 2002. Au départ, la mise en place d'une surveillance radiologique du territoire visait à mesurer les retombées radioactives des essais nucléaires atmosphériques réalisés dans l'hémisphère nord. Le développement de ce dispositif de surveillance a également accompagné, à partir des années 70, celui du parc électronucléaire français, pour aboutir à un ensemble de réseaux permanents de stations de prélèvements et de mesures ayant un rôle de « sentinelle », répartis sur l'ensemble du territoire national, en privilégiant l'environnement proche des principaux sites nucléaires.

Ce dispositif de surveillance comprend aujourd'hui :

- des réseaux de prélèvement d'échantillons de l'environnement ;
- des réseaux de télésurveillances automatisés.

Ces réseaux fournissent de nombreux résultats de mesure, en temps réel dans le cas de la télésurveillance, ou dans des délais aussi courts que possible dans le cas des analyses d'échantillons, en s'intéressant particulièrement à des indicateurs globaux, de manière à répondre aux objectifs généraux de la surveillance rappelés au paragraphe 2.2. L'exploitation de ces réseaux de prélèvements et de télésurveillance mobilise en permanence près de 40 salariés de l'IRSN, dont plus des deux tiers sont des techniciens, afin d'organiser la collecte, le traitement et l'analyse des échantillons, la maintenance des balises, le maintien du dispositif d'alerte (y compris en astreinte), l'interprétation et la mise à disposition des résultats de la surveillance (cf. § 5.1).

#### **3.2.1.1 Surveillance par prélèvements d'échantillons**

Les réseaux de prélèvements d'échantillons de l'environnement, constitués d'environ 600 stations réparties sur le territoire, fournissent chaque année plus de 30 000 échantillons de natures variées, sur lesquels sont pratiquées 54 000 analyses de radioactivité. La grande majorité de ces échantillons (78 %) provient du réseau de prélèvements d'air au sol (AS) composé de 70 stations (figure 1), dont 34 à proximité des installations nucléaires, 25 dans des sites urbains, 7 sur des sites dits « de référence » et 4 outre-mer. Ce réseau AS permet de suivre quotidiennement la radioactivité des particules en suspension dans l'air (aérosols) et aurait un rôle essentiel pour évaluer l'ampleur des conséquences d'un rejet radioactif accidentel dans l'atmosphère.

Les autres types de prélèvements, dont les proportions sont indiquées sur la figure 2, concernent des matrices variées, avec une prédominance des analyses pour le milieu aquatique superficiel. On peut constater qu'actuellement l'IRSN réalise très peu de mesures dans les eaux de nappes phréatiques autour des sites nucléaires : 95 échantillons ont été analysés en 2007, prélevés en 42 points concernant 10 sites (principalement Marcoule, Tricastin et La Hague). Cette situation sera commentée plus spécifiquement dans le paragraphe 4.3.

L'ensemble des échantillons provenant des réseaux de surveillance de l'IRSN sont analysés dans les laboratoires de l'IRSN, qui disposent d'accréditations par le COFRAC, garantissant ainsi la qualité métrologique des résultats obtenus.

En outre, l'IRSN mesure la dose due au rayonnement gamma ambiant, intégrée sur 6 mois, à l'aide de dosimètres thermo-luminescents répartis sur environ 1 000 points du territoire.

Il convient de souligner qu'en raison de l'étendue territoriale de ses réseaux de prélèvements, l'IRSN n'assure par lui-même qu'une partie de la collecte des échantillons qu'il analyse, le reste étant réalisé par des correspondants locaux (services techniques des exploitants nucléaires, Météo-France, Marine

Nationale, services administratifs locaux et services déconcentrés de l'Etat, Office national interprofessionnel des céréales, exploitants agricoles, particuliers, etc.) selon les consignes fournies par l'IRSN. Cette dépendance est une source de fragilité, dans un contexte de désengagement progressif du soutien de certains de ces acteurs locaux à cette mission de l'IRSN, notamment des DDASS depuis 2003 ; elle donne lieu également à certaines critiques concernant la maîtrise des opérations de prélèvement par l'IRSN.



Figure 1 - Carte d'implantation des stations de prélèvement d'aérosols du réseau « AS »

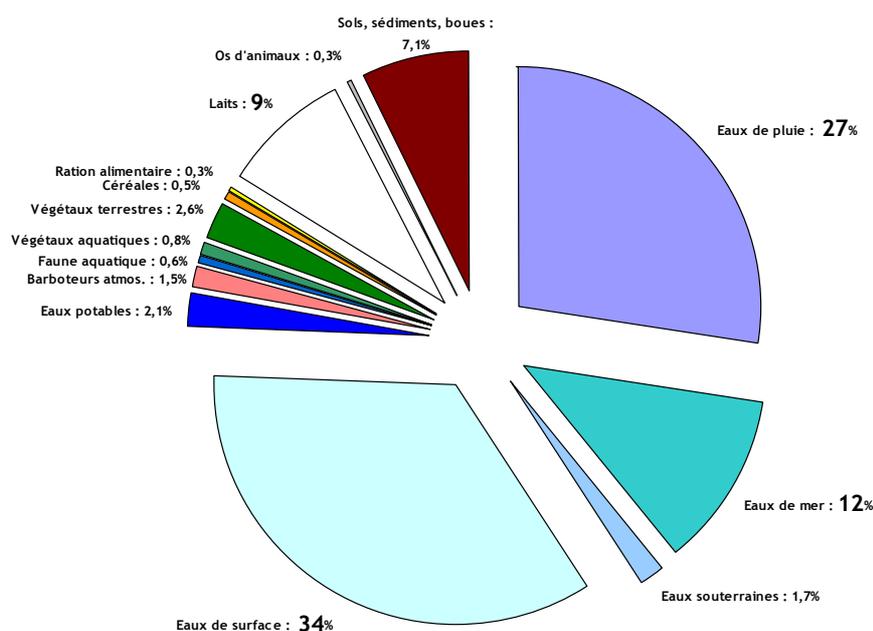


Figure 2 - Nature et proportions des échantillons prélevés dans l'environnement (hors aérosols) dans le cadre de la surveillance assurée par l'IRSN sur le territoire français (année 2007)

### 3.2.1.2 Télesurveillance

Les réseaux automatisés de télesurveillance, dédiés à la surveillance continue du milieu atmosphérique et aquatique, sont constitués :

- du réseau TELERAY, dédié à la surveillance en continu du rayonnement gamma ambiant de l'air (19 millions de mesures par an), avec une fonction d'alerte en cas d'élévation inhabituelle du débit de dose ambiant. Il s'agit d'un réseau de télesurveillance, constitué de 164 balises en France (figure 3) : 38 autour des sites nucléaires, 120 réparties sur le territoire métropolitain (dont plus d'une douzaine en région parisienne) et 6 dans les DOM-TOM ;
- du réseau SARA (13 balises), assurant la mesure en continu de la radioactivité des aérosols atmosphériques, au moyen de balises automatisées de prélèvement et de mesure des aérosols et télétransmission périodique des résultats vers un superviseur central de l'IRSN au Vésinet ;
- du réseau HYDROTELERAY (7 stations), dédié à la surveillance en continu des fleuves recevant les effluents des centrales nucléaires, en amont de leur débouché en mer ou de leur sortie du territoire national. Chacune des stations permet la réalisation d'une mesure par spectrométrie gamma toutes les 2 heures et de l'échantillonnage automatique d'eau en cas de détection de radionucléides inhabituels ;
- du réseau TELEHYDRO (7 stations), dédié à la mesure en continu des radionucléides émetteurs gamma dans les eaux usées au sein de quelques stations d'épuration de grandes agglomérations françaises.

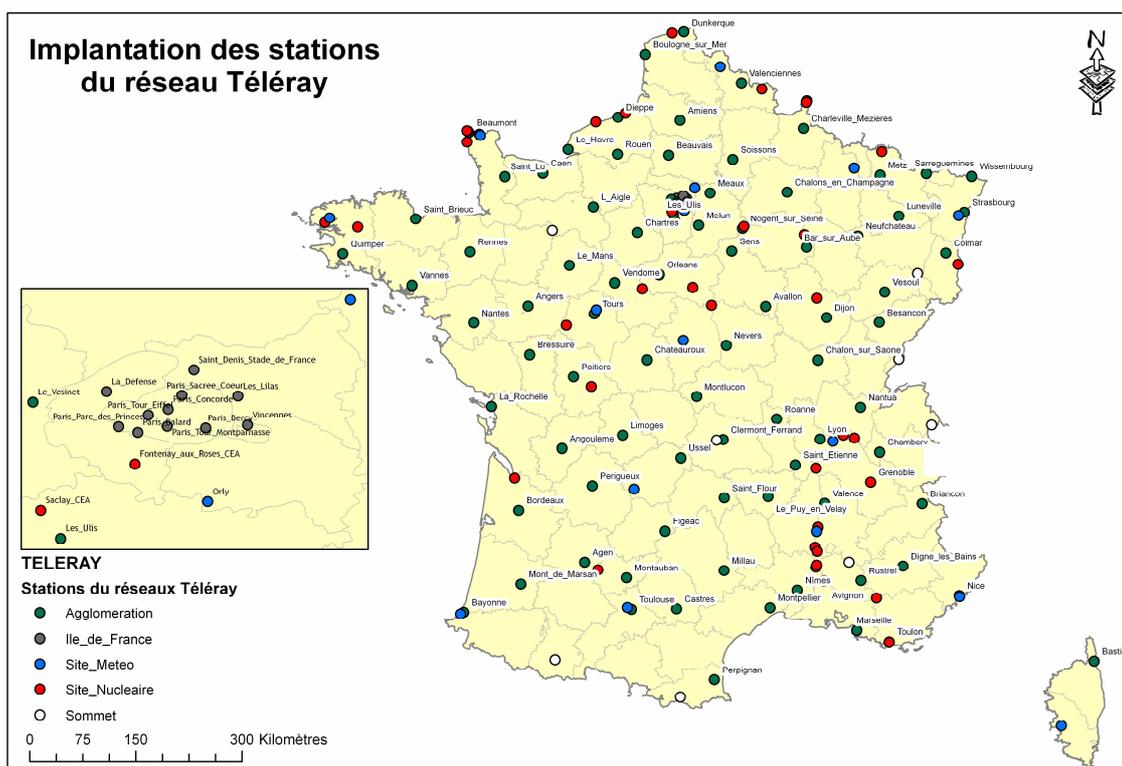


Figure 3 - Répartition territoriale des balises du réseau TELERAY

### 3.2.2. ETUDES ENVIRONNEMENTALES PARTICULIERES

L'IRSN acquiert régulièrement des données sur la radioactivité de l'environnement grâce aux études radioécologiques qu'il réalise :

- à la demande d'exploitants nucléaires, des pouvoirs publics ou de représentants de la société civile (CLI, collectivités, associations...) ;

- ou dans le cadre de ses propres programmes de recherche.

Ces données permettent à l'IRSN de consolider sa connaissance de l'état radiologique de l'environnement et complètent celles provenant directement de la surveillance de l'environnement.

Les études radioécologiques, qui peuvent être menées aussi bien dans l'environnement des sites nucléaires que dans des territoires non soumis à l'influence directe des installations nucléaires, ont pour objectifs de caractériser aussi précisément que possible l'état radiologique des milieux, d'expliquer la présence (origine et transferts) des radionucléides décelés et d'évaluer leur devenir (voir aussi le § 2.2.2). Dans l'environnement d'une installation nucléaire, il s'agit notamment de préciser et d'actualiser la connaissance des marquages pouvant résulter des rejets de l'installation. Ces études peuvent également servir à l'évaluation des doses reçues par les personnes susceptibles d'être exposées aux radionucléides décelés dans l'environnement.

Pour répondre à ces objectifs, les radionucléides sont identifiés et mesurés dans les milieux terrestres, dulçaquicoles et marins, aux niveaux les plus bas possibles grâce aux meilleures techniques de prélèvement et d'analyse disponibles. Compte tenu des très faibles niveaux d'activité rencontrés dans l'environnement, différents bio-indicateurs sont utilisés pour leur capacité à révéler un marquage par les rejets atmosphériques ou liquides (bryophytes, lichens, feuilles d'arbres, plantes aquatiques, sédiments), en complément de l'échantillonnage de denrées réputées sensibles. Outre les activités massiques ou volumiques des radionucléides (exprimées en Bq/kg ou Bq/L), différents indices et méthodes géochimiques permettent de préciser l'origine des substances radioactives, et de déceler de très faibles excès d'activités ou enrichissements isotopiques. A cet effet, l'IRSN fait régulièrement appel à d'autres organismes pour leurs compétences et pour réaliser diverses analyses physico chimiques, minéralogiques...

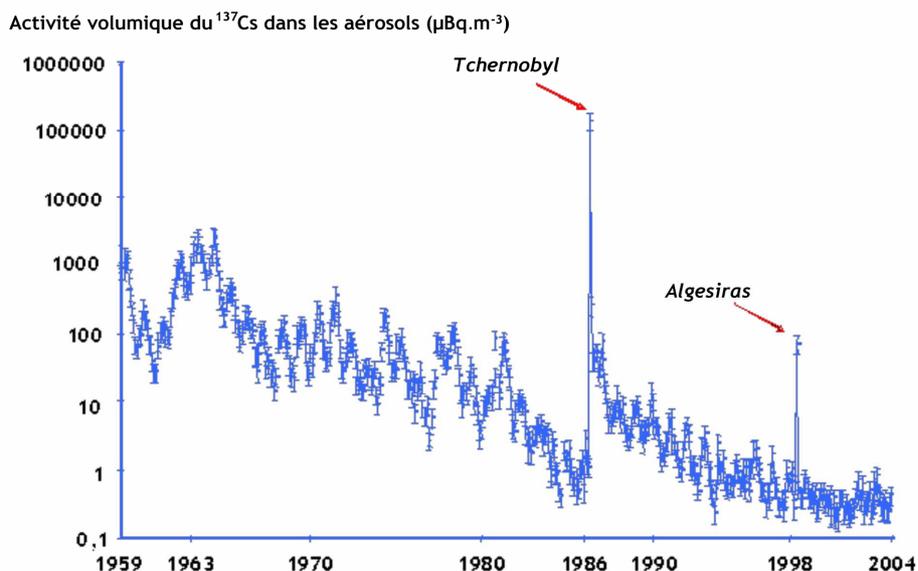
Les études radioécologiques menées sur le terrain mobilisent plus d'une trentaine de salariés de l'IRSN, dont environ la moitié est constituée d'ingénieurs et de chercheurs. La plupart des mesures de radioactivité nécessaires à ces différentes études doivent permettre d'accéder à des valeurs significatives à très bas niveau ; à cet effet, ces mesures sont effectuées par un laboratoire de l'IRSN spécialisé pour la réalisation de telles mesures.

Les actions les plus significatives menées par l'IRSN en matière d'études et d'expertises radioécologiques sont les suivantes.

### **3.2.2.1 Observatoire permanent de la radioactivité de l'environnement (OPERA)**

L'IRSN exploite depuis de nombreuses années un observatoire permanent de la radioactivité de l'environnement (OPERA), hérité de l'IPSN, concernant les milieux atmosphérique, terrestre, aquatique et marin, constitué d'un ensemble de stations de prélèvement, dont certaines sont dotées de dispositifs technologiques sophistiqués (milieux atmosphérique et fluvial). A titre d'illustration, l'observation de la radioactivité de l'air existe depuis 50 ans et, comme dans le cas de la surveillance mise en place par le SCPRI, a été principalement motivée au départ par le besoin de détecter et de caractériser les arrivées de poussières radioactives résultant des essais nucléaires atmosphériques. Au fil du temps, l'IPSN puis l'IRSN se sont efforcés d'adapter les dispositifs de collecte d'aérosols et de mesure, de façon à toujours disposer de résultats significatifs, malgré la baisse régulière de l'activité de l'air au point d'atteindre aujourd'hui des très bas niveaux. Cet effort constant permet de disposer d'une précieuse chronique d'observations de l'activité du césium 137 dans l'air, illustré dans la figure 4.

Au total, l'IRSN réalise chaque année environ 1 200 mesures pour le réseau OPERA, dont 850 par spectrométrie gamma.



**Figure 4 - Evolution de l'activité volumique du césium 137 dans l'air entre 1958 et 2004, observée par les stations OPERA atmosphériques en France métropolitaine. La période 1958-1980 montre des activités élevées et fluctuantes, en rapport avec les essais nucléaires atmosphériques. Après 1980, l'activité du césium décroît régulièrement, sauf lors de deux épisodes aigus de courte durée (accidents de Tchernobyl et d'Algesiras).**

### **3.2.2.2 Points zéro et suivi radioécologique des centrales nucléaires**

Après les études ponctuelles menées par l'IPSN à la fin des années 70 sur les futurs sites d'implantation des centrales nucléaires (points zéro), EDF a confié à l'Institut la réalisation du suivi radioécologique annuel autour de ses sites, complété par des bilans décennaux plus approfondis, dans le cadre d'une convention d'étude établie au début des années 90. Depuis 2008, cette activité de l'IRSN se limite aux centrales nucléaires de la vallée du Rhône, de la façade Manche - Mer du Nord, et du quart nord-est de la France ; les études concernant les centrales du bassin versant de la Loire et du sud-ouest de la France ont été confiées par EDF à un autre laboratoire.

Pour ces études, l'IRSN réalise annuellement plus de 500 prélèvements et plus d'un millier d'analyses. Les prélèvements de denrées et d'indicateurs sont réalisés hors et sous influence potentielle des installations, pour mettre en évidence tout marquage imputable aux rejets des centrales nucléaires. Ces études, qui complètent la surveillance réglementaire réalisée par EDF autour de ses sites, permettent de suivre dans la durée l'évolution de l'état radiologique autour des sites et donnent lieu à des rapports annuels rédigés par l'IRSN et diffusés par EDF, notamment dans les CLI ; les données sont, par ailleurs, exploitées par l'IRSN à des fins scientifiques (par exemple, étude du transfert du césium 137 du sol vers l'herbe).

### **3.2.2.3 Etudes et expertises environnementales en « zones ateliers » ou autour de sites nucléaires**

Depuis de nombreuses années, l'IRSN - et avant lui l'IPSN - mène des programmes de recherche qui ont pour objectifs de comprendre l'origine et les mécanismes de transfert des substances radioactives présentes dans les différents milieux. Ces programmes comportent en particulier des études dans des zones dites « ateliers », ce terme désignant un territoire plus ou moins étendu où sont réalisés un ensemble de prélèvements et de mesures de radioactivité ou d'autres paramètres environnementaux. Ces études peuvent avoir un caractère ponctuel, afin de répondre à un questionnement spécifique, comme par exemple la présence de « taches de contamination » par du césium 137 dans le Mercantour ou l'origine des minéraux radioactifs observés sur certaines plages de Camargue. Ces études peuvent s'inscrire dans un cadre plus global de compréhension de la répartition des radionucléides et de leurs transferts dans un bassin versant, comme ce fut le cas pour le projet CAROL mené entre 1998 et 2003 dans la basse vallée du Rhône.

Ces études, complétées par les données historiques acquises dans le cadre de la surveillance, apportent des connaissances précieuses exploitées par l'IRSN dans ses expertises et dans des travaux

de synthèse, en particulier pour ce qui concerne les retombées radioactives en France et l'impact dosimétrique de l'accident de Tchernobyl (ce sujet a donné lieu à deux livres successifs de l'IRSN, dont le dernier a été édité début 2008) ou des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère de l'hémisphère nord.

Fort de cette expérience et des moyens techniques dont il dispose, l'IRSN répond régulièrement à des appels d'offres émis par les exploitants nucléaires (EDF, AREVA, ANDRA) pour réaliser des études radioécologiques spécifiques autour de sites nucléaires en exploitation ou anciens. Les plus récentes demandes concernent l'usine AREVA/COMURHEX de Malvési (en cours depuis 2007) et les sites de Creys-Malville (2006-2008) et de Brennilis (2007-2008). Les résultats et le rapport rédigé par l'IRSN dans le cadre d'une telle étude sont transmis à l'exploitant qui en assure la diffusion.

Par ailleurs, l'IRSN répond à des sollicitations de différents acteurs de la société civile. L'expertise réalisée en 1998-2000 sur la présence de plutonium dans les sols et les productions agricoles autour de Marcoule, celle réalisée en 2001-2002 sur le marquage en tritium autour de Valduc, ainsi que celle réalisée en 2003-2004 sur les sols inondés de Camargue, ont été conduites à la demande des CLI concernées, parfois associée à une demande de services déconcentrés de l'Etat (DRIRE, DDASS).

L'IRSN effectue environ 1600 mesures par an pour ces diverses études radioécologiques, en plus de celles réalisés pour les suivis et bilans radioécologiques autour des sites EDF.

### 3.2.3. ANALYSES DE LA QUALITE RADIOLOGIQUE DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE

Indépendamment de son propre dispositif de surveillance de la radioactivité de l'environnement, l'IRSN concourt au contrôle annuel de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine, en effectuant plus de 600 analyses d'eaux d'adduction. Ces contrôles sont réalisés en application du code de la santé publique, afin de déterminer 4 indicateurs radiologiques globaux (activité du tritium, activité alpha globale, activité bêta globale résiduelle et dose totale indicative) auxquels sont associées des valeurs-guides ou des références de qualité fixées par la réglementation. Une stratégie analytique a été définie par l'arrêté ministériel du 12 mai 2004, avec une approche en deux étapes : une étape systématique de quantification des 3 premiers indicateurs susmentionnés et, en cas de dépassement d'une des valeurs-guides fixées par la réglementation, une étape complémentaire de quantification des radionucléides naturels et, si nécessaire, des radionucléides artificiels, de manière à estimer la dose totale indicative (DTI). A titre d'information, sur les 607 échantillons analysés par l'IRSN en 2007, 26 % ont nécessité la réalisation d'analyses complémentaires.

La réalisation de ces contrôles par l'IRSN intervient dans un cadre d'organisation fixé localement par les DDASS, impliquant une mise en concurrence des différents laboratoires agréés à cet effet, dont fait partie l'IRSN. Au total, la radioactivité d'environ 17 000 échantillons d'eau est contrôlée annuellement en France, la contribution de l'IRSN représentant ainsi de l'ordre de 3 à 4 % des eaux d'adduction. Toutefois, sur la quarantaine de cas où la DTI dépasse la référence de qualité (0,1 mSv/an), décelés en France en 2007, environ la moitié (21) résulte des analyses effectuées par l'IRSN. Ceci est dû aux compétences particulières de l'IRSN pour la réalisation des analyses complémentaires qui permettent l'estimation de la dose totale indicative.

Les résultats d'analyses fournis par l'IRSN, comme ceux des autres laboratoires agréés, sont transmis aux opérateurs concernés par la distribution de l'eau analysée (mairies ou compagnies de distribution) et alimentent une base nationale gérée par le ministère de la santé (SISE-Eau), qui regroupe l'ensemble des résultats de contrôle des eaux potables. Ainsi, l'IRSN n'a qu'une vision partielle de la qualité radiologique des eaux de boisson, au travers de ses propres résultats d'analyse.

Compte tenu du cadre contractuel de réalisation de ces analyses et des conditions imposées par l'accréditation du COFRAC, l'IRSN ne peut pas diffuser librement les résultats de ses analyses, mais ceux-ci sont accessibles aux particuliers qui en font la demande à la DDASS de leur département. Ces résultats sont néanmoins utilisés par l'IRSN pour dresser un bilan global annuel sur la radioactivité des eaux d'adduction. Il serait pertinent que ce bilan tienne compte de l'ensemble des résultats enregistrés dans la base SISE-Eau, afin d'obtenir une vision plus complète sur la qualité radiologique des eaux potables en France.

On peut souligner que sur l'ensemble des analyses d'eaux potables réalisées par l'IRSN dans le cadre du code de la santé publique, aucune n'a révélé la présence de radionucléides d'origine artificielle. Les doses reçues par la consommation des eaux potables, principalement des eaux prélevées dans des

nappes phréatiques, sont dues à des radionucléides naturellement présents dans le sol et le sous-sol. L'examen des résultats obtenus par l'IRSN en 2007 montre que le principal contributeur au dépassement de la référence de qualité applicable à la dose totale indicative est le radium 226, parfois le plomb 210 ou le polonium 210. L'uranium, pour sa part, n'est jamais prépondérant dans cette dose. Il convient de souligner que, dans le cadre des dispositions prévues par le code de la santé publique rappelées ci-dessus, l'uranium présent dans l'eau de boisson est considéré en tant que radionucléide ; le code de la santé ne fixe aucun critère lié à la toxicité chimique de l'uranium. C'est pourquoi, pour ce qui concerne les eaux marquées par de l'uranium dans la nappe phréatique du Tricastin, les autorités ont retenu la valeur guide proposée par l'OMS (voir à ce sujet l'annexe 3).

### **3.2.4. REFLEXIONS EN COURS A L'IRSN SUR L'EVOLUTION DE SON DISPOSITIF DE SURVEILLANCE**

Le dispositif de surveillance actuellement en place à l'IRSN résulte fortement de l'héritage du SCPRI et de l'OPRI, même s'il a bénéficié au fil des années d'améliorations et de diversifications, notamment à la suite de l'accident de Tchernobyl. Aujourd'hui, l'IRSN, héritier des compétences de l'OPRI et de l'IPSN, détient une large expérience et des capacités étendues d'investigation de la radioactivité de l'environnement de grande qualité ; il prévoit toutefois d'adapter son dispositif aux évolutions techniques et aux changements de contexte :

- d'une part, les chroniques de mesures 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 été significativement réduits ;
- d'autre part, des évolutions techniques sont nécessaires pour répondre à des demandes nouvelles des autorités et des acteurs de la société (meilleure capacité de détection), ainsi qu'au vieillissement des équipements en place (perte progressive de leur fiabilité).

Ainsi, le Contrat d'Objectifs de l'IRSN 2006-2009 signé par ses cinq ministres de tutelle, prévoit explicitement l'engagement d'un plan de modernisation et d'optimisation de ses réseaux de surveillance, fondé sur une stratégie actualisée et incluant le renforcement de la valorisation des résultats de la surveillance.

Dans ce contexte, l'IRSN a engagé des réflexions et des développements techniques visant à moderniser son dispositif de surveillance et à optimiser les moyens techniques, selon deux axes complémentaires :

- une modernisation et un redéploiement de l'ensemble des réseaux permanents de stations de prélèvements et de mesures ayant un rôle de « sentinelle » à la fois autour des sites nucléaires et sur l'ensemble de territoire national. Cette surveillance régulière par des réseaux fixes pourrait être complétée par des « audits environnementaux » annuels autour des sites nucléaires permettant d'identifier d'éventuels marquages provenant des activités nucléaires ou d'autres sources ;
- la réalisation d'études spécifiques, ponctuelles ou répétées sur une période pluriannuelle, visant à compléter et actualiser la connaissance de l'état radiologique de l'environnement, à rechercher l'origine des éventuels marquages de l'environnement décelés au voisinage des activités nucléaires actuelles ou passées et, le cas échéant, à investiguer des situations jugées inhabituelles ou anormales afin d'en évaluer l'impact réel.

## **4. CONNAISSANCE DE L'ETAT RADIOLOGIQUE AUTOUR DES SITES NUCLEAIRES**

### **4.1. BILAN DES CONNAISSANCES SUR LES SOURCES DE REJETS RADIOACTIFS DES INSTALLATIONS NUCLEAIRES ET DES ENTREPOSAGES ANCIENS DE DECHETS DANS LES INB ET LES INBS**

#### **4.1.1. REJETS D'EFFLUENTS RADIOACTIFS DANS L'ENVIRONNEMENT**

En France sont implantés une quarantaine de sites nucléaires abritant ou ayant abrité des installations nucléaires de base civiles ou secrètes ainsi que des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Il convient de rappeler que l'IRSN n'est en général pas impliqué dans le suivi des ICPE.

Ces installations se différencient les unes des autres par leurs activités (traitement du combustible, recherche expérimentale, production d'électricité...) mais aussi par leurs exploitants (AREVA, CEA, EDF...). Le périmètre d'un site nucléaire peut être plus ou moins étendu selon le nombre d'installations nucléaires qui y sont localisées ou le nombre d'exploitants nucléaires présents. Enfin, il est à noter que dans la plupart des sites nucléaires anciens (principalement du CEA et d'AREVA, ainsi que les sites ayant accueilli les réacteurs électronucléaires de première génération), il existe des entreposages de déchets.

De par leurs activités, les installations nucléaires sont amenées à utiliser ou à produire une très large variété de radionucléides. Il s'agit notamment de gaz rares (xénon, krypton...), des isotopes radioactifs de l'iode, du tritium, d'émetteurs bêta-gamma (cobalt, césium...), de carbone 14, d'émetteurs alpha (uranium, plutonium...). Le détail des radionucléides présents sur chaque site nucléaire est présenté dans les fiches de l'annexe 1. Certains de ces radionucléides sont susceptibles de se retrouver dans les effluents liquides et gazeux ou encore dans les déchets. Des procédés de traitement sont mis en œuvre afin de réduire, autant que les moyens techniques le permettent, les rejets dans l'environnement.

La présence dans l'environnement de radionucléides provenant des sites nucléaires peut résulter soit des rejets d'effluents autorisés dans le cadre du fonctionnement normal de l'installation, soit d'incidents ou de mauvaises pratiques d'exploitation.

#### **4.1.1.1 Rejets d'effluents autorisés**

Les rejets d'effluents dans l'environnement sont encadrés par des autorisations spécifiques pour chaque installation ou groupe d'installations, délivrées par des arrêtés interministériels ou des décisions homologuées de l'ASN. Ces autorisations fixent notamment les limites de rejet à ne pas dépasser, en termes d'activités, et les modalités que l'exploitant doit appliquer pour la surveillance des rejets et de l'environnement de ses installations.

Les prescriptions associées aux autorisations s'appliquent aux effluents produits dans le cadre du fonctionnement normal de l'installation ; ces effluents empruntent des voies recensées garantissant leur traitement, leur contrôle, leur comptabilisation et leur diffusion dans l'environnement. Les effluents gazeux sont généralement rejetés par des cheminées tandis que les effluents liquides sont rejetés dans la mer, dans un fleuve ou dans une rivière, le plus souvent par des canalisations ; le rejet d'effluents liquides dans les nappes phréatiques est interdit. Les autorisations peuvent être réactualisées en fonction de l'évolution des activités ou des conditions d'exploitation des installations d'un site. Ainsi, les prescriptions des autorisations tiennent compte des actions menées par les exploitants pour réduire autant que possible les rejets, de l'expérience acquise, de l'évolution des procédés, de la nature et des quantités de radionucléides mises en œuvre.

Par ailleurs, la gestion des effluents issus d'installations nucléaires (nature, flux, traitement, rejets...) fait régulièrement l'objet d'examen, notamment à l'occasion des réexamens de sûreté des installations, des renouvellements des autorisations de rejets ou encore lors des examens par les groupes d'experts placés auprès des autorités de sûreté (groupes permanents pour les INB et commissions de sûreté pour les INBS). Ces examens intègrent le retour d'expérience issu de l'exploitation des installations, ainsi que les évolutions réglementaires et techniques.

Dans le cadre de l'instruction des dossiers d'autorisation de rejets pour lesquels l'IRSN est consulté, l'impact dosimétrique qui résulte des rejets radioactifs autorisés fait l'objet d'une évaluation par l'exploitant, vérifiée par l'IRSN. L'ensemble de ces évaluations montre que les doses reçues par les populations au voisinage des sites nucléaires sont souvent de l'ordre du microsievert par an ( $\mu\text{Sv}/\text{an}$ ) et plus rarement de quelques dizaines de  $\mu\text{Sv}/\text{an}$ , ce qui laisse une marge appréciable vis-à-vis de la limite réglementaire de dose fixée à 1000  $\mu\text{Sv}/\text{an}$  pour le public, du fait de l'ensemble des activités nucléaires.

Les valeurs limites des rejets fixées dans les arrêtés sont présentées pour chaque site dans les fiches de l'annexe 1. Il convient également de souligner que ces installations sont aussi susceptibles de manipuler des produits chimiques, réglementés de la même manière, mais ce sujet ne sera pratiquement pas abordé dans ce rapport.

D'une manière générale, les observations suivantes peuvent être faites à propos des rejets autorisés des installations nucléaires :

- depuis la création des installations nucléaires, il existe une baisse sensible des rejets, sauf pour certains radionucléides, notamment le tritium et le carbone 14. Cette baisse est le résultat des améliorations apportées par les exploitants nucléaires dans leurs installations ou de l'arrêt d'installations anciennes (sur le site de Marcoule par exemple) ;
- le cumul des rejets dans le temps peut induire un marquage de l'environnement, pour certains radionucléides (tritium, carbone 14...). Ce marquage est généralement identifié lors de l'analyse d'échantillons prélevés dans le cadre d'études radioécologiques autour du site (voir § 4.2), mais plus rarement dans le cadre de la surveillance régulière en raison des limites de détection des techniques de mesure utilisées.

#### **4.1.1.2 Rejets dus aux incidents d'exploitation**

Dans les installations nucléaires, des incidents d'exploitation peuvent provoquer :

- des rejets qui entraînent le dépassement des limites d'activité prescrites par les autorisations ;
- des rejets d'effluents non contrôlés, émis par des voies différentes de celles autorisées.

Certains de ces incidents d'exploitation, notamment ceux relatifs aux effluents liquides, concernent des disséminations de fluide contaminé à l'extérieur de l'installation par le sol ou le réseau d'évacuation des eaux pluviales. Ces rejets d'effluents sont susceptibles de conduire à une contamination des nappes souterraines, soit directement par le sol, soit par les eaux de ruissellement.

Les causes de ces incidents sont diverses. Il peut s'agir du déversement d'effluents contenus dans un réservoir qui a perdu son étanchéité (à la suite d'un choc ou du vieillissement des matériaux...), d'un débordement d'une cuvette de rétention (par erreur de la conduite...), d'une fuite de canalisations enterrées (due par exemple au vieillissement du réseau de collecte des effluents...), etc.. Des rejets peuvent également résulter d'activités anciennes qui ont été arrêtées depuis plusieurs années ou de pratiques d'exploitation qui n'ont plus cours aujourd'hui, notamment des entreposages anciens de déchets radioactifs encore présents sur certains sites nucléaires (cf. 4.1.2).

Pour ce qui concerne les INB et les INBS, les principaux événements ayant conduit à une dissémination intempestive de matières radioactives dans l'environnement sont présentés dans les fiches descriptives des sites de l'annexe 1. Toutefois, l'IRSN n'est pas en mesure de préciser les contaminations éventuelles liées à l'exploitation des ICPE présentes sur ces sites, en dehors du périmètre des INB ; ce point pourrait mériter un approfondissement.

Des interventions locales visant à réduire l'impact de ces incidents peuvent être menées ; leur efficacité dépend toutefois généralement du délai de détection de l'événement incriminé. Il peut être notamment procédé à des excavations et à des récupérations de terre ou de bitume contaminés, des pompages dans la nappe au plus près de la source de contamination afin d'empêcher l'extension de la pollution... ; le cas échéant, un suivi radiologique des nappes souterraines est mis en œuvre afin d'estimer et de suivre la pollution de la nappe. Ce sujet fait l'objet d'un développement particulier au paragraphe 4.3.

Enfin, il convient également de signaler que des marquages chimiques de l'environnement sont parfois constatés sur certains sites nucléaires, sans être nécessairement corrélés à une contamination radioactive.

#### **4.1.2. ENTREPOSAGES ANCIENS DE DECHETS DANS LES INB ET LES INBS**

Comme indiqué dans l'introduction, l'IRSN a choisi de restreindre le contenu du présent rapport aux anciens entreposages de déchets radioactifs situés dans le périmètre d'une INB ou d'une INBS. En effet, les éléments dont dispose l'Institut et les délais courts fixés pour la constitution du présent rapport ne permettaient pas d'aborder le sujet des entreposages anciens situés en dehors de ces installations.

Ces entreposages datent essentiellement des débuts de l'industrie nucléaire. Les principaux sites concernés sont :

- les centres CEA de Fontenay-aux-Roses, de Saclay, de Grenoble et de Cadarache : au titre des activités de recherche et développement ;
- les INBS de Bruyères-le-Châtel, de Marcoule, de Pierrelatte (site du Tricastin) et de Valduc : au titre des activités liées à la défense ;
- les sites d'implantation des premiers réacteurs nucléaires électrogènes : les centrales de Chinon A, de Saint-Laurent A et du Bugey 1 (filiale uranium naturel - graphite - gaz) et le réacteur de Chooz A ;
- les sites de fabrication de combustibles de Romans-sur-Isère et de Veurey-Voroize ;
- le site de traitement de combustibles de La Hague.

Les anciens sites de déchets radioactifs situés sur les sites des INB et des INBS et leur état sont détaillés dans les fiches par site présentées en annexe 1 de ce rapport.

Les entreposages ont presque tous été créés dans les années cinquante et soixante. Les principes de conception et les dispositions de sûreté mis en œuvre datent donc de cette époque. Depuis leur mise en service, la plupart des installations abritant ces entreposages ont fait l'objet de réexamens de sûreté. Les rapports de sûreté correspondants, transmis par l'exploitant, ont été analysés par l'IRSN qui a présenté ses conclusions devant le groupe d'experts compétents (groupe permanent, commission de sûreté...) à la demande de l'autorité de sûreté concernée. Il en ressort que, dans de nombreux cas, ces entreposages ne présentent pas un confinement des matières suffisant et peuvent être à l'origine de contaminations du sous-sol proche, voire des nappes phréatiques sous-jacentes. Compte tenu de ces constats, certains exploitants se sont engagés d'eux-mêmes à reprendre, à plus ou moins brève échéance, les déchets contenus dans ces entreposages et, le cas échéant, à les reconditionner avant de les transférer dans de nouvelles installations ou de les envoyer dans une filière d'élimination existante. Dans les autres cas, l'autorité de sûreté compétente en a fait la demande. A ce jour, un certain nombre de ces opérations sont en cours ou planifiées.

Les principaux entreposages anciens de déchets situés dans les périmètres des INB et des INBS sont détaillés ci-après.

##### **4.1.2.1 Cadarache (CEA)**

Les déchets anciens sont essentiellement entreposés dans le parc d'entreposage de déchets radioactifs (INB n° 56) comprenant :

- des fosses d'entreposage de déchets (conditionnés en fûts ou en vrac) ;
- des tranchées en pleine terre (déchets entreposés en fûts ou en vrac).

Des infiltrations ont entraîné une contamination locale des terres et de la nappe.

Cette INB est en cours de cessation d'exploitation et les déchets entreposés sont transférés progressivement dans la nouvelle installation d'entreposage dénommée CEDRA (INB n° 164).

##### **4.1.2.2 Fontenay-aux-Roses (CEA)**

Il subsiste dans les INB « procédé » et « support » (INB n° 165 et 166) :

- un entreposage de déchets radioactifs de moyenne et haute activité ; le CEA envisage d'évacuer ces déchets dans un délai inférieur à 10 ans ;
- deux entreposages anciens de déchets liquides radioactifs (cuve de l'installation PETRUS et emballage CIRCE). Les effluents contenus dans la cuve Petrus sont en cours de reprise tandis que celle des effluents contenus dans l'emballage CIRCE devrait débuter d'ici fin 2008.

### **4.1.2.3 Grenoble (CEA)**

Un entreposage de décroissance de déchets irradiants de moyenne et haute activité constitue l'INB n°79. L'évacuation des conteneurs de déchets doit être réalisée au plus tard d'ici fin 2010.

### **4.1.2.4 La Hague (AREVA-NC)**

Les entreposages de déchets anciens de l'établissement de La Hague sont localisés dans les INB suivantes :

- l'usine UP2-400 (INB n°33) : solutions de produits de fission provenant de combustibles Uranium Molybdène (UMo) dans l'atelier SPF2, déchets de traitement des eaux de piscine dans l'atelier Décanteur/Dégainage, solvants usés dans l'atelier HAPF ;
- la station de traitement des effluents n°2 (INB n°38) :
  - o dans les silos 115 et 130 et dans le stockage organisé des déchets (SOD) : des déchets de structure ;
  - o dans les silos STE2 : des boues issues du traitement des effluents ;
  - o dans le bâtiment 119 : des déchets technologiques alpha ;
  - o dans la fosse ATTILA : des déchets technologiques ;
  - o dans la zone des « fosses bétonnées » : des déchets technologiques, de faible et moyenne activité ;
  - o dans la zone des « tranchées pleine terre » : des déchets technologiques de très faible activité ;
  - o dans la zone du « parc aux ajoncs » : des déchets divers, de très faible activité, résultant de l'incendie du silo 130 du 6 janvier 1981 ;
- l'atelier HAO (INB n°80) : principalement des déchets de structure de combustibles des réacteurs à eau légère, des fines, des résines.

Le contenu de ces entreposages et les marquages radiologiques de la nappe et des ruisseaux proches de ces installations sont détaillés dans les fiches relatives au site de l'établissement AREVA-NC de La Hague en annexe 1 et en annexe 2.

### **4.1.2.5 Marcoule (CEA)**

L'activité de l'établissement CEA de Marcoule remonte au début de l'industrie nucléaire. De nombreux entreposages anciens de déchets sont donc présents sur ce site. Les principaux sont présentés ci-après.

Les fosses non ventilées de l'atelier de compactage des déchets solides (CDS) contiennent des déchets  $\alpha$ , des déchets d'exploitation (en vrac ou conditionnés) et des reliquats d'enrobés bitumés répandus au fond de certaines fosses suite notamment à des renversements de fûts. Ces fosses sont des structures en béton armé enterrées, recouvertes de toitures coulissantes non étanches. Les déchets, notamment les fûts de déchets bitumés, contenus dans ces fosses sont en cours de reprise.

Les tranchées en pleine terre de l'atelier CDS contiennent de l'ordre de 12 000 m<sup>3</sup> de terres et de gravats faiblement contaminés. Des infiltrations ont entraîné une contamination du sol au voisinage de ces tranchées. Cette zone est en cours de caractérisation.

Les casemates de la station de traitement des effluents liquides (STEL) contiennent des fûts dits de « relargage » et des fûts d'enrobés bitumés (environ 60 000 fûts). Ces casemates non ventilées sont constituées d'une structure en béton armé aujourd'hui recouverte en surface d'une membrane réputée imperméable et de terre végétale. Cependant, la couverture d'origine des casemates n'étant pas étanche, des infiltrations se sont produites. De plus, beaucoup de fûts ont mal vieilli. Les contrôles de contamination dans les casemates et à l'extérieur ont montré la présence de points de contamination (quelques milliers de Bq/cm<sup>2</sup> à l'intérieur, 220 Bq/g à l'extérieur). La reprise des fûts est en cours pour deux des quatorze casemates. Après reconditionnement, ces fûts sont envoyés dans une nouvelle installation du site : l'entreposage intermédiaire polyvalent (EIP) qui a déjà reçu environ 6000 fûts provenant de la zone CDS.

Les puits du bâtiment 213 de l'APM contiennent des déchets vitrifiés et des creusets de déchets non-bloqués. Ces puits sont implantés dans une fosse enterrée non étanche équipée de moyens de relevage en cas de pénétration d'eau.

Les fosses des ateliers de dégainage G1, dont certaines ne sont pas étanches, contiennent des déchets de structure et des déchets magnésiens provenant principalement des opérations de dégainage mécanique des éléments combustibles UNGG.

Le programme de reprise de l'ensemble de ces déchets s'échelonne jusqu'à l'horizon 2030.

Enfin, des conteneurs de déchets vitrifiés et des conteneurs de déchets technologiques sont entreposés dans cinq fosses, équipées de puits, de l'atelier de vitrification de Marcoule (AVM). Un réexamen de sûreté de cette installation est prévu en 2009

#### **4.1.2.6 Romans-sur-Isère (AREVA/FBFC)**

Les déchets anciens contaminés provenant de l'usine de fabrication d'éléments combustibles exploitée par la CERCA (INB n°63) et l'unité de fabrication d'éléments combustibles exploitée par la FBFC (INB n°98) sont entreposés dans deux parcs extérieurs : un parc couvert et un parc en plein air. Il s'agit soit de déchets solides (déchets métalliques, graphite, filtres de ventilation, gravats, cendres, bois...), soit de déchets liquides (huiles, porogène, lubrifiants, déchets aqueux, boues...). Ils sont conditionnés en fûts ou en conteneurs. Certains sont entreposés depuis l'origine du site. Certains colis de déchets sont dégradés. Des opérations d'évacuation et de reconditionnement sont en cours.

#### **4.1.2.7 Saclay (CEA)**

Les entreposages anciens de déchets radioactifs de l'établissement CEA de Saclay sont essentiellement localisés dans la zone de gestion de déchets radioactifs solides (INB n°72) pour les déchets solides et dans la zone de gestion des effluents liquides (INB n°35) pour les déchets liquides.

Dans l'INB n°72 sont principalement entreposés :

- des déchets de combustible (U, Pu) et des déchets très irradiants ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) dans des puits non étanches (des infiltrations d'eau ont été constatées) ;
- des combustibles irradiés sans emploi dans une piscine.

Le CEA envisage d'évacuer tous ces déchets dans un délai de 10 ans en vue d'arrêter définitivement cette installation ; les combustibles sans emploi seront évacués en priorité.

Dans l'INB n°35, se trouvent une cuve d'entreposage d'effluents organiques contenant du plutonium et sept cuves d'entreposage d'effluents liquides concentrés. Le CEA s'est engagé à traiter ces effluents dans un avenir proche.

#### **4.1.2.8 Tricastin**

Dans l'INBS de Pierrelatte (AREVA-NC), les entreposages anciens de déchets radioactifs sont localisés :

- dans la « butte de stockage » située au nord de l'installation COMURHEX. Dans cette butte, ont été placées 760 tonnes de barrières de diffusion gazeuse contenant quelques tonnes d'uranium, des déchets constitués de filtres de conditionnement ( $46\text{ m}^3$ ) renfermant des traces d'uranium (moins de 1 kg), des fluorures ( $14\ 000\text{ m}^3$ ) ainsi que  $55\text{ m}^3$  de boues (contenant du chrome trivalent). AREVA-NC s'est engagée à reprendre les barrières et les déchets technologiques avant 2013 et à les envoyer vers un centre de stockage adapté ;
- dans des fosses situées dans la partie nord du site ;  $263\text{ m}^3$  de gravats contaminés par de l'uranium provenant du pilote d'enrichissement de l'uranium par un procédé chimique (CHEMEX) y sont entreposés. Une concentration anormale en uranium a été mesurée au début 2008 dans un des forages effectués au droit de cette zone du site ; des investigations sont en cours pour déterminer les causes de cette contamination.

Enfin, plus d'une dizaine de parcs d'entreposage répartis sur le site, couverts ou à ciel ouvert, contiennent de l'uranium sous différentes formes physico-chimiques.

Par ailleurs, dans le périmètre de l'usine de préparation d'hexafluorure d'uranium (INB n°105) exploitée par COMURHEX, sont notamment entreposés sur une aire bétonnée couverte non-étanche des fûts renfermant des résidus fluorés uranifères, des boues de diuranate, de l' $\text{UF}_4$ , des résines

échangeuses d'ions, des filtres de ventilation, des déchets technologiques et des matériels volumineux contaminés, contenant ou susceptibles de contenir de l'uranium enrichi à plus de 1% en isotope 235.

#### **4.1.2.9 Bugey (EDF)**

Deux sites d'entreposage de déchets anciens sont identifiés sur le site du CNPE de Bugey.

- d'une part, la zone dite de « la butte » : il s'agit d'une butte artificielle de très gros volume (environ un million de m<sup>3</sup>) située au sud du site. Selon EDF, cette butte serait principalement constituée de déblais naturels divers auxquels s'ajoutent quelques déchets non radioactifs provenant de la construction des différentes tranches, des aéroréfrigérants, des stations de pompes (gravas, bois, ferrailles, plastiques...). Cependant, EDF mentionne également la présence d'une partie des résines des déminéraliseurs du circuit des purges des générateurs de vapeur (circuit secondaire) très faiblement radioactives qui y ont été amenées entre 1978 et 1982 (78 m<sup>3</sup> de résines non actives et 12 m<sup>3</sup> de résines faiblement actives) ; ces résines auraient été mélangées aux matériaux naturels (terres, matériaux alluvionnaires). Les analyses radiologiques menées sur les eaux souterraines des piézomètres implantés autour de la butte ne révèlent rien d'anormal ;
- d'autre part, un entreposage souterrain proche du réacteur Bugey 1 (réacteur UNGG en cours de mise à l'arrêt définitif) dans lequel ont été entreposés des déchets radioactifs composés d'outillages ou d'appareillages ayant été soumis au flux de neutrons produit dans le réacteur. Il se présente comme une cavité en béton armé, creusée dans le sol, d'une profondeur de 5,95 m, comprenant 20 alvéoles, formant chacun un puits de stockage vertical. Selon EDF, ces alvéoles sont fermées au niveau du sol par des plaques métalliques étanches à la pluie. Cet entreposage a été vidé et n'est plus utilisé. Cette zone sera démantelée dans le cadre du programme de « déconstruction » de Bugey 1.

#### **4.1.2.10 Chinon (EDF)**

EDF mentionne l'existence de plusieurs zones dans lesquelles des déchets ont été enterrés. Il s'agirait principalement de déchets inertes non radioactifs, d'huile non-radioactive et de remblai pouvant provenir de l'aire de déchargement des conteneurs de combustibles usés du terminal ferroviaire de Port Boulet. La quantification et la caractérisation de ces déchets sont cours.

Par ailleurs, l'ancienne piscine de désactivation du réacteur Chinon A1 (réacteur UNGG ayant fait l'objet d'un démantèlement partiel et transformé en installation nucléaire de base d'entreposage - INB-E - depuis le 11 octobre 1982) a été remplie de gravats, de terres et de blocs de béton, a priori inertes. EDF indique que des investigations complémentaires seront effectuées, dans un délai de 5 ans, et que, le cas échéant, des actions seront définies et mises en œuvre.

Enfin, EDF indique que des bétons, des ferrailles et les « jupettes » des machines de déchargement de Chinon A2 ont été disposés dans une fosse recouverte de terre au sud de Chinon A2.

#### **4.1.2.11 Chooz (EDF)**

Des zones souterraines d'entreposage de déchets ont été identifiées par EDF, à proximité du réacteur de Chooz A, lors d'interviews d'anciens agents d'exploitation de la centrale. Les mesures effectuées en 2000 n'ont pas révélées de marquage de l'environnement, cependant des investigations complémentaires sont prévues. EDF mentionne également qu'environ 200 m<sup>3</sup> de gravats extraits de la galerie de marinage sont entreposés dans le local HN0401 et dans la galerie de liaison entre la station de traitement des effluents et la galerie combustible. Ces gravats, qui peuvent être très faiblement contaminés, ont été repris puis conditionnés dans des emballages spécifiques avant d'être placés dans les alvéoles des fondations de l'ancien bâtiment MVL (médical-vestiaire-laboratoire). Des investigations concernant cette zone seront menées dans un délai de 5 ans.

Une zone de stockage de déchets provenant de la construction des réacteurs de Chooz B a également été identifiée (lieu dit « anciens locaux de l'aménagement ») par EDF. Deux piézomètres ont été construits en 1991 suite à une demande de l'ASN, pour suivre une éventuelle pollution issue de cette zone de stockage de déchets.

#### 4.1.2.12 Saint-Laurent (EDF)

Les silos d'entreposage de Saint-Laurent contiennent principalement des chemises de graphite irradiées, avec ou sans fils de selle. Compte tenu du report des opérations de reprise des déchets entreposés dans ces silos, en attendant la création d'une filière de stockage de déchets de faible activité et à vie longue, et de la difficulté de démontrer le maintien de l'étanchéité de ces silos dans la durée, EDF envisage de mettre en place une enceinte géotechnique autour de cette installation. Cette enceinte, complétée par un dispositif de pompage de la nappe « intérieure », empêcherait le contact entre la nappe phréatique et le radier des silos.

Par ailleurs, dans le cadre de l'enquête historique en cours (cette enquête s'achèvera au 31 décembre 2008), EDF a identifié des zones d'entreposage qui contiendraient des déchets conventionnels (gravats...) et des aires d'incinération de déchets conventionnels (gravats et résidus de combustion de bois ou de plastiques...). Ces zones dateraient de la construction du réacteur de Saint-Laurent A (SLA1). Les zones concernées sont situées :

- entre le réacteur SLA1 et la station de pompage ;
- dans l'ancienne zone des entrepôts à l'ouest du bâtiment d'accueil du public ;
- au sud-est du site en bordure de la route d'accès dans le secteur du ball-trap ;
- au sud-ouest du site en bordure de la route menant à la RD 951 vers le lieu-dit « Le verger ».

Ces informations seront précisées dès la conclusion de l'enquête et un échéancier des actions de caractérisation complémentaires qu'il conviendra de mener sera alors présenté.

A noter que le réseau piézométrique actuel ne montre pas de marquage de la nappe par des radionucléides.

## 4.2. BILAN DES CONNAISSANCES SUR LES MARQUAGES AUTOUR DES SITES NUCLEAIRES, DANS LES EAUX SUPERFICIELLES ET DANS LE MILIEU TERRESTRE

L'état radiologique de l'environnement à proximité des sites nucléaires décrit dans ce paragraphe, traite des marquages des eaux superficielles imputables aux activités nucléaires, complétés par des données relatives au compartiment terrestre. La situation radiologique des nappes phréatiques est développée spécifiquement dans le paragraphe 4.3.2.

Cet état radiologique a été établi à partir des données de surveillance de l'environnement acquises par l'IRSN.

Une appréciation des résultats de mesures de radioactivité dans les eaux est fournie au regard des valeurs-guides fixées en application du code de la santé publique pour les eaux destinées à la consommation humaine :

- 0,1 Bq/L pour l'activité  $\alpha$  globale ;
- 1 Bq/L pour l'activité  $\beta$  globale ;
- 100 Bq/L pour l'activité du tritium.

Par ailleurs, pour ce qui concerne l'uranium, la valeur de référence pour la toxicité chimique de cet élément, fixée par l'OMS à 15  $\mu\text{g/L}$ , a été retenue (voir fiche explicative sur cette valeur de référence en annexe 3).

Il convient de souligner que ces valeurs guides ne constituent pas une référence valable pour les autres usages de l'eau, telle l'irrigation par exemple, et il ne s'agit pas de limites de potabilité au sens du code de la santé publique.

Ce bilan est présenté par type d'installations : « centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) », « centres CEA » et « sites industriels du cycle du combustible ». Il ne couvre pas les milieux marins. Les marquages identifiés sont commentés par rapport aux rejets des installations et à la rémanence des radionucléides ayant pour origine les retombées atmosphériques des essais nucléaires passés et de l'accident de Tchernobyl.

### 4.2.1. CNPE

L'état radiologique de l'environnement proche des CNPE peut être dressé de manière commune pour l'ensemble du parc électronucléaire français, à l'exception du CNPE du Tricastin qui est spécifique en raison de la présence proche des autres installations nucléaires.

#### Eaux de surface, faune et flore aquatiques continentales

Les eaux de surface prélevées en aval hydraulique des CNPE fluviaux présentent des valeurs d'activité volumique inférieures aux valeurs-guides des indices  $\alpha$  et  $\beta$  précités. Néanmoins, le tritium rejeté par les CNPE est détecté régulièrement en aval hydraulique, pour la quasi-totalité de ces installations. Ce marquage peut atteindre, ponctuellement et pour certains sites, un facteur 10 entre l'amont et l'aval, avec des valeurs d'activités maximales proches de 100 Bq/L. Ce marquage s'observe davantage en aval des CNPE de 1300 MWe et dans les cours d'eau de faible débit. Dans le Rhône, les activités du tritium mesurées en amont de l'ensemble des CNPE sont du même niveau qu'en aval et sont principalement imputables aux rejets de l'industrie horlogère implantée sur le bassin versant du Rhône.

Les analyses complémentaires réalisées dans les matières en suspension et les indicateurs biologiques (sédiments, végétaux) révèlent la présence de traces de cobalt 58, de cobalt 60 et d'argent 110m en aval hydraulique des sites, reflétant un léger marquage par les rejets liquides des CNPE. Le marquage du milieu par les rejets de carbone 14 venant des CNPE est visible seulement dans les poissons prélevés à l'aval pour lesquels l'activité en carbone 14 par kilogramme de carbone élémentaire peut être jusqu'à 2 fois supérieure à celle des poissons prélevés en amont.

Par ailleurs, les teneurs en césium 137 dans les végétaux, les sédiments et les poissons sont relativement semblables entre l'amont et l'aval des CNPE. La présence de ce radionucléide est majoritairement liée à l'érosion et au ruissellement des sols des bassins versants encore marqués par les retombées atmosphériques des anciens tirs nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. Des traces d'iode 131 sont également détectées ponctuellement en amont et en aval des CNPE et ont comme origines les rejets des services de médecine nucléaire des hôpitaux.

#### Milieu terrestre

Le seul marquage radiologique observé en milieu terrestre et imputable aux rejets des CNPE concerne le carbone 14 dans les végétaux, avec un ajout allant de quelques Bq à une dizaine de Bq de carbone 14 par kilogramme de carbone stable (Bq/kg de C) par rapport au fond géochimique de référence (c'est-à-dire mesuré en tout lieu non directement influencé par des rejets d'installation nucléaire) de 245 Bq/kg de C.

Les teneurs en tritium sont parfois légèrement supérieures aux valeurs observées habituellement dans certains produits agricoles d'origine végétale prélevés à proximité des CNPE. Cependant, les valeurs et les écarts observés sont généralement trop faibles pour démontrer une influence des rejets gazeux de ces installations.

Par ailleurs, le césium 137 est souvent détecté dans les végétaux terrestres ainsi que dans certains produits agricoles (salades, viandes, laits, fromages...). Ce marquage est attribué principalement aux retombées anciennes des tirs aériens et de l'accident de Tchernobyl. Les activités massiques mesurées dans les denrées (entre 1 et 10 Bq/kg de césium 137) sont très inférieures aux niveaux maximaux admissibles (NMA) pour la commercialisation des denrées alimentaires.

### 4.2.2. CENTRES DU CEA

#### Site de Cadarache

Les eaux de surface prélevées dans la Durance présentent des indices d'activité inférieurs aux valeurs-guides précitées. Les analyses des sédiments réalisées par l'IRSN indiquent, outre des niveaux d'activité du césium 137 analogues à ceux des zones non influencées, des traces sporadiques d'américium 241 observées en 2006, certainement imputables à des rejets anciens du site.

### Site de Saclay

Les résultats des mesures de tritium dans les eaux de surface (étangs) se sont tous révélés significatifs, de l'ordre de la dizaine de Bq/L, voire plus dans le passé. Le strontium 90 est aussi régulièrement détecté dans ce milieu, à des niveaux proches de la limite de détection (0,01 Bq/L). Les sédiments des étangs sont marqués, en plus du césium 137, par la présence de radionucléides artificiels (plutonium 239+240, plutonium 238, américium 241, cobalt 60, avec des activités massiques de l'ordre de 1 Bq/kg sec) dus essentiellement aux rejets d'effluents liquides passés du site, les rejets actuels ayant été fortement réduits.

### Site de Bruyères-le-Châtel

Ce site est en cours de dénucléarisation et fera l'objet en 2008 d'une révision du plan de surveillance mis en œuvre par l'IRSN. La pré-étude de redéploiement indique que l'environnement proche (eaux de surface, végétaux terrestres) présente un marquage par le tritium.

### Site de Valduc

Les eaux de surface sont marquées par le tritium dans un rayon de 15 km autour du site de Valduc, à des niveaux compris entre quelques dizaines et 300 Bq/L sur la période 2004-2007. Ces marquages ont pour principale origine les rejets gazeux du site (rejet annuel moyen de 300 TBq). Les activités volumiques du tritium mesurées dans les eaux de surface ont diminué d'un facteur 3 à 4 au cours de la dernière décennie, en relation avec la réduction des rejets de ce site.

### Autres sites du CEA

Les dispositifs de surveillance de l'IRSN autour des sites de Fontenay-aux-Roses et de Grenoble ne permettent pas actuellement d'évaluer la contamination des eaux souterraines et superficielles.

## **4.2.3. SITES INDUSTRIELS DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE**

### Site de La Hague (y compris le centre de stockage de déchets radioactifs de l'ANDRA)

Les eaux de surface des trois cours d'eau surveillés (la Sainte-Hélène, les Landes et les Moulinets) situés dans l'environnement immédiat du site, montrent des niveaux d'activités du tritium de quelques dizaines de Bq/L, à mettre en relation avec les rejets gazeux du site, mais aussi avec des marquages de la nappe, en particulier pour le ruisseau de la Sainte-Hélène, où les maxima dépassent sensiblement les 100 Bq/L.

La présence d'émetteurs alpha artificiels (plutonium 238, plutonium 239+240, plutonium 241, américium 241) et de strontium 90 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 (1,3 Bq/L en moyenne dans l'eau et 150 Bq/kg<sub>sec</sub> dans les sédiments pour le strontium 90 ; 2 à 5 Bq/kg<sub>sec</sub> dans les sédiments pour l'américium 241 et le plutonium 239+240).

En ce qui concerne le milieu terrestre, les sols prélevés dans l'environnement du site indiquent un léger marquage par du plutonium 239+240 et de l'américium 241. Les végétaux terrestres sont eux marqués par les rejets de carbone 14. Ces marquages sont principalement dus aux rejets du site.

### Site de Marcoule

Dans les eaux du Rhône, le tritium est détecté régulièrement aussi bien en amont qu'en aval du site, avec des activités volumiques atteignant 30 Bq/L. Ce radionucléide provient majoritairement des rejets liquides des CNPE et d'autres installations (en particulier horlogères) situés en amont.

En aval du site, plusieurs autres radionucléides d'origine artificielle (césium 137, cobalt 60, plutonium 238, plutonium 239+240, américium 241) sont mis en évidence dans les sédiments prélevés le long du Rhône. Des traces de transuraniens et de cobalt 60, liés aux rejets passés et actuels du site de Marcoule, sont détectées jusqu'à l'embouchure du Rhône. Les sédiments les plus marqués sont ceux prélevés à Codolet qui est la station la plus proche de l'émissaire de rejets liquides du site. Le césium

137, détecté systématiquement en amont et en aval du site, a pour origine les retombées atmosphériques des tirs aériens et de l'accident de Tchernobyl.

Concernant le compartiment atmosphérique, les eaux de pluie sont régulièrement marquées par les rejets atmosphériques de tritium de l'atelier tritium et des réacteurs Célestins.

Dans le milieu terrestre, les végétaux analysés indiquent un léger marquage par le carbone 14 dû aux rejets du site et ponctuellement des valeurs significatives en tritium. Dans le passé, une étude réalisée par l'IPSN a mis en évidence un marquage des sols et des végétaux par du plutonium provenant du site.

#### Site de Pierrelatte (Tricastin)

Les teneurs en uranium mesurées par l'IRSN dans les eaux de surface en aval du site (ruisseau de la Gaffière) sont en moyenne de 10 µg/L et n'ont pas dépassé 15 µg/L entre 2004 et le rejet accidentel de SOCATRI du mois de juillet 2008.

#### FBFC Romans-sur-Isère

Les dispositifs de surveillance de l'IRSN ne permettent pas actuellement d'évaluer la contamination des eaux souterraines et superficielles de ce site.

#### Site de COMURHEX à Malvésí

Bien qu'il ne s'agisse pas d'une INB, il est intéressant de signaler, au titre des marquages environnementaux connus de l'IRSN, le cas du site de COMURHEX de Malvésí. Ce site industriel (ICPE) situé dans l'Aude réalise la purification de concentrés de minerais d'uranium et leur conversion en tétrafluorure d'uranium ; à ce titre, cette activité se situe en amont du cycle du combustible nucléaire.

Les résultats de la surveillance de l'exploitant et ceux de la surveillance de l'IRSN mettent en évidence des marquages de l'environnement de ce site, en particulier des eaux de surface extérieures au site, avec des concentrations en uranium dépassant la valeur guide OMS de 15 µg/L. Il convient de noter que la concentration moyenne en uranium dans l'eau du lac artificiel situé à l'intérieur du site est de 110 µg/L et peut atteindre ponctuellement 200 µg/L.

Actuellement, l'IRSN poursuit une étude radioécologique autour de ce site, en tant que tiers expert, afin de préciser l'importance des marquages dans les milieux terrestre et aquatique.

## **4.3. SITUATION DES NAPPES PHREATIQUES**

### ***4.3.1. GENERALITES SUR LE COMPORTEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES DANS LES SOLS ET LES NAPPES PHREATIQUES***

Les nappes d'eau souterraines sont formées par un volume d'eau s'écoulant dans les pores libres d'une formation géologique rocheuse (calcaire, grès, granite...) ou meuble (sables, galets), appelée formation aquifère. Par définition, une formation aquifère présente simultanément des propriétés de stockage d'eau (porosité supérieure à quelques pour-cent) et permet l'écoulement de l'eau (coefficient de perméabilité supérieur à celui des roches encaissantes). La première nappe rencontrée dans le sous-sol en partant de la surface est appelée nappe phréatique. C'est celle qui est atteinte par les puits traditionnels et est donc à la fois la plus facile à exploiter et la plus vulnérable aux pollutions. Une nappe phréatique est une masse d'eau mobile, alimentée par des infiltrations d'eau de pluie ou d'eau de cours d'eau, et alimentant des sources, des cours d'eau ou des plans d'eau. Ces échanges, régis par la gravité, peuvent également se faire avec des nappes d'eaux souterraines plus profondes. Comme le montrent les fiches descriptives des nappes des sites nucléaires, jointes en annexe 2, ces nappes profondes peuvent également être affectées par des pollutions.

En pratique, les contaminations susceptibles d'affecter les nappes phréatiques peuvent résulter :

- du déversement accidentel d'un liquide contenant des substances radioactives (par exemple lors de la rupture d'une capacité de stockage) ;
- de l'émission diffuse et non contrôlée d'un liquide contenant des substances radioactives (par exemple due à une fuite non détectée d'une canalisation transportant une solution radioactive) ;
- de l'enfouissement dans le sol de déchets radioactifs (notamment pour certains sites anciens).

L'ampleur de l'atteinte d'une nappe phréatique par de telles sources de pollution dépend essentiellement :

### **1. de la vitesse d'infiltration dans la zone insaturée des sols**

Il s'agit de la zone de terrain située entre le point de rejet (en surface ou dans le terrain) et le sommet de la nappe phréatique. Les substances progressent suivant un cheminement de haut en bas, qui est influencé par le degré de saturation en eau du milieu, souvent riche en matières organiques et en minéraux argileux qui peuvent réagir avec les polluants et les retenir temporairement ou retarder leur progression vers la nappe. Pour beaucoup de sites, cette infiltration se fait sur des distances relativement courtes avant d'atteindre la nappe phréatique.

### **2. de la vitesse d'écoulement de l'eau de la nappe phréatique**

Les mouvements latéraux de l'eau dans la nappe sont régis d'une part par la gravité, qui est le moteur de l'écoulement exprimé par le gradient hydraulique (il correspond à la différence de hauteur de la nappe entre deux points séparés d'une longueur donnée), d'autre part par les forces de frottements caractérisées par la perméabilité de la formation aquifère. Même pour des milieux aussi perméables que les sables et galets, la résistance apportée par le terrain aux écoulements souterrains est incomparablement plus grande que la résistance aux écoulements de surface. Alors que pour des petits cours d'eau comme le Lauzon (en aval de l'installation SOCATRI du Tricastin) la vitesse de la rivière est de l'ordre du km/heure, pour les nappes alluviales l'ordre de grandeur est plutôt le m/heure, voire moins.

La vitesse d'écoulement de l'eau peut être fortement influencée par des pompages, ceux-ci pouvant modifier les gradients hydrauliques et permettre le drainage d'une pollution de la nappe sur une emprise relativement importante (un rayon de l'ordre d'une centaine de mètres pour un débit de prélèvement dépassant 100 m<sup>3</sup>/h). A l'inverse, la construction d'ouvrages souterrains, par exemple des parois moulées telles qu'il en existe sur certains sites nucléaires, peut réduire localement la perméabilité des terrains et modifier ainsi l'écoulement naturel de la nappe.

### **3. des propriétés des substances radioactives déversées dans le milieu**

Certains radionucléides se déplacent à la même vitesse que l'eau qui les transporte. C'est particulièrement le cas du tritium qui, sous sa forme habituelle d'eau tritiée, a le même comportement hydrogéologique que l'eau. C'est la raison pour laquelle il est le premier élément à migrer d'un stockage de déchets si celui-ci en contient, même si des précautions de conditionnement poussées sont prises. En dehors de l'eau tritiée, les substances anioniques (chlorure, iodure, fluorure, nitrate...) sont également très mobiles, ce qui explique par exemple que la contamination des nappes par les nitrates soit assez générale.

Une autre catégorie est celle des substances qui réagissent avec certains constituants des terrains traversés. Il s'agit principalement de formes cationiques, telles que le césium ou le strontium. Du fait de la charge électrique positive et de la taille de leurs ions, ces éléments se fixent très fortement sur les surfaces d'échange des constituants des terrains. Cela se traduit par une réduction considérable de la vitesse de déplacement de ce type de substances. Cette propriété commune à de nombreux radionucléides dépend à la fois de la forme chimique de l'élément considéré et des propriétés du terrain. Elle est traduite par un coefficient de partage du radionucléide entre l'eau circulante et la phase solide imprégnée par l'eau. Cette propriété a aussi pour conséquence que, même en supprimant la source primaire de pollution (par

exemple retrait de déchets), un marquage persistant de la nappe phréatique pourra être observé du fait de la libération graduelle et différée des substances fixées dans la zone insaturée des sols ou par les minéraux de la formation aquifère.

Tous ces éléments relatifs au comportement des nappes phréatiques et des substances radioactives susceptibles de les affecter justifient l'importance d'une bonne compréhension de l'hydrogéologie des sites nucléaires pour définir, de manière optimale, un réseau de surveillance de la qualité de la nappe phréatique sur et autour des sites nucléaires.

Ce réseau de surveillance doit permettre :

- d'apprécier l'impact des activités des installations sur les nappes d'eau souterraines à l'extérieur du site ;
- d'identifier et de caractériser les contaminations existantes (activités volumiques, nappes concernées, étendue de la pollution) et leurs évolutions au cours du temps ;
- de détecter rapidement une éventuelle contamination nouvelle de nappe et de participer à l'identification de son origine.

Plusieurs observations générales peuvent être formulées sur la manière de répondre au mieux à ces objectifs :

- il est important de disposer d'une bonne connaissance des sources possibles de contamination des nappes phréatiques, y compris celles résultant des activités passées ;
- de même, il est important de disposer d'une bonne connaissance de l'hydrogéologie des sites nucléaires (observation et modélisation), notamment pour identifier les nappes vulnérables et, au sein de celles-ci, les zones de circulations préférentielles ;
- une surveillance appropriée doit être assurée au plus près des sources possibles de substances radioactives, afin de garantir la détection précoce d'une contamination, en s'intéressant préférentiellement aux substances les plus mobiles (tritium, formes anioniques...) ou les plus caractéristiques des sources possibles de contamination. En pratique, cela conduit à réaliser cette surveillance principalement à l'intérieur des sites nucléaires ;
- pour la surveillance à plus grande distance, hors des sites, il est pertinent de surveiller la qualité des eaux souterraines en priorité au niveau des puits de pompage à fort débit (irrigation ou captage pour l'alimentation en eau potable) ; il en va de même pour tout nouveau puits créé dans la nappe au voisinage des sites. En revanche, la réalisation d'une surveillance fréquente d'eaux prélevées dans des piézomètres extérieurs aux sites où aucun pompage régulier n'est assuré ne paraît pas justifiée en général, pour les raisons indiquées ci-dessus au point 2, sauf dans les cas où la présence d'une pollution est avérée ;
- il est utile de disposer d'une connaissance précise de l'état radiologique de référence des nappes phréatiques autour des sites nucléaires, notamment pour les radionucléides pouvant avoir une origine naturelle (uranium par exemple) ou pouvant résulter de rejets anciens, afin de faciliter l'expertise des conséquences d'un éventuel rejet accidentel futur.

L'hydrogéologie des sites et la surveillance des nappes phréatiques font l'objet d'un développement spécifique dans les rapports de sûreté et donnent lieu à un examen périodique par l'IRSN à la demande de l'autorité de sûreté compétente, dans le cadre des réexamens de sûreté (cf. § 4.1). Ainsi, les observations générales précédentes sont habituellement prises en compte dans ces réexamens et peuvent, au cas par cas, conduire à faire évoluer la surveillance des nappes phréatiques pour les sites pour lesquels les dispositions en place se révéleraient inadaptées.

L'IRSN pourra également être amené à réévaluer sa propre stratégie de surveillance des nappes phréatiques dans le cadre des réflexions en cours présentées au paragraphe 3.2. *A priori*, l'action propre de surveillance pourrait être davantage orientée vers les utilisations sensibles de l'eau au voisinage des sites nucléaires, ainsi que vers l'amélioration de la connaissance de l'état radiologique de référence des nappes. Il convient également de tenir compte des dispositions réglementaires déjà en place au titre du code de la santé publique, qui impose aux distributeurs d'eau potable de réaliser annuellement un contrôle de la qualité radiologique de leurs eaux ; cette obligation vaut évidemment pour les eaux distribuées autour des sites nucléaires (cf. § 3.2.3).

### 4.3.2. APERÇU D'ENSEMBLE SUR LE MARQUAGE DES NAPPES PHREATIQUES SOUS L'EMPRISE DES SITES NUCLEAIRES OU DANS LEUR VOISINAGE

Comme indiqué aux paragraphes 3.1 et 3.2, l'IRSN dispose d'informations sur le marquage des eaux souterraines au droit et autour des sites nucléaires provenant principalement :

- de l'instruction, pour le compte de l'ASN ou du DSND, des dossiers de sûreté et des dossiers de demande d'autorisation de rejets et de prélèvements d'eau (DARPE), transmis par les exploitants d'INB et d'INBS ;
- de la surveillance régulière qu'il effectue sur l'ensemble du territoire ;
- d'études environnementales qu'il mène ou a pu mener autour de certains sites.

Dans le cadre de l'examen des dossiers de sûreté ou des DARPE, l'IRSN évalue la capacité des dispositions de surveillance prévues à atteindre les objectifs mentionnés précédemment (§ 4.3.1). Cela implique notamment l'évaluation de la connaissance de l'hydrogéologie du site. A l'issue des instructions qu'il a menées dans le passé, l'IRSN a émis, à plusieurs reprises, des avis et des recommandations en vue de compléter la surveillance mise en place par les exploitants.

A titre d'exemple, plusieurs avis émis par l'IRSN à l'occasion de l'instruction des DARPE ont mis en évidence des insuffisances du dispositif de surveillance réglementaire des nappes pour certains sites de CNPE. Par ailleurs, dans le cadre de l'analyse du retour d'expérience d'exploitation et dans la continuité de ses travaux de mise en conformité aux dispositions de l'arrêté ministériel du 31 décembre 1999, EDF a engagé en 2002 une action dénommée « Affaire Parc (AP 02-02) » concernant la propreté radiologique et chimique du sol et des nappes souterraines des sites nucléaires exploités ou en cours de « déconstruction ». La première étape a consisté en la réalisation d'un état des lieux de la propreté des sols et des nappes ainsi que des moyens de surveillance associés. Sur cette base et compte tenu à la fois de l'hydrogéologie des sites et des sources possibles de rejet, une optimisation des dispositions de surveillance des eaux souterraines a été définie par EDF. Cette optimisation porte sur l'implantation des piézomètres pour chaque CNPE, les périodicités de prélèvement ainsi que les paramètres mesurés. L'IRSN examine actuellement ces éléments et doit présenter ses conclusions lors d'une réunion du groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires, ayant pour objet la gestion des effluents des CNPE, qui devrait se tenir en mai 2009. L'IRSN se prononcera alors sur les dispositions mises en place pour améliorer la prévention des rejets non maîtrisés et la détection des contaminations des nappes phréatiques.

Le croisement des différentes sources d'information et l'historique de connaissances dont bénéficie aujourd'hui l'IRSN, lui permet de dresser un panorama assez complet de la situation comme l'illustrent les fiches descriptives des nappes phréatiques de l'annexe 2. Ce panorama comporte toutefois quelques limites et ne peut prétendre à être totalement exhaustif pour les raisons suivantes :

- la connaissance de l'institut est généralement précise, mais locale et focalisée sur certains sujets. Les expertises qui lui sont demandées par les pouvoirs publics concernent en effet généralement une installation nucléaire particulière. Dans le cas de sites accueillant différentes installations, il s'avère de ce fait souvent difficile de passer de l'échelle de l'installation à celle du site et d'appréhender la situation dans sa globalité. Cette difficulté est accentuée lorsque les installations d'un même site relèvent d'exploitants ou de statuts réglementaires différents ;
- le niveau de connaissance des différents sites est relativement hétérogène. Même si la plupart des INB et INB-S font régulièrement l'objet d'instructions de la part de l'IRSN, toutes n'abordent pas la question de l'hydrogéologie et de la vulnérabilité des nappes. Certains sites n'ont pas donné lieu à un examen de ce domaine depuis plus de 10 ans ;
- les études environnementales effectuées par l'IRSN ne concernent que quelques uns des sites nucléaires et sont rarement focalisées sur la qualité des eaux souterraines ;
- les données relatives aux eaux souterraines acquises par l'IRSN grâce à ses réseaux de surveillance sont, à ce jour, peu nombreuses (cf. § 3.2). Elles concernent les sites présentés dans le tableau ci-dessous (pour l'année 2007).

Site surveillé	Nombre de points de prélèvements	Nombres d'échantillons prélevés
AREVA NC la Hague	5	16
Site du Tricastin	6	7
CEA Saclay	6	12
CEA Valduc	7	7
CEA Marcoule	10	39
CERN	1	2
CNPE de Chinon	4	6
Fessenheim	1	2
Gravelines	1	2
Le Bugey	1	2

On peut noter que les sites nucléaires pour lesquels l'IRSN ne dispose pas de suffisamment de données pour élaborer une fiche de synthèse sur l'état des nappes phréatiques, sont, pour la plupart, des sites qui présentent un risque limité de contamination des nappes, compte tenu de la nature des activités exercées (irradiateurs industriels en particulier). Toutefois, certains de ces sites mériteraient sans doute une analyse plus approfondie (centres CEA de Fontenay-aux-Roses et de Bruyères-le-Châtel).

#### 4.3.2.1 Situation hydrogéologique des sites nucléaires

Afin de présenter un bilan synthétique de l'état des nappes dans les divers sites nucléaires, il est en premier lieu utile d'évoquer l'importance du contexte géologique et hydrogéologique. De ce point de vue, trois grandes catégories de situations peuvent être distinguées :

- les sites nucléaires construits au-dessus de formations perméables (formations alluviales ou sableuses). Ces formations abritent des ressources en eau souvent importantes et qui peuvent être intensément utilisées y compris pour des usages sensibles (adduction d'eau potable en particulier). Les écoulements et le déplacement de panaches de contamination éventuels y sont souvent rapides, au moins pour les substances qui ne tendent pas à se fixer sur les constituants de la formation aquifère, et relativement prédictibles. Les vitesses d'écoulement de l'eau sont typiquement de l'ordre de quelques mètres par jour, les polluants progressant à une vitesse inférieure ou égale (cf. § 4.3.1). Une caractérisation hydrogéologique classique permet de dimensionner un dispositif de surveillance efficace. Parmi les sites relevant de cette catégorie, on peut citer ceux de Pierrelatte/Tricastin, Marcoule et la plupart des sites de CNPE implantés le long de cours d'eau. Au sein de cette catégorie, certains sites présentent la particularité d'être implantés au-dessus d'une formation aquifère importante mais d'en être séparés par une formation peu perméable. C'est en particulier le cas du site CEA de Saclay qui est au-dessus de l'importante formation aquifère des Sables de Fontainebleau ;
- les sites implantés sur des formations rocheuses peu perméables mais recoupées par des zones qui le sont beaucoup plus (roches fissurées et karstiques). Les écoulements sont rapides au sein des zones perméables (typiquement de l'ordre d'un mètre par heure) et beaucoup plus lents en dehors (typiquement de l'ordre d'un mètre par an). Compte-tenu de l'hétérogénéité des propriétés du milieu, l'établissement d'une cartographie des écoulements et des marquages nécessite des moyens importants et le dimensionnement du réseau de surveillance piézométrique est plus délicat que dans le premier cas évoqué. Parmi les sites concernés, on peut citer les sites CEA de Cadarache (sur une partie de son emprise) et de Valduc ainsi que le site CNPE de Civaux ;
- les sites implantés sur des formations peu perméables. Les formations concernées étant peu productives, elles sont rarement exploitées et les risques de contamination des nappes constituent de ce fait un enjeu plus faible que dans les cas précédents du point de vue des risques d'exposition des populations. Les écoulements sont lents (typiquement de l'ordre d'un mètre par an) et les panaches de contamination éventuels progressent lentement. Les sites de la Hague et, pour partie, de Cadarache relèvent de cette catégorie.

Au-delà des caractéristiques naturelles des sites, les écoulements peuvent être contraints par des aménagements mis en œuvre pour réduire localement la perméabilité (enceintes géotechniques sur la

plupart des sites de CNPE) ou pour drainer les eaux de nappes, de manière généralisée, comme à la Hague ou à Cattenom ou de manière plus localisée comme à Saclay ou à Cadarache.

#### **4.3.2.2 Etat des marquages des nappes : principaux points notables**

D'une manière générale, l'exploitation des données dont dispose l'IRSN permet de mettre en évidence l'existence d'un marquage des eaux souterraines sur la plupart des sites nucléaires ayant fait l'objet d'une analyse dans le cadre de la préparation du présent rapport. Ce constat général nécessite toutefois d'être fortement nuancé, les marquages étant le plus souvent très localisés, circonscrits au droit même des sites concernés, et avec des niveaux de contamination faibles.

Afin de disposer d'une image plus précise de la situation, il est utile de distinguer le cas des sites CNPE du cas des autres sites nucléaires.

##### **Sites CNPE**

D'une manière générale, les sources de marquage possibles des nappes sont les rejets contrôlés (dans des cours d'eau ou en mer et dans l'atmosphère) et les rejets diffus ou accidentels. Pour ce qui concerne les rejets contrôlés, la nature des substances relâchées et le pouvoir de dilution important des milieux récepteurs (atmosphère, grands cours d'eau et mer) dans lesquels ils sont effectués, rendent pratiquement indécélables les marquages qu'ils pourraient induire sur les eaux souterraines. La seule exception notable concerne le site CNPE de Chinon pour lequel, en cas de crue, a pu être observé un léger marquage par du tritium immédiatement à l'aval de l'émissaire de rejet, dû à la réalimentation de la nappe par la Loire ; toutefois, ce phénomène n'est plus observé depuis qu'EDF a modifié, en 1999, les caractéristiques de cet émissaire, au moyen d'une « clarinette » qui améliore la dispersion des rejets. En revanche, les rejets résultant d'incidents d'exploitation (cf. § 4.1.2) peuvent entraîner un déversement de substances radioactives dans le sol, voire directement dans la nappe et donc causer une contamination des eaux souterraines. Plusieurs cas de cette nature sont ainsi répertoriés. Ils concernent très majoritairement le tritium et résultent d'incidents survenus dans les bâtiments abritant les piscines d'entreposage des combustibles (c'est notamment le cas pour le CNPE de Gravelines) ou les installations de traitement des effluents liquides (CNPE de Cruas par exemple).

L'extension des contaminations associées ne dépasse généralement pas l'emprise des sites. La surveillance des nappes dans l'emprise des CNPE montre que depuis 2003, l'activité volumique du tritium dans les eaux souterraines a dépassé la valeur guide de 100 Bq/L sur un nombre limité de CNPE (essentiellement des tranches de 900 MWe). Les valeurs les plus élevées ont été observées à l'intérieur du site de Cruas en 2004-2005 (jusqu'à 3400 Bq/L). D'autres sites se distinguent par des contaminations limitées dans le temps ou résiduelles (activités volumiques > 100 Bq/L) : Gravelines depuis 1981, Tricastin entre 2005 et 2008 et Dampierre en 2007.

Dans l'environnement extérieur des CNPE, excepté le tritium, aucun radionucléide caractéristique des rejets de ces installations n'est décelé dans les eaux des captages et les eaux de nappe. Le tritium est détecté systématiquement dans les eaux souterraines, mais à des niveaux qui correspondent au bruit de fond mesuré en France (de l'ordre de 10 Bq/L), d'origine naturelle ou provenant des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires.

Le cas du CNPE de Tricastin se distingue de ce constat général par divers incidents d'exploitation (défauts d'étanchéité, vidange intempestive) qui ont conduit, de manière répétée mais temporaire, à des marquages en tritium de la nappe située au droit des installations. Ces installations sont entourées d'une enceinte géotechnique constituée d'une paroi souterraine en béton de plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur, isolant le sous-sol du site de son milieu extérieur. La présence de cette enceinte et la mise en œuvre d'un pompage quasi-permanent de l'eau ont permis de confiner le marquage au sein de l'enceinte. Ainsi, les mesures réalisées à l'extérieur n'ont jamais montré de marquage en tritium.

##### **Autres sites nucléaires**

Les autres sites nucléaires en France (centres du CEA, installations du cycle du combustible nucléaire) sont pour la plupart des sites anciens accueillant ou ayant accueilli de multiples installations destinées à des activités industrielles ou de recherche. La plupart d'entre eux sont responsables d'une contamination des eaux souterraines, le plus souvent par du tritium, mais également du strontium 90, du césium 137 ou de l'uranium notamment. Dans de nombreux cas, les marquages restent localisés à l'emprise du site. Toutefois, en particulier pour les sites implantés sur des formations perméables, une contamination des eaux souterraines situées en aval a été parfois mise en évidence.

**Site de Saclay.** Une contamination des eaux souterraines par le tritium est régulièrement observée (plusieurs dizaines de Bq/L) ; son activité volumique dépasse fréquemment la centaine de Bq/L pour les eaux de nappes analysées semestriellement, provenant de trois piézomètres situés dans l'enceinte du site.

A proximité de ce site, du tritium est mis en évidence dans l'eau de nappe, mais avec des activités volumiques relativement faibles (généralement inférieures à 100 Bq/L).

**Site de Valduc.** Les prélèvements effectués dans les eaux de nappes en dehors du périmètre de l'INBS montrent une contamination par le tritium supérieure à 100 Bq/L. Celle-ci a cependant diminué d'un facteur trois en dix ans. Des prélèvements d'eaux de résurgence des nappes effectués jusqu'à 10 km du site, présentent des valeurs significatives d'activité en tritium en plusieurs points (valeur maximale de l'ordre de 60 Bq/L observée à la source Prégelan à Salives). La contamination de ces nappes est certainement dû à des infiltrations d'eau de pluie marquée par du tritium.

**Site de La Hague (y compris le centre de stockage de la Manche de l'ANDRA).** Les eaux de nappe contrôlées sur le site présentent à l'est une activité volumique élevée de tritium pouvant atteindre plusieurs milliers de becquerels par litre. Au nord-ouest, les activités significatives mesurées concernent le césium 137 et le strontium 90, respectivement de l'ordre de 1 et 4 Bq/L. Ces marquages résultent principalement de déchets anciens insuffisamment confinés ou d'incidents survenus au cours des années 70-80.

A l'extérieur du site de La Hague, trois zones présentent des contaminations localisées par le tritium et des émetteurs bêta (strontium 90 en particulier).

**Site de Marcoule.** Les mesures de tritium dans les eaux des nappes effectuées en plusieurs points en aval du site présentent des valeurs au-dessus du bruit de fond, de l'ordre de quelques dizaines de becquerels par litre. Ces contaminations sont favorisées par les propriétés perméables de la formation aquifère sous-jacente. Une paroi moulée et un pompage de rabattement ont été mis en place après la découverte d'une contamination par du strontium 90 au sud du site. Cette contamination a conduit à fermer l'exploitation d'un forage d'alimentation en eau potable sur la commune de Codolet.

**Site de Pierrelatte(Tricastin).** Les analyses des eaux de nappe prélevées dans le périmètre du site mettent en évidence des activités volumiques globales en émetteurs  $\alpha$  supérieures à la valeur guide de 0,1 Bq/L et des concentrations en uranium nettement supérieures à 15  $\mu\text{g/L}$  (marquage observé dans la nappe, notamment au sud de l'usine de COMURHEX). L'origine de ces valeurs reste à éclaircir. De plus, des valeurs légèrement supérieures à 15  $\mu\text{g/L}$  ont été récemment mesurées à l'extérieur du site, en particulier grâce au dispositif de surveillance mis en place après l'incident de juillet 2008, mais également dans le cadre d'études antérieures. L'origine de ces concentrations reste incertaine notamment pour ce qui concerne la part attribuable aux activités nucléaires. Une étude est envisagée par l'IRSN sur le sujet.

**Site SICN de Veurey-Voroize.** Il existe un marquage en uranium de la nappe sur ce site.

## **5. PUBLICATION DES RESULTATS DE LA SURVEILLANCE ET IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES**

D'une manière générale, on observe une implication croissante des acteurs concernés par la surveillance de la radioactivité de l'environnement en faveur de l'information du public. Il convient en particulier de souligner l'effort fourni par les exploitants nucléaires dans ce domaine, dans un contexte législatif et réglementaire qui s'est précisé au cours des 10 dernières années. Ainsi, chaque exploitant édite un rapport annuel relatif au contrôle des rejets d'effluents et à la surveillance de l'environnement, rendu public et diffusé aux CLI. En complément, les missions « communication » des sites nucléaires éditent des bulletins mensuels exposant les principaux résultats de la surveillance et mettant en perspective les résultats du mois avec la moyenne de ceux de l'année écoulée. Enfin, un effort de vulgarisation de l'information est réalisé, en essayant d'apporter des commentaires sur les chiffres transcrits et en donnant des informations sur la quantité de mesures et de prélèvements effectués. Ces données de surveillance sont par ailleurs reprises sur les sites Internet des exploitants.

Pour sa part, l'IRSN agit depuis plusieurs années pour développer et améliorer la mise à disposition du public des résultats de ses travaux en matière de surveillance de l'environnement. Les actions récentes dans ce domaine sont présentées au paragraphe 5.1. L'IRSN développe par ailleurs, dans le cadre de sa démarche d'ouverture à la société inscrite dans son Contrat d'objectifs, des actions pilotes impliquant

la participation des parties prenantes ; celles intéressant spécifiquement l'environnement sont développées au paragraphe 5.2. Enfin, le paragraphe 5.3 présente un point d'avancement du Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement et le gain attendu en termes de transparence par la mise à disposition des données de surveillance, mais soulignera aussi les limites de ce réseau.

## **5.1. ACTIONS DE L'IRSN POUR METTRE A DISPOSITION DU PUBLIC DES INFORMATIONS SUR L'ETAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT**

L'action de l'IRSN en matière d'information du public sur la surveillance de la radioactivité de l'environnement prend diverses formes, selon le media utilisé, et peut procéder d'actions propres de l'Institut ou s'opérer dans le cadre de partenariats.

### **5.1.1. BILANS ANNUELS DE L'ETAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT**

Pour présenter une vision générale de l'état radiologique de l'environnement, l'IRSN publie chaque année depuis 2004 une synthèse sous format papier et CD ROM des résultats les plus pertinents de la surveillance qu'il exerce sur le territoire. Ce document, édité à plus de 400 exemplaires, est diffusé aux acteurs institutionnels et associatifs. Il est mis en ligne sur le site internet de l'Institut et un communiqué annonce sa parution à la presse. Le rapport présente, par type d'activité nucléaire, un état récapitulatif des résultats acquis au cours de l'année précédente, sous forme de graphiques ou de tableaux. Depuis la première édition en 2004, l'IRSN a fait des efforts importants pour raccourcir les délais de publication de ce rapport, améliorer sa présentation, apporter davantage d'explications sur les chiffres publiés et sur les événements radiologiques détectés dans l'année. La plus-value du prochain bilan, relatif à l'année 2007, sera la présentation de chroniques de résultats sur plusieurs années, permettant d'expliquer l'évolution à long terme de l'activité de certains radionucléides dans l'environnement.

Un bilan spécifique de la surveillance de la radioactivité des îles habitées de Polynésie française est également réalisé chaque année. La diffusion de ce bilan couvre les administrations polynésiennes et nationales. Ce rapport trouve également sa place sur le site internet de l'IRSN depuis plusieurs années.

### **5.1.2. SITE INTERNET DE L'IRSN**

#### **5.1.2.1 Le site thématique « surveillance »**

En 2007, l'IRSN a engagé la rénovation de son portail internet consacré à la radioactivité de l'environnement ([www.irsn.org/](http://www.irsn.org/) rubrique « surveillance de l'environnement »). Une page d'accueil décrivant les missions de l'IRSN dans ce domaine oriente les internautes vers deux grands domaines d'informations : le premier traite des bilans radiologiques annuels évoqués ci-dessus, le second donne accès aux résultats acquis par les réseaux de mesure de l'Institut, plus particulièrement aux données des réseaux « Téléray », « Eaux, boues et sédiments », « Aérosols atmosphériques » et « Observatoire permanent de la radioactivité OPERA ».

Un travail est en cours pour réunir les 4 sites actuels de « données » dans un seul système d'information sur internet. L'objectif est de présenter les lieux et les résultats de mesure de routine de façon homogène et globale, de privilégier l'accès par la cartographie, d'élargir la visibilité des données (données fournies sur une plus grande période temporelle, plus grande variété sur les données) et de présenter les résultats sous forme de graphiques, en plus des tableaux actuellement présentés. Ce site devrait être mis en ligne fin 2008.

L'étape suivante concernera la partie « documentaire » du portail qui s'étoffera en 2009 de synthèses commentées sur les niveaux de radioactivité de l'environnement et sur les travaux d'étude et d'expertise menés par l'IRSN sur les processus de transfert des radionucléides dans les compartiments de la biosphère et de la géosphère. L'objectif ici est de renforcer l'approche pédagogique de la radioactivité de l'environnement, en complément de l'accès aux données de surveillance qui peuvent être difficiles à interpréter par le public.

### **5.1.2.2 Les autres informations mises en ligne concernant l'environnement**

En dehors de son site thématique consacré à la radioactivité de l'environnement, l'IRSN publie en moyenne une actualité par mois traitant de la radioactivité de l'environnement (statistique réalisée entre mi 2007 et mi-2008, hors événement SOCATRI). Ces actualités peuvent annoncer la mise en ligne de rapports : bilans radiologiques évoqués plus haut, rapports présentant les résultats et conclusions d'études scientifiques menées dans une zone particulière, parfois d'intérêt médiatique (plages de Camargue, nappe du Tricastin, taches de césium 137 dans le Mercantour), constats radiologiques autour d'un site (rapport concernant le CERN), bilans réalisés en concertation avec les parties prenantes (Bilan de la surveillance du bassin versant de la Loire dans le cadre de l'action pilote environnement Loire)... D'autres actualités concernent les sites thématiques cités précédemment (site aérosols, portail environnement...), à l'occasion d'une mise à jour particulière. Des renvois réguliers s'opèrent vers les actualités publiées sur le site du Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement, dont l'IRSN est le gestionnaire ([www.mesure-radioactivite.fr](http://www.mesure-radioactivite.fr), voir le paragraphe 5.3 ci-après).

A côté des actualités, des informations détaillées sur certains programmes de recherche de l'Institut consacrés à l'étude de la radioactivité de l'environnement peuvent être obtenues sur le site scientifique de l'Institut (cas des programmes CAROL, SENSIB-PRIME, EXTREME-EXTREMA, CARMA...), site qui contient également des fiches descriptives du comportement des radionucléides dans l'organisme humain, et dans l'environnement (fiches radionucléides).

L'IRSN réalise aussi des dossiers particuliers sur des sujets spécifiques : 20 ans après l'accident de Tchernobyl, incident de SOCATRI, Groupe Radioécologie Nord-Cotentin...

Au bilan, le site Internet de l'Institut est riche d'informations sur la radioactivité de l'environnement. Les supports sont diversifiés et de tous niveaux (du plus complexe au plus vulgarisé, du rapport scientifique à la note d'information ou au communiqué de presse). Cette diversification doit permettre de toucher un éventail de personnes très varié. Néanmoins, un effort de regroupement de ces informations paraît souhaitable. L'IRSN mène actuellement une réflexion sur la restructuration de son espace internet, qui devrait tenir compte de ces constats.

### **5.1.3. OPERATIONS A L'ATTENTION DE CERTAINS PUBLICS**

L'IRSN mène depuis plusieurs années des actions d'information destinées à des publics variés. On peut citer la participation régulière à la fête de la Science, à l'opération « Portes ouvertes du Vésinet », à l'exposition itinérante « Nucléaire et société : de la connaissance au contrôle », ainsi qu'au salon « Pollutec ». Ces manifestations conduisent l'Institut à développer des contenus spécifiques relatifs à la radioactivité de l'environnement (stands complets, modules d'exposition, conférences, présence d'experts, diaporamas, vidéos...).

A ces actions initiées par l'IRSN ou menées en partenariat, on peut ajouter que l'IRSN répond régulièrement aux sollicitations des journalistes concernant les sujets touchant à la radioactivité dans l'environnement, en accordant des interviews ou en accueillant des équipes de tournage sur ses sites.

Enfin, l'Institut publie des ouvrages consacrés à la radioactivité de l'environnement : il peut s'agir de monographies sur un radionucléide, de synthèses de connaissances...

### **5.1.4. DIFFUSION D'INFORMATION DANS LE CADRE DE TRAITES OU CONVENTIONS INTERNATIONAUX**

#### **5.1.4.1 La diffusion des données dans le cadre du traité EURATOM**

Chaque année l'IRSN fournit à la Commission européenne, au nom de l'Etat français, environ 54 000 résultats de mesures de la radioactivité de l'environnement portant sur les particules aérosols, l'eau, le lait et la ration alimentaire, pour satisfaire aux exigences des articles 35 et 36 du traité Euratom. Cet envoi est complété par un déversement automatique toutes les 12 heures des données brutes des sondes du réseau TELERAY. La Commission Européenne édite régulièrement un rapport de synthèse au niveau européen issu de l'exploitation des données transmises par les états membres et un

portail internet public <http://rem.jrc.cec.eu.int> permet de se connecter aux différentes bases de données de la Commission européenne pour en visualiser les résultats.

#### **5.1.4.2 Les données transmises à la Commission OSPAR**

Depuis une quinzaine d'années, l'IRSN est impliqué dans les travaux de la Commission pour la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-Est, dite Commission OSPAR. L'Institut a fourni notamment des données de radioactivité relatives aux prélèvements marins réalisés sur la façade Atlantique - Manche (eau, sédiments, faune et flore) qui ont été utilisées pour la mise en place d'une « ligne de base », point de référence permettant d'apprécier régulièrement les progrès accomplis depuis 1998 dans la diminution du marquage environnemental imputable aux activités humaines. Ces transmissions de données sont amenées à se poursuivre.

### **5.2. RETOUR D'EXPERIENCE DE L'IRSN EN MATIERE D'IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES A LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT**

Au-delà de ses nombreuses actions directes d'information du public, l'IRSN a développé des relations avec des médiateurs qui contribuent à l'information de la population tels que les associations de protection de l'environnement et les CLI, partenaires privilégiés de l'Institut dans le cadre du protocole existant avec leur association nationale, l'ANCLI, depuis 2003. Ainsi, l'Institut intervient régulièrement dans des réunions de CLI pour y présenter ses études sur la radioactivité de l'environnement et répondre aux interrogations des acteurs locaux. A titre d'exemple, les études réalisées par l'IRSN dans la vallée du Rhône après les crues de 2003 ont été présentées et discutées à la CLI du Gard. De même, une étude radioécologique sur le tritium autour du centre de Valduc avait également été réalisée en concertation avec la commission locale (SEIVA) en 2003.

Dans ce cadre, l'IRSN a également choisi d'impliquer différentes parties prenantes dans certains travaux novateurs relatifs à la surveillance de l'environnement. Ces travaux sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

#### **5.2.1. IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES DANS LA RESTITUTION DE L'INFORMATION**

C'est dans la phase de restitution des résultats et d'interprétation des données de la surveillance qu'interviennent le plus souvent les parties prenantes.

Concernant le partage de ces données, le dialogue avec les parties prenantes a confirmé le constat que si des milliers de résultats sont annuellement rendus disponibles pour les installations nucléaires, leur appropriation par ces acteurs reste difficile. L'IRSN et l'ANCLI ont donc décidé d'engager ensemble une réflexion avec des acteurs locaux en vue d'identifier avec eux les moyens d'améliorer la restitution de ces données.

Cette action pilote menée en partenariat avec les CLI du bassin versant de la Loire a eu pour objectif de construire ensemble, à l'échelle d'un bassin versant, une présentation des mesures compréhensible par la population.

Un rapport commun sera publié au 4ème trimestre 2008 sur les résultats de ces travaux. Les enseignements suivants peuvent être tirés en matière de restitution des données de la surveillance :

- il est important de situer les résultats de la surveillance dans un contexte géographique et temporel large, permettant aux acteurs locaux de se construire leurs propres références en matière de qualité radiologique de leur environnement ;
- il est nécessaire de construire, à partir des milliers de données existantes, quelques indicateurs pertinents et de favoriser les représentations graphiques et les cartes en limitant le nombre grandeurs de mesure utilisées ;
- les acteurs locaux ont la volonté de connaître l'ensemble des sources susceptibles de rejeter de la radioactivité dans l'environnement, installations industrielles ou autres.

Ces éléments ont contribué à alimenter les réflexions de l'IRSN sur la présentation des données notamment dans le cadre du Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM).

Au cours de ces travaux, les CLI ont également insisté sur l'importance de la pluralité des acteurs de la mesure. Le paragraphe suivant rapporte les expériences de l'IRSN en matière d'association de parties prenantes à la réalisation des mesures.

### **5.2.2. IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES DANS LA REALISATION DE MESURES**

Un exemple récent est celui de la campagne de mesure de la radioactivité autour de l'ancien site minier de Saint Pierre (Cantal). Effectuée à la demande des pouvoirs publics et de la CLI locale, cette campagne a associé des équipes de l'IRSN et de la Commission de recherche et d'information indépendante sur la radioactivité (CRIIRAD). Après en avoir défini le protocole en commun, les deux organismes ont menés conjointement et en parallèle les mesures et ont publié leurs résultats sur leurs sites internet respectifs.

Une expérience plus ancienne est celle du Groupe Radioécologie du Nord-Cotentin (GRNC), groupe d'expertise pluraliste mis en place par les pouvoirs publics en 1997 à la suite de controverses sur un possible excès de leucémies infantiles dans le canton de Baumont-Hague. Dans le cadre de ses travaux, le GRNC a décidé en 2000 de mener une campagne de mesures de la radioactivité dans l'environnement autour des installations nucléaires de la Hague.

Dans ces deux cas, la participation des associations (ACRO, Mères en colère, CRIIRAD) à la réalisation des mesures a fortement contribué à leur compréhension par le public et à leur crédibilité.

### **5.2.3. IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES DANS LA DEFINITION DES PLANS DE SURVEILLANCE**

Si, lors des travaux du GRNC, les acteurs locaux ont été impliqués dans la réalisation des mesures et leur restitution à la population, ils ont fortement regretté de ne pas avoir été associés à la définition des plans de surveillance établis par les exploitants.

Les acteurs locaux ont en particulier considéré que cette surveillance réglementaire ne répondait pas suffisamment à leurs questions concrètes relatives à l'impact environnemental et sanitaire (qualité des eaux consommées par le bétail ou des eaux de baignade...).

Ceci conduit à s'interroger sur la manière dont les plans de surveillance pourraient faire l'objet d'une concertation avec les acteurs locaux, sinon sur le plan opérationnel, du moins au niveau de la stratégie. L'objectif serait d'intégrer dans la stratégie de surveillance des éléments tenant compte de des facteurs locaux de sensibilité.

Ainsi, l'un des aspects des travaux de recherche que l'IRSN mène dans le cadre du projet PRIME (centré sur l'étude de la vulnérabilité d'un territoire à une contamination radioactive) consiste à examiner la sensibilité des activités économiques qui y sont implantées (exemple des vignobles du Tricastin). Des acteurs locaux (CLI du Gard et CIGEET du Tricastin mais aussi la CRIIRAD) participent au pilotage de ces travaux.

Si ce type de démarche n'influencera sans doute pas significativement les dispositifs de surveillance des exploitants nucléaires, contraints par le cadre réglementaire, l'IRSN l'intègre néanmoins dans sa réflexion sur l'évolution la surveillance qu'il mène (cf. § 3.2), de façon à mieux prendre en compte la « sensibilité radioécologique » de l'environnement des sites nucléaires.

### **5.2.4. ENSEIGNEMENTS TIRES PAR L'IRSN DE CES EXPERIENCES**

Les différentes expériences décrites ci-dessus soulignent l'importance de médiateurs entre les experts et la population. Si la complexité technique des sujets traités conduit à s'appuyer sur des acteurs associatifs nationaux compétents, il est indispensable de s'appuyer aussi sur des acteurs locaux au niveau des territoires concernés. Les Commissions locales d'information ont un rôle important à jouer dans cet objectif.

Il est également important de souligner que l'efficacité et la réussite de ce partage avec les acteurs de la société civile sont d'autant plus grandes que l'implication se fait le plus tôt possible. En particulier, une telle implication précoce est utile pour pouvoir faire face dans de bonnes conditions aux crises qui

peuvent résulter de rejets accidentels, même de faible importance, comme l'a bien illustré le cas récent de l'incident de SOCATRI.

D'une manière générale, l'expérience tirée par l'IRSN de ces différentes actions pilotes impliquant des parties prenantes, coûteuses en temps et en moyens spécifiques, montre que les différents partenaires d'une telle coopération en tirent un profit. Ainsi l'action pilote environnement Loire (APEL) a contribué à aider les CLI à développer des compétences locales pour comprendre le dispositif de surveillance de l'environnement et ses résultats. Elle a aidé l'IRSN à mieux comprendre les attentes des acteurs locaux et a permis d'améliorer en conséquence la présentation des résultats de la surveillance de l'environnement notamment dans le cadre du Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement évoqué au § 5.3 ci-après.

L'expérience montre également que l'association des acteurs de la société civile à la réalisation des mesures conforte la crédibilité et la compréhension par le public des résultats de l'IRSN, en tant qu'expert institutionnel.

Enfin, il apparaît important d'intégrer à la stratégie de surveillance les préoccupations économiques et sociétales propres au territoire concerné. La question posée est donc celle de la manière et du moment pertinents pour bénéficier des apports des acteurs locaux à la mise au point de cette stratégie.

### 5.3. LE DEVELOPPEMENT DU RESEAU NATIONAL DE MESURES DE LA RADIOACTIVITE DE L'ENVIRONNEMENT

De multiples acteurs réalisent régulièrement des mesures de la radioactivité de l'environnement en France et des milliers de résultats sont produits chaque année. Le Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM) a vocation à réunir les données produites par les laboratoires agréés effectuant ces mesures et à en assurer la restitution au public sur un site Internet.

Le Réseau national, instauré par les articles R.1333-11 et R1333-11-1 du code de la santé publique, a deux objectifs majeurs :

- assurer la transparence des informations sur la radioactivité de l'environnement en rassemblant et en mettant à la disposition du public les résultats de la surveillance de la radioactivité de l'environnement en France ;
- poursuivre le développement d'une politique en matière de qualité des mesures de radioactivité de l'environnement, par l'instauration d'un agrément des laboratoires, délivré par décision de l'Autorité de sûreté nucléaire, conformément à la loi TSN.

Les données sur la radioactivité de l'environnement qui seront rassemblées dans le système d'information sont :

- les résultats des mesures de la radioactivité de l'environnement réalisées dans le cadre des dispositions législatives ou réglementaires en vigueur. Ces mesures sont obligatoirement effectuées par des laboratoires agréés ou par l'IRSN ;
- les résultats des mesures de la radioactivité de l'environnement réalisées à la demande de l'ASN, de collectivités territoriales, des services de l'Etat et d'établissements publics, si ces mesures ont été effectuées par un laboratoire agréé ou par l'IRSN ;
- les résultats des mesures de la radioactivité de l'environnement réalisées à la demande de tout organisme public, privé ou associatif, si les mesures ont été confiées à un laboratoire agréé ou à l'IRSN et que l'organisme détenteur des résultats demande à diffuser ses résultats de mesures sur ce réseau.

La mise en place du Réseau national implique, d'une part, le développement d'une base de données regroupant les mesures de radioactivité, d'autre part, la publication des résultats sur Internet. La collecte des informations doit débuter en janvier 2009, la mise en ligne pour le public intervenant à partir du début de l'année 2010, afin de disposer d'un site présentant un recul d'une année de données.

En attendant la mise en exploitation effective du RNM, un portail Internet provisoire du Réseau national a déjà été créé afin de rendre disponible une documentation abondante ([www.mesure-radioactivite.fr](http://www.mesure-radioactivite.fr)). Ce portail regroupe des informations fournies par tous les acteurs du réseau et les

producteurs de mesures de radioactivité dans l'environnement, et donne accès aux bases de données déjà disponibles sur internet, notamment celles de l'IRSN.

La création du RNM constitue une étape importante dans la démarche de transparence et vise à répondre à une demande sociétale forte en la matière. Ce réseau national, dans sa définition actuelle, présente néanmoins certaines limites, qui pourraient par la suite être traitées par les acteurs du réseau.

Ainsi, certains exploitants réalisent, ou font réaliser, des mesures en complément des celles obtenues au titre de la surveillance réglementaire, par exemple le suivi radioécologique annuel des centres nucléaires de production d'électricité d'EDF, ou les mesures complémentaires effectuées dans les nappes phréatiques sous les sites (cf. § 4.3). Ces mesures apportent une plus-value d'informations. Cependant, conformément à la réglementation, les exploitants ne seront pas tenus de les transmettre au Réseau national. Par conséquent, le RNM risque de ne pas rendre compte d'un état aussi exhaustif que possible des mesures de radioactivité disponibles et l'IRSN estime souhaitable d'encourager l'intégration de ces données dans le RNM, de manière à ce que chacun dispose d'une connaissance plus complète sur l'état radiologique de l'environnement, notamment autour des installations nucléaires.

Une autre difficulté pourrait résulter de l'agrégation des résultats de mesure en provenance de producteurs multiples, réalisées avec des gammes analytiques différentes ; ceci pourrait conduire à présenter en un même lieu des valeurs inférieures à une limite de détection (souvent interprétée comme indiquant une absence de radioactivité) et des valeurs significatives obtenues à l'aide de méthodes analytiques permettant de quantifier de très faibles niveaux de radioactivité. On perçoit ici toute la difficulté de communiquer correctement sur la radioactivité, en évitant une terminologie prêtant à la confusion ; ainsi, l'observation de substances radioactives dans l'environnement ou dans une denrée consommable peut indifféremment être qualifiée de « marquage », de « contamination », voire de « pollution » et il peut en découler une perception négative injustifiée, pouvant affecter l'image d'un territoire ou de produits indépendamment du risque réel pour les populations ou les consommateurs.

## **6. CONCLUSIONS GENERALES ET PROPOSITIONS DE L'IRSN**

Les différents éléments fournis dans ce rapport permettent à l'IRSN de tirer des conclusions générales sur les points de la saisine du HCTISN. Pour les raisons indiquées en introduction, ces conclusions ne concernent que les sites d'INB et d'INBS relevant du ministre chargé de l'énergie, les entreposages anciens de déchets radioactifs sur ces sites et les marquages de l'environnement et des nappes phréatiques par des substances radioactives<sup>1</sup>. Les principaux éléments de ces conclusions, accompagnés de propositions de l'IRSN, sont repris dans la synthèse accompagnant ce rapport.

### **6.1. APPRECIATION DE L'IRSN SUR L'ETAT DE LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT DES SITES NUCLEAIRES ET DE LA QUALITE RADIOLOGIQUE DES MILIEUX**

La connaissance de l'état radiologique de l'environnement autour des sites nucléaires en France repose essentiellement sur :

- la surveillance régulière de l'environnement assurée par les exploitants nucléaires sur et autour de leur site, en application des dispositions prescrites par les autorités dans le cadre des autorisations de rejets d'effluents radioactifs et chimiques, complétées par celles décrites dans les rapports de sûreté transmis à l'appui des demandes d'autorisation ;
- la surveillance spécifiquement assurée par l'IRSN aussi bien au voisinage des sites nucléaires que sur l'ensemble du territoire ;
- les études radioécologiques menées autour des sites nucléaires ou dans des « zones ateliers » présentant un intérêt particulier, visant à décrire plus finement et comprendre la répartition spatiale et temporelle des substances radioactives dans l'environnement, aussi bien celles venant

---

<sup>1</sup> Toutefois, les fiches de l'annexe 2 du rapport fournissent quelques indications sur la présence d'hydrocarbures et substances chimiques observées dans l'eau des nappes phréatiques sous certains sites nucléaires.

des rejets actuels des installations nucléaires que celles résultant de rejets anciens ayant laissé des traces persistantes dans l'environnement.

L'atteinte des objectifs associés à la surveillance régulière de l'environnement, rappelés dans le présent rapport (§ 2.2), conduit à réaliser de nombreux prélèvements d'échantillons et de nombreuses mesures qui constituent la base principale de connaissance de l'état radiologique de l'environnement des sites nucléaires. Toutefois, la nécessité d'obtenir des résultats réguliers dans des délais aussi courts que possible impose de recourir à des techniques d'analyse qui privilégient le plus souvent la détermination d'indicateurs globaux (débit de dose ambiant, activités alpha et bêta globales) ou d'un radionucléide d'intérêt particulier (par exemple le tritium), avec des limites de détection qui ne permettent pas toujours de quantifier l'état radiologique réel de l'environnement autour des sites dès lors que celui-ci est inférieur à ces limites de détection. Cette situation est d'autant plus fréquente que l'état radiologique de l'environnement français tend à s'améliorer régulièrement depuis plus de 30 ans (fin des essais nucléaires atmosphériques, éloignement de l'accident de Tchernobyl, réduction des rejets des installations nucléaires). Les études radioécologiques menées autour des sites nucléaires, bien qu'elles ne répondent pas spécifiquement aux objectifs de la surveillance en raison des longs délais d'obtention et d'interprétation des résultats de mesure, apportent une connaissance complémentaire utile sur l'état radiologique de l'environnement à l'extérieur des sites nucléaires, car elles requièrent généralement des mesures de radioactivité avec des limites de détection très basses.

*Ainsi, les éléments fournis dans le présent rapport, au chapitre 4 et dans les fiches annexes, montrent que les principaux marquages radiologiques à l'intérieur des sites nucléaires (INB et INBS) ou dans leur environnement, sont assez bien identifiés dans l'ensemble. Les sources historiques ou actuelles de rejets sont, pour la plupart, connues par l'IRSN, sauf peut-être pour ce qui concerne les incidents les plus anciens.*

*La présence, dans l'environnement des sites nucléaires, de substances radioactives liées aux rejets des installations nucléaires est observée de façon occasionnelle ou à faible niveau.*

Pour ce qui concerne les centrales nucléaires, une augmentation de l'activité du tritium dans l'eau des fleuves ou des rivières en aval de pratiquement tous les sites, avec des activités volumiques maximales proches de 100 Bq/L. Des traces de radionucléides rejetés par les centrales nucléaires sont également décelées à l'aval des points de rejet, dans des échantillons de matières en suspension, de sédiments ou de végétaux aquatiques.

Pour ce qui concerne les centres d'étude du CEA et les installations du cycle du combustible nucléaire, des marquages par des radionucléides venant des rejets actuels ou de rejets anciens sont parfois observés dans les sédiments (Saclay, La Hague, Marcoule) ; une augmentation des activités volumiques du tritium dans les eaux de surface est également mesurée autour des sites qui rejettent ce radionucléide (Saclay, Valduc, La Hague, Marcoule).

Dans le milieu terrestre, les traces de radionucléides attribuables aux rejets atmosphériques des sites nucléaires sont plus rarement observées (émetteurs  $\alpha$  autour des sites de la Hague et de Marcoule). Pour ce qui concerne le carbone 14, radionucléide déjà présent à l'état naturel dans l'ensemble des compartiments de la biosphère (environ 245 Bq de carbone 14 par kilogramme de carbone), une élévation de quelques Bq à une dizaine de Bq de carbone 14 par kg de carbone est observée sous les vents dominants autour des centrales nucléaires ainsi qu'à la Hague.

Le cas des nappes phréatiques sera spécifiquement abordé au point suivant.

*Ces différents marquages n'entraînent pas d'exposition significative des populations riveraines, les doses correspondantes étant du même ordre de grandeur ou plus faibles que celles estimées par le calcul dans le cadre des demandes d'autorisation de rejets d'effluents radioactifs (quelques  $\mu\text{Sv/an}$  à quelques dizaines de  $\mu\text{Sv/an}$  pour les groupes de référence, représentatifs des membres de la population les plus exposés).*

*Sur la base de ces différents constats, l'IRSN estime que la démarche générale de la surveillance radiologique du territoire et de l'environnement des sites nucléaires, en termes d'objectifs visés et de mode d'organisation, est globalement appropriée. Outre la surveillance de l'état radiologique de l'environnement dans le cadre de l'exercice normal des activités nucléaires, les dispositifs et l'organisation en place tiennent compte également de la possibilité de survenue d'un accident nucléaire, grâce notamment à un ensemble de balises de télésurveillance et à la capacité des acteurs concernés (dont l'IRSN) à déployer des moyens de surveillance complémentaires en urgence.*

Le dispositif de surveillance paraît correctement dimensionné et mis en œuvre pour ce qui concerne les actions incombant aux exploitants d'installations nucléaires de base (INB et INBS), en particulier pour la caractérisation de l'état des milieux au plus près des sources possibles de rejets anormaux ; de plus, à l'occasion des réexamens de sûreté périodiques ou des modifications des autorisations de rejets, les évaluations menées par l'IRSN, fondées sur les connaissances les plus récentes relatives aux conditions d'exploitation des installations et à l'état radiologique de l'environnement, peuvent conduire à proposer, si nécessaire, des évolutions du dispositif de surveillance en place sur et autour des sites nucléaires.

Par contre, il convient de souligner que l'IRSN ne dispose pas d'informations suffisantes pour se prononcer sur le dispositif de surveillance radiologique dans l'environnement d'autres activités, actuelles ou passées, mettant en œuvre ou ayant mis en œuvre des substances radioactives.

Aujourd'hui, l'IRSN, héritier des compétences de l'OPRI et de l'IPSN, détient une large expérience et des capacités étendues et performantes d'investigation de la radioactivité de l'environnement; il prévoit toutefois de rénover progressivement son dispositif de surveillance (vieillesse ou obsolescence des balises de télésurveillance) et de l'adapter pour répondre à des demandes nouvelles des autorités et des acteurs de la société (meilleure capacité de détection, sensibilité des territoires et des milieux).

Ainsi, le Contrat d'Objectifs de l'IRSN 2006-2009 signé par ses cinq ministres de tutelle, prévoit explicitement l'engagement d'un plan de modernisation et d'optimisation de ses réseaux de surveillance, fondé sur une stratégie actualisée et incluant le renforcement de la valorisation des résultats de la surveillance.

***Dans ce contexte, l'IRSN a engagé des réflexions et des développements techniques visant à moderniser son dispositif de surveillance et à optimiser les moyens techniques, selon deux axes complémentaires :***

- ***une modernisation et un redéploiement de l'ensemble des réseaux permanents de stations de prélèvements et de mesures ayant un rôle de « sentinelle » à la fois autour des sites nucléaires et sur l'ensemble de territoire national. Cette surveillance régulière par des réseaux fixes pourrait être complétée par des « audits environnementaux » annuels autour des sites nucléaires permettant d'identifier d'éventuels marquages provenant des activités nucléaires ou d'autres sources ;***
- ***la réalisation d'études spécifiques, ponctuelles ou répétées sur une période pluriannuelle, visant à compléter et actualiser la connaissance de l'état radiologique de l'environnement, à rechercher l'origine des éventuels marquages de l'environnement décelés au voisinage des activités nucléaires actuelles ou passées et, le cas échéant, à investiguer des situations jugées inhabituelles ou anormales afin d'en évaluer l'impact réel.***

***S'agissant plus particulièrement de la surveillance réalisée par l'IRSN autour des sites nucléaires, les évolutions projetées devraient permettre de mener des actions de surveillance faisant moins souvent appel au concours technique des exploitants d'INB et d'INBS, sauf pour ce qui concerne le maintien des dispositifs techniques de surveillance, en réalisant, indépendamment des exploitants, des campagnes de prélèvements d'échantillons selon une démarche qui tient compte de la sensibilité radioécologique des territoires.***

Les conclusions relatives à la diffusion auprès du public des informations sur l'état de la surveillance et de la qualité radiologique des milieux sont présentées plus loin.

## **6.2. APPRECIATION DE L'IRSN SUR LES NAPPES OU COURS D'EAUX QUI PRESENTERAIENT UN MARQUAGE RADIOLOGIQUE**

Les principaux éléments de connaissance sur les marquages des cours d'eau proches des sites nucléaires ont été présentés au point précédent.

Les données relatives à l'état radiologique des nappes phréatiques sous ou au voisinage des sites nucléaires, utilisées dans le présent rapport (§ 4.3 et annexe 2), proviennent principalement de la surveillance réglementaire et de la surveillance complémentaire réalisée par les exploitants nucléaires et ont été portées à la connaissance de l'IRSN dans le cadre des expertises qu'il mène sur les dossiers de demande d'autorisation de prélèvements d'eau et de rejets d'effluents (DARPE) et des rapports de

sûreté des installations. Ces données conduisent l'IRSN à émettre les observations générales qui suivent.

***Des marquages radiologiques des nappes phréatiques sont observés pour une majorité de sites nucléaires en France, avec les caractéristiques générales suivantes :***

- *pour ce qui concerne les centrales nucléaires d'EDF en exploitation, la nature des substances dont le rejet dans l'environnement est autorisé en fonctionnement normal, et le pouvoir de dilution important des milieux récepteurs dans lesquels ces rejets sont effectués, rendent pratiquement indétectables les marquages qu'ils pourraient induire dans les eaux souterraines. La présence de tritium observée dans les nappes phréatiques sous certains sites résulte d'incidents ponctuels d'exploitation ayant conduit au déversement accidentel de liquides radioactifs dans les sols, suivi d'un transfert dans les nappes ; ces contaminations localisées se limitent à l'emprise des sites nucléaires et font l'objet d'actions de l'exploitant pour limiter l'extension de ces contaminations et pour les résorber ;*
- *pour ce qui concerne les autres sites nucléaires (centres du CEA, installations du cycle du combustible nucléaire) qui, pour la plupart, sont des sites plus anciens accueillant ou ayant accueilli de multiples installations destinées à des activités industrielles ou de recherche, une contamination des eaux souterraines imputable aux activités nucléaires est souvent observée mais, dans de nombreux cas, celle-ci reste localisée sous l'emprise du site. Parfois, en particulier sur des sites implantés sur des formations aquifères perméables, un marquage des eaux souterraines à l'extérieur du site a été mis en évidence (Saclay, Valduc, La Hague, Marcoule, Tricastin).*

D'une manière générale, les dispositifs de surveillance en place à l'intérieur des sites nucléaires et dans leur environnement doivent :

- tenir compte des sources possibles de pollution des nappes phréatiques, y compris celles résultant des activités passées ;
- reposer sur une bonne connaissance de l'hydrogéologie des sites nucléaires ;
- être placés au plus près des sources possibles de pollution afin de garantir la détection précoce d'une contamination éventuelle, en s'intéressant préférentiellement aux substances les plus mobiles ;
- pour la surveillance à plus grande distance, hors des sites, porter en priorité sur des puits de pompages à fort débit (irrigation ou captage pour l'alimentation en eau potable).

L'hydrogéologie des sites et la surveillance des nappes phréatiques font l'objet d'un développement spécifique dans les rapports de sûreté et donnent lieu à un examen périodique par l'IRSN à la demande de l'autorité de sûreté compétente, dans le cadre des réexamens de sûreté. En fonction de la connaissance la plus à jour sur l'exploitation des installations, l'hydrogéologie des sites et les résultats de surveillance des nappes phréatiques, ces réexamens peuvent, au cas par cas, conduire à faire évoluer la surveillance des nappes phréatiques pour les sites pour lesquels les dispositions en place se révéleraient insuffisantes.

***L'IRSN considère que les dispositions prises pour la surveillance des nappes phréatiques sous les sites nucléaires, qui font l'objet de réexamens périodiques, sont globalement satisfaisantes.***

Toutefois, quelques observations générales peuvent être faites :

- la connaissance de l'hydrogéologie aux abords des sites est souvent moins développée que celle concernant le voisinage immédiat des installations. Il serait souhaitable, pour certains sites sensibles, d'engager un travail d'amélioration de cette connaissance. De même, il serait utile de mieux caractériser l'état radiologique de référence des nappes phréatiques autour de certains sites nucléaires, notamment pour les radionucléides pouvant avoir une origine naturelle (uranium par exemple) ou pouvant résulter de rejets anciens. Ces connaissances, portant à la fois sur le comportement des nappes phréatiques et leur état radiologique de référence, permettraient de faciliter l'expertise des conséquences d'un éventuel rejet accidentel futur et d'éviter les difficultés d'interprétation concernant l'origine des radionucléides mesurés dans l'eau des nappes, comme ce fut le cas à la suite du rejet d'uranium survenu à l'usine SOCATRI en juillet 2008 ;

- l'IRSN pourra également être amené à revoir sa propre stratégie de surveillance des nappes phréatiques dans le cadre des réflexions évoquées précédemment. L'IRSN envisage notamment de mieux tenir compte des utilisations particulières de l'eau au voisinage des sites nucléaires, jugées sensibles, et de contribuer à l'amélioration de la connaissance de l'état radiologique de référence des nappes ;
- pour ce qui concerne les eaux potables distribuées par les réseaux (eaux d'adduction), dont une part importante vient de nappes phréatiques, il convient également de tenir compte des dispositions réglementaires déjà en place au titre du code de la santé publique, qui imposent aux distributeurs d'eau potable de réaliser annuellement un contrôle de la qualité radiologique de leurs eaux ; cette obligation vaut évidemment pour les eaux distribuées autour des sites nucléaires. Aujourd'hui, aucun bilan national de la qualité radiologique des eaux de consommation n'est disponible, l'IRSN ne disposant que des résultats des mesures qu'il effectue lui-même, qui ne concernent qu'une faible fraction, non représentative, de l'ensemble des contrôles effectués sous l'égide du ministère de la santé.

### 6.3. APPRECIATION DE L'IRSN SUR LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'EAU DES NAPPES QUI S'ECOULENT AU DROIT DES ANCIENS ENTREPOSAGES DE DECHETS RADIOACTIFS NOTAMMENT RECENSES DANS L'INVENTAIRE DE L'ANDRA

Grâce aux expertises qu'il réalise régulièrement concernant la sûreté et la radioprotection dans les INB et des INBS non militaires, en appui des autorités de sûreté (ASN et DSND), l'IRSN a une connaissance globalement bonne de l'état des entreposages anciens de déchets radioactifs présents dans ces installations, ainsi que sur la surveillance des nappes phréatiques à leur proximité, et présente une synthèse de cette connaissance dans ce rapport (§ 4.1.2) et dans ses annexes.

***Ces entreposages anciens de déchets radioactifs datent essentiellement des débuts de l'industrie nucléaire. Les principaux sites concernés sont :***

- les centres CEA de Fontenay-aux-Roses, de Saclay, de Grenoble et de Cadarache ;
- les sites INBS de Bruyères-le-Châtel, de Marcoule, de Pierrelatte (site du Tricastin) et de Valduc ;
- les sites d'implantation des premiers réacteurs nucléaires électrogènes : les centrales de Chinon A, de Saint-Laurent A et du Bugey 1 (filiale uranium naturel - graphite - gaz) et le réacteur de Chooz A ;
- les sites de fabrication de combustibles de Romans-sur-Isère et de Veurey-Voroize ;
- le site de traitement de combustibles de La Hague.

Ces entreposages ont presque tous été créés dans les années cinquante et soixante. Les principes de conception et les dispositions de sûreté mis en œuvre datent donc de cette époque. Depuis leur mise en service, la plupart des installations abritant ces entreposages ont fait l'objet de réexamens de sûreté. Les rapports de sûreté correspondants, transmis par l'exploitant, ont été analysés par l'IRSN qui a présenté ses conclusions devant le groupe d'experts compétent (groupe permanent, commission de sûreté...) à la demande de l'autorité de sûreté concernée. ***Il en ressort que dans de nombreux cas, ces entreposages ne présentent pas un confinement des matières suffisant et peuvent être à l'origine de contaminations du sous-sol proche, voire des nappes phréatiques sous-jacentes. Compte tenu de ces constats, certains exploitants se sont engagés d'eux-mêmes à reprendre, à plus ou moins brève échéance, les déchets contenus dans ces entreposages et, le cas échéant, à les reconditionner avant de les transférer dans de nouvelles installations ou de les envoyer dans une filière d'élimination existante. Dans les autres cas, l'autorité de sûreté compétente en a fait la demande. A ce jour, un certain nombre de ces opérations sont en cours ou planifiées.***

L'appréciation portée par l'IRSN sur la surveillance de la qualité des eaux souterraines au droit de ces entreposages rejoint celle indiquée au point précédent, pour l'ensemble des sites nucléaires.

Pour ce qui concerne les anciens sites d'exploitation de minerai d'uranium, des actions d'inventaire et d'évaluations sont en cours ; elles sont évoquées dans l'introduction sans être davantage développées dans le présent rapport.

*S'agissant des autres sites recensés dans l'inventaire de l'ANDRA, qui concernent notamment des ICPE actuelles ou anciennes, ou des sites contaminés par des substances radioactives, l'IRSN n'a pas d'action d'expertise, autre que ponctuelle, sur ces sites et ne peut pas formuler d'appréciation sur la surveillance de la qualité des eaux souterraines sous ces sites. Afin de traiter ce sujet, il conviendrait d'interroger les administrations en charge de réglementer et de contrôler ces sites, ainsi que les responsables légaux de ces sites, ce qui n'était pas envisageable dans le cadre de réalisation du présent rapport.*

#### **6.4. APPRECIATION DE L'IRSN SUR LA DIFFUSION DES INFORMATIONS RELATIVES A LA SURVEILLANCE AUPRES DU PUBLIC ET SUR LES BENEFICES ET LES LIMITES DU FUTUR RESEAU NATIONAL DE MESURES DE LA RADIOACTIVITE DE L'ENVIRONNEMENT (RNM)**

D'une manière générale, l'IRSN observe une implication croissante des acteurs concernés par la surveillance de la radioactivité de l'environnement en faveur de l'information du public. Il convient en particulier de souligner l'effort fourni par les exploitants nucléaires dans ce domaine, dans un contexte législatif et réglementaire qui s'est précisé au cours des dix dernières années, notamment grâce à la loi « TSN ».

Pour sa part, l'IRSN agit depuis plusieurs années pour développer et améliorer la mise à disposition du public des résultats de ses travaux en matière de surveillance de l'environnement :

- l'édition annuelle (depuis 2004) d'un bilan de l'état radiologique de l'environnement, présentant les résultats de la surveillance exercée par l'Institut, avec des commentaires permettant l'interprétation de ces résultats ;
- la rénovation, en cours, de son portail internet consacré à la radioactivité de l'environnement, avec deux grands domaines d'informations : le premier donnera accès aux bilans radiologiques annuels évoqués ci-dessus, ainsi qu'aux notes d'information, fiches de synthèse et rapports d'étude réalisés par l'IRSN, permettant de connaître et comprendre l'état radiologique de l'environnement en France et son évolution ; le second donnera accès aux résultats historiques acquis par les réseaux de mesure de l'Institut, sur une base cartographique unifiée, et viendra ainsi compléter l'information qui sera fournie par le futur réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM) ;
- la diffusion d'actualités sur des événements affectant l'environnement ;
- l'organisation de manifestations à destination du public concernant, notamment, la radioactivité de l'environnement.

*L'IRSN poursuivra cet effort, en privilégiant la diffusion d'informations par internet, le développement de contenus pédagogiques et les échanges avec les parties prenantes. Des collaborations avec l'éducation nationale sur ce sujet seraient également utiles pour diffuser plus largement la connaissance sur ce sujet des lycéens et des étudiants.*

*Par ailleurs, l'IRSN est régulièrement amené à réaliser des études radioécologiques et des expertises environnementales, dans le cadre de saisines par une autorité, de tierces expertises ou d'études contractuelles financées par des industriels. Les rapports produits dans le cadre de ces études sont généralement rendus publics, avec l'accord ou par l'intermédiaire de leurs instigateurs. A l'avenir, une fois achevée la rénovation de son portail internet consacré à la radioactivité de l'environnement, l'IRSN souhaite pouvoir inclure systématiquement ces rapports dans ce portail, au même titre que ceux des études qu'il initie pour ses recherches propres.*

Pour ce qui concerne le RNM, dont l'IRSN assure la gestion, sa mise en production effective (collecte des données) est prévue au début de 2009 et l'ouverture du site internet donnant un accès public à ces données aura lieu dès le début 2010, avec une année de résultats de mesure.

*La mise en place de ce réseau offrira l'avantage majeur de rassembler et de rendre publics la majorité des résultats de mesure de radioactivité de l'environnement, notamment ceux qui figuraient dans les registres réglementaires des exploitants, dont l'accès partagé était jusqu'à présent difficile à réaliser. Cette évolution permettra également à l'IRSN de réaliser son bilan annuel de l'état radiologique de l'environnement sur des bases plus complètes.*

La création du RNM constitue une étape importante dans la démarche de transparence et vise à répondre à une demande sociétale forte en la matière. ***Ce réseau national, dans sa définition actuelle, présente néanmoins certaines limitations, qui pourraient par la suite être traitées par les acteurs du réseau.***

Ainsi, certains exploitants réalisent, ou font réaliser, des mesures en complément des celles obtenues au titre de la surveillance réglementaire, par exemple le suivi radioécologique annuel des centres nucléaires de production d'électricité d'EDF, ou les mesures complémentaires effectuées dans les nappes phréatiques sous les sites. Cependant, conformément à la réglementation, les exploitants ne seront pas tenus de les transmettre au Réseau national. Par conséquent, le RNM risque de ne pas rendre compte d'un état aussi exhaustif que possible des mesures de radioactivité disponibles et il est souhaitable d'encourager l'intégration de ces données dans le RNM, de manière à ce que chacun dispose d'une connaissance aussi complète que possible sur l'état radiologique de l'environnement, notamment autour des installations nucléaires.

Une autre difficulté pourrait résulter de l'agrégation des résultats de mesure en provenance de producteurs multiples, réalisées avec des gammes analytiques différentes ; ceci pourrait conduire à présenter en un même lieu des valeurs inférieures à une limite de détection (souvent interprétée comme indiquant une absence de radioactivité) et des valeurs significatives obtenues à l'aide de méthodes analytiques permettant de quantifier de bien plus faibles niveaux de radioactivité.

Par ailleurs, tout en constituant un outil collectif précieux, le RNM avec son portail internet mettant les résultats de mesure à destination du public, ne devra pas se substituer à la communication de chacun des acteurs de la mesure, notamment les exploitants, les associations et l'IRSN. En particulier, dans le contexte d'une situation accidentelle, le RNM n'est pas conçu pour réagir en temps réel et donner accès aux résultats de mesures réalisées en urgence ; d'autres modes d'information devraient être mis en place dans ce cas, notamment par l'IRSN pour ce qui le concerne (au titre de la mission que lui a confiée la circulaire interministérielle du 29 novembre 2005, applicable aux situations d'urgence radiologique).

***Plus généralement, un effort est à faire par chaque acteur, dont l'IRSN, pour clarifier les termes et les notions employées au sujet de la radioactivité de l'environnement. Par exemple, l'observation de substances radioactives dans l'environnement ou dans une denrée consommable peut indifféremment être qualifiée de « marquage », « contamination », voire de « pollution » dont il peut découler une perception négative injustifiée, pouvant affecter l'image d'un territoire ou de produits indépendamment du risque réel pour les populations, les consommateurs ou les écosystèmes. Ce sujet d'intérêt général pourrait faire l'objet d'une action spécifique sous l'égide du HCTISN.***

## **6.5. PROPOSITIONS DE L'IRSN EN TERMES DE TRANSPARENCE ET D'IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES**

Le présent rapport cite de multiples exemples d'actions initiées par l'IRSN ou impliquant celui-ci, menées en association avec des parties prenantes locales ou nationales, en particulier les Commissions Locales d'Information<sup>2</sup> (CLI), concernant la radioactivité de l'environnement. Le bilan tiré de ces expériences conduit l'Institut à formuler les recommandations qui suivent en vue de mieux associer les acteurs locaux à la définition, à la réalisation et à la restitution des résultats des plans de surveillance, en tenant compte bien sûr des contraintes techniques et économiques pesant sur les différents acteurs.

***D'une manière générale, l'expérience tirée par l'IRSN de ces différentes actions pilotes impliquant des parties prenantes montre que les différents partenaires d'une telle coopération en tirent un profit justifiant les ressources qui y ont été consacrées.*** Ainsi l'action pilote environnement Loire (APEL) a contribué à aider les CLI concernées à développer des compétences locales pour comprendre le dispositif de surveillance de l'environnement et ses résultats. Elle a aidé l'IRSN à mieux comprendre les préoccupations des acteurs locaux et a permis d'améliorer en conséquence la présentation des résultats de la surveillance de l'environnement notamment dans le cadre du RNM.

***Il est important de souligner que l'efficacité et la réussite de ce partage avec les acteurs de la société civile sont d'autant plus grandes que l'implication se fait le plus tôt possible. En***

<sup>2</sup> ou Commission d'Information (CI) pour les sites INBS

*particulier, une telle implication précoce est utile pour pouvoir faire face dans de bonnes conditions aux crises qui peuvent résulter de rejets accidentels, même de faible importance.*

*L'expérience montre également que l'association des acteurs de la société civile à la réalisation des mesures conforte leur compréhension par le public et la crédibilité des résultats de l'IRSN en tant qu'expert institutionnel. Ainsi, dans le cadre des réflexions en cours sur l'évolution de la surveillance exercée par l'IRSN, l'IRSN va étudier la possibilité d'impliquer des parties prenantes locales dans la réalisation de campagnes annuelles de prélèvements que l'IRSN envisage de mettre en place autour des sites nucléaires, tout en veillant à maintenir la qualité technique des opérations de prélèvement.*

*L'association des parties prenantes pour la définition des plans de surveillance autour des sites nucléaires n'influencera sans doute pas significativement les dispositifs de surveillance des exploitants nucléaires, du moins à court terme, en raison des contraintes réglementaires. Pour sa part, l'IRSN prend en compte l'idée d'une telle association dans sa réflexion en cours sur l'évolution de la surveillance qu'il mène, de façon à mieux prendre en compte la « sensibilité radioécologique » de l'environnement des sites nucléaires.*

## ANNEXE 1 - FICHES DESCRIPTIVES DES SITES INB ET INBS

Ces fiches ont été élaborées par l'IRSN à partir des informations dont il dispose, principalement dans le cadre de l'examen des rapports de sûreté, des dossiers d'autorisation de rejets d'effluents et des déclarations d'incidents significatifs. Toutefois, ces fiches ayant été réalisées dans des délais courts, il n'est pas possible de garantir l'exhaustivité des informations relatives aux événements anciens survenus au cours de l'exploitation des installations.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE BELLEVILLE-SUR-LOIRE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Belleville est situé sur la Loire, entre Cosne-sur-Loire (à 11 km à l'amont) et Gien (à 27 km à l'aval), au carrefour de quatre départements : le Loiret, le Cher, l'Yonne et la Nièvre. Il se trouve sur le territoire des communes de Belleville-sur-Loire et de Sury-près-Léré, au lieu-dit « la Glas » sur la rive gauche de la Loire, entre le fleuve et le canal latéral à la Loire.

Le CNPE de Belleville se compose de 2 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 1300 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent respectivement les INB n°127 et n°128. Il est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN). Toutes les ICPE du site de Belleville sont situés à l'intérieur du périmètre des INB.

## Radionucléides présents dans les installations

Les réacteurs à eau sous pression (REP) exploités par EDF génèrent une très large variété de radionucléides. Ces produits radioactifs sont rejetés sous forme gazeuse ou liquide à des niveaux variables selon la conception des paliers dans le respect des limites réglementaires. Les radionucléides susceptibles d'être rejetés sont essentiellement :

- du tritium : formé principalement par activation du bore et du lithium contenus dans le fluide du circuit primaire ;
- du carbone 14 : formé principalement par activation de l'oxygène et de l'azote contenus dans l'eau du circuit primaire. Il se présente en majeure partie dans les rejets gazeux sous forme de méthane et également, dans une moindre mesure, sous forme de dioxyde de carbone. Pour les rejets liquides, le carbone 14 se retrouve sous forme de dioxyde de carbone et de carbonate ;
- des gaz rares, observés uniquement dans les rejets gazeux, composés dans leur majorité par des produits de fission tels que le xénon 133 et le xénon 135 et, dans une moindre mesure, le krypton 85 et le xénon 131m. Ces produits de fission sont retenus dans la gaine du combustible mais sont observés dans les rejets gazeux dans le cas de défauts de ces gaines. L'argon 41 formé par activation dans le bâtiment réacteur en cours d'exploitation peut également être observé ;
- des iodes : ces radioéléments sont des produits de fission qui apparaissent aussi bien dans les rejets gazeux que liquides dans le cas de défaut de gaine du combustible principalement. Il s'agit essentiellement de l'iode 131 et de l'iode 133 ;
- des émetteurs bêta, gamma : dans les rejets gazeux, ces émetteurs se présentent sous forme d'aérosols. Ce sont principalement des produits de corrosion (cobalt 58 et cobalt 60) et des produits de fission (césium 134 et césium 137). Le retour d'expérience des REP montre que la contribution des aérosols aux rejets gazeux dans l'environnement est infime. S'agissant des rejets liquides, ces émetteurs bêta, gamma apparaissent sous forme soluble. Ce sont des produits d'activation tels que l'antimoine 125, des produits de corrosion activés tels que le cobalt 58, le cobalt 60, le nickel 63, l'argent 110m, le manganèse 54 et l'antimoine 124 ainsi que des produits de fission tels que le tellure 123m, le césium 134 et le césium 137.

Par ailleurs, des émetteurs alpha (uranium, plutonium...) sont susceptibles d'être présents suite à des défauts des crayons combustibles. Le rejet de ces radionucléides n'est pas autorisé dans le cadre du fonctionnement normal des REP.

### Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 8 novembre 2000 (publié au JO du 4 janvier 2001) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) de rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux de la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation 2000 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	60 000
	Carbone 14	400
	Iodes	0,1
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	25
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Carbone 14	1 400
	Tritium	5 000
	Gaz rares	45 000
	Iodes	0,8
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	0,8

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter des actinides (émetteurs alpha) dans l'environnement.

### Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs provenant des REP en exploitation

#### *Les effluents liquides*

Après avoir été collectés, les effluents radioactifs liquides provenant des REP sont traités (filtres, déminéraliseurs, évaporateurs, dégazeurs) pour retenir l'essentiel de leur radioactivité. Ils sont ensuite acheminés vers des réservoirs de stockage. Un contrôle continu de la radioactivité rejetée est effectué au niveau de la canalisation de rejet.

#### *Les effluents gazeux*

Suivant leur origine, les effluents radioactifs gazeux provenant des REP sont :

- soit stockés dans des réservoirs pendant une durée minimale de 30 jours pour permettre de diminuer leur radioactivité (décroissance radioactive) puis filtrés et rejetés de façon concertée à l'atmosphère par les cheminées de rejets,
- soit filtrés et rejetés directement dans l'atmosphère par les cheminées de rejets.

Un contrôle continu de la radioactivité rejetée est effectué au niveau des cheminées.

### Entreposages anciens de déchets

Il n'existe pas de zone d'entreposage ancien de matériels ou de déchets.

### Événements principaux liés à des rejets

Le CNPE a connu un événement de pollution par du tritium en juillet 2000 qui a été détecté au puits piézométrique N° 5 (détection d'un taux de tritium de l'ordre de 600 Bq/L). L'origine de cette pollution est une fuite (par corrosion et érosion) de la tuyauterie de brassage de la bache de stockage des effluents radioactifs et l'inétanchéité du sol du local. La tuyauterie percée et les tuyauteries similaires des autres réservoirs ont été remplacés. Des pompages journaliers ont été effectués de juillet 2000 à juin 2004 dans cette nappe souterraine. En accord avec l'ASN, les pompages ont été suspendus lorsque le niveau de pollution s'est stabilisé à une valeur proche de la limite de détection. Une surveillance hebdomadaire a cependant été maintenue.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DU BLAYAIS

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire du Blayais se situe dans le département de la Gironde sur le territoire de la commune de Braud-et-Saint-Louis. Il est implanté en bordure de la rive droite de l'estuaire de la Gironde au point kilométrique 52, entre le canal des Portes Neuves au nord et le canal de Saint-Georges au sud. Le site nucléaire est situé à 47 km au nord-nord-ouest de Bordeaux, à 15 km au nord-nord-ouest de Blaye et à 49 km au sud-sud-est de Royan.

Le CNPE de Blayais se compose de 4 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 900 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent l'INB n°86 et les réacteurs 3 et 4 constituent l'INB n°110. Le site du Blayais comprend aussi des installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE du Blayais sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 18 septembre 2003 (publié au JO du 26 septembre 2003) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) de rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du site nucléaire du Blayais. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation 2003 (GBq/an)
Effluents radioactifs liquides	Tritium	80 000
	Carbone 14	600
	Iodes	0,6
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	60
Effluents radioactifs gazeux	Carbone 14	2 200
	Tritium	8 000
	Gaz rares	72 000
	Iodes	1,6
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	1,6

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter des actinides (émetteurs alpha) dans l'environnement.

### Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

### Entreposages anciens de déchets

Il n'existe pas de zone d'entreposage ancien de matériels ou de déchets.

### Événements principaux liés à des rejets

- Le 19 septembre 1997, une pollution de tritium a été décelée dans la nappe captive située dans l'enceinte géotechnique. Cette pollution est due au déboîtement d'une manchette utilisée pour le transfert d'une bâche d'eau d'appoint tritiée, d'une activité de 5 GBq/m<sup>3</sup>. L'eau contaminée a ruisselé sur le sol et a été en grande partie drainée par le réseau d'égout du site. Le démarrage automatique d'une pompe de relevage de ce réseau a conduit au rejet des eaux collectées en Gironde. L'activité totale rejetée en Gironde a été estimée à 11 GBq. Vis-à-vis du risque de pollution de la nappe phréatique, cet événement a fait l'objet d'un suivi par prélèvements mensuels d'eau dans les puits de la nappe captive, situés dans l'enceinte géotechnique.
- En décembre 1998, lors du contrôle hebdomadaire de l'eau de la fosse du système des égouts et des eaux perdues, l'analyse a indiqué une activité volumique en tritium de 130 Bq/L. L'analyse de l'historique des données du système des égouts et des eaux perdues a montré que les pompes de relevage de la fosse ont démarré plusieurs fois à la suite de l'atteinte du niveau haut, provoquant de ce fait un rejet non contrôlé d'eau faiblement tritiée en Gironde (3 290 m<sup>3</sup> d'eau rejetée avec une activité volumique de tritium de 130 Bq/L, soit une activité totale des rejets de 427 MBq de tritium).
- Le site a été inondé lors de la tempête du 27 décembre 1999. Cette inondation a donné lieu à l'activation du plan d'urgence interne. L'eau présente dans les locaux contenant des matériels de sauvegarde a été collectée et rejetée dans la Gironde avec l'aide des pompiers de la région. Selon l'exploitant, l'activité volumique de ces rejets n'a pas dépassé 180 Bq/L.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE BUGEY

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire du Bugey est situé sur la commune de Saint-Vulbas (département de l'Ain) à 40 km à l'est de Lyon. Il occupe une superficie de 100 hectares, sur la rive droite du Rhône.

Le site nucléaire du Bugey comporte :

- 4 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 900 MWe chacun ; les réacteurs Bugey 2 et Bugey 3 constituent l'INB n°78 et les réacteurs Bugey 4 et Bugey 5 constituent l'INB n°89,
- du réacteur nucléaire Bugey 1 (INB n°45) de la filière UNGG en arrêt de production depuis mai 1994 et actuellement en phase de Mise à l'Arrêt Définitif (décret de Mise à l'Arrêt Définitif de l'installation signé le 30 août 1996). EDF est en attente du décret de démantèlement pour poursuivre les opérations de démantèlement complet,
- d'un Magasin Inter Régional de stockage de combustible neuf (MIR) qui constitue l'INB n°102. Il ne rejette pas d'effluents liquides ou gazeux.

Le site est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

### *Les radionucléides de la filière REP*

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE du Bugey pour les réacteurs de type REP sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

### *Les radionucléides de la filière UNGG*

Pour ce qui concerne le réacteur Bugey 1, la radioactivité provenant des opérations de démantèlement est présente à l'intérieur et à l'extérieur d'un caisson.

L'activité radiologique à l'intérieur du caisson est liée à la présence :

- de  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{55}\text{Fe}$  du fait des déchets d'exploitation entreposés dans le caisson (barres de commandes, bouchons thermiques...) ;
- des principaux produits d'activation du béton ( $^3\text{H}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ...), des métaux ( $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ...) et des structures en graphite ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) ;
- de  $^{60}\text{C}$ ,  $^{55}\text{Fe}$  et  $^{63}\text{Ni}$  provenant de la contamination surfacique liée à la corrosion des structures et aux poussières. On trouve également des émetteurs  $\alpha$  en faible quantité.

La radioactivité en dehors du caisson de Bugey 1 est due à la contamination déposée dans les circuits ayant contenu des fluides (circuit  $\text{CO}_2$ , circuits d'eau, circuits de ventilation). Les principaux radioéléments à l'origine de la contamination sont le  $^{55}\text{Fe}$ , le  $^{60}\text{Co}$ , le  $^{63}\text{Ni}$ . On trouve plus ponctuellement des produits de fission ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ...), du  $^3\text{H}$  et des émetteurs  $\alpha$ .

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Deux arrêtés du 7 août 1978 (publiés au JO du 19 août 1978) fixent encore aujourd'hui les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux de la centrale nucléaire du Bugey (réacteurs 1, 2, 3, 4 et 5). Le site devrait déposer une demande de renouvellement des autorisations de rejets et de prélèvements d'eau. Les limites actuellement en vigueur sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 1978 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	185 000
	Radioéléments autres que le tritium, le potassium 40 et le radium	2 035
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Gaz	2,59.10 <sup>6</sup>
	Halogènes gazeux et aérosols	111

Par ailleurs, les rejets gazeux ne doivent en aucun cas ajouter d'émetteurs alpha dans l'environnement.

### Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

### Entreposages anciens de déchets

Les zones d'entreposage ancien de matériels ou de déchets sont listées ci-après :

- la zone dite de « la butte » : il s'agit d'une butte artificielle de très gros volume (environ un million de m<sup>3</sup>) située au sud du site du Bugey. Elle est constituée pour l'essentiel de déblais naturels divers auxquels s'ajoutent quelques déchets non radioactifs provenant de la construction des différentes tranches, des aéroréfrigérants, des stations de pompage (gravats, bois, ferrailles, plastiques...). Il est à noter qu'une partie des résines des déminéraliseurs du circuit des purges des générateurs de vapeur (circuit secondaire) très faiblement radioactives issues de l'exploitation ont été évacuées des installations entre 1978 et 1982 (estimations de 78 m<sup>3</sup> de résines non actives et 12 m<sup>3</sup> de résines faiblement actives) ; ces résines ont été mélangées aux matériaux naturels (terres, matériaux alluvionnaires),
- le stockage souterrain de Bugey 1 : il s'agit d'un lieu qui a servi à l'entreposage de déchets radioactifs composés d'outillages ou d'appareillages ayant été soumis au flux de neutrons dans le réacteur. Il se présente comme une cavité en béton armé, creusée dans le sol, d'une profondeur de 5,95 m, composé de 20 alvéoles, formant chacune un puits de stockage vertical. Ces alvéoles sont fermées au niveau du sol par des plaques métalliques étanches à la pluie. Ce lieu d'entreposage a été vidé et désaffecté. En 1995, tous les puits ont fait l'objet d'une réfection de l'étanchéité. Cette zone sera démantelée dans le cadre du programme de déconstruction.

### Événements principaux liés à des rejets

#### *Les événements de la filière REP*

- Le suivi des 9 puits réglementaires n'a révélé aucune trace de radioactivité de 2003 à 2007. Cependant, il convient de mentionner que des déversements d'eau tritiée ont eu lieu en 2003 et 2004, sans entraîner de pollution de nappe.
- Une contamination en tritium de la nappe a été observée localement (1 piézomètre) en 1984. Les fuites de tuyauteries reliant des rétentions ont été traitées.
- Une pollution au C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub> provenant de la zone industrielle à l'amont de la centrale est observée depuis l'été 2000. Une carte de cette pollution a été tracée en 2000.

#### *Les événements autres que ceux relatifs à la filière REP*

A la connaissance de l'IRSN, il n'y a pas eu d'incident, concernant le MIR ou le réacteur Bugey 1, ayant conduit à une pollution de l'environnement.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CATTENOM

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Cattenom est situé en bordure de la forêt de Cattenom, au lieu dit « Le Rippert », sur le territoire de la commune de Cattenom, arrondissement de Thionville-Est dans le département de la Moselle. Il est implanté à 3 km de la Moselle, côté rive gauche.

Le CNPE de Cattenom se compose de 4 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 1300 MWe chacun ; les réacteurs 1, 2, 3 et 4 constituent respectivement les INB n°124, n°125, n°126 et n°137.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Cattenom sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 23 juin 2004 (publié au JO du 24 juin 2004) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) de rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du site nucléaire de Cattenom. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 2004 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	Valeur moyenne sur 3 ans : 35 000 * N1 + 40 000 * N2 (*)  Valeur maximale par an : 35 000 * N1 + 48 000 * N2 (*)
	Carbone 14	380
	Iodes	0,2
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	50
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Carbone 14	2 800
	Tritium	10 000
	Gaz rares	90 000
	Iodes	1,6
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	1,6

(\*) N1 : nombre de réacteurs rechargés avec un combustible enrichi à moins de 4,3%  
N2 : nombre de réacteurs rechargés avec un combustible enrichi à plus de 4,3%  
N1 + N2 = 4

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter des actinides dans l'environnement.

### Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

### Entreposages anciens de déchets

Il n'existe pas de zone d'entreposage ancien de matériels ou de déchets.

### Événements principaux liés à des rejets

Le CNPE a connu des pollutions de nappe ;

- en avril 2003, la présence de tritium a été détectée dans la nappe à proximité des réservoirs de stockage avant rejet. La vidange gravitaire de la bache de stockage avant rejet était en cours via le puisard extérieur. La tuyauterie de liaison rétention-puisard s'est bouchée pendant la vidange (une pluie soutenue a drainé des déchets de surface et a entraîné l'obstruction de la vidange) provoquant une montée du niveau dans la cuvette de rétention des bâches. Un volume de 9 m<sup>3</sup> s'est accumulé dans la rétention. Les analyses radiochimiques ont montré la présence de tritium (3,7 MBq/L) et des traces de cobalt 60 (150 Bq/L) dans le cuvelage de la cuvette de rétention des bâches. La cuvette de rétention présentait des défauts de surface qui ne permettaient pas de garantir totalement son étanchéité. Immédiatement, la vidange de la bache de stockage avant rejet a été isolée et une pompe provisoire a été mise en place pour évacuer les 9 m<sup>3</sup> d'effluents et les eaux de pluie.
- En février 2004, il s'est produit un rejet non contrôlé d'effluents radioactifs liquides par débordement de cuvettes de rétention du bâtiment de traitement des effluents vers le réseau de collecte des eaux pluviales. Ce rejet est dû au déboîtement d'un flexible situé dans le local des stations mobiles d'enfûtage. Le rejet est estimé à 15 m<sup>3</sup> en volume et l'activité rejetée est estimée à 2,1 MBq.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CHINON

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Chinon est situé sur le territoire de la commune d'Avoine (Indre et Loire), sur la rive gauche de la Loire, à 47 km en aval de Tours et à 20 km en amont de Saumur. Les installations nucléaires sont implantées immédiatement à l'aval du confluent de l'Indre et de la Loire et à 7 km en amont de celui de la Vienne et de la Loire.

Le CNPE de Chinon comporte 7 installations nucléaires de base (INB) :

- 4 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 900 MWe chacun ; les réacteurs B1 et B2 constituent l'INB n°107 et les réacteurs B3 et B4 constituent l'INB n°132,
- l'Atelier des Matériaux Irradiés (AMI) constitue l'INB n°94. C'est un ensemble de laboratoires ayant une mission d'appui à la direction du Parc Nucléaire d'EDF. L'AMI dirige une partie de ses effluents liquides radioactifs vers les rejets des INB de type REP, l'autre partie étant transportée et traitée par le CEA. Quant aux effluents gazeux, ils sont rejetés par 3 cheminées propres à l'AMI,
- le Magasin InterRégional de stockage de combustible neuf (MIR) constitue l'INB n°99. Il ne rejette pas d'effluents liquides et gazeux,
- les ex-réacteurs nucléaires de Chinon A1-D (INB n°133), de Chinon A2-D (INB n°153) et de Chinon A3-D (INB N°161) de la filière UNGG (Uranium Naturel Graphite Gaz) à l'arrêt définitif d'exploitation respectivement depuis 1973, 1985 et 1990. Ces INB ont fait l'objet d'une déconstruction partielle et ont été déclassées en INB d'entreposage. Elles ne rejettent plus d'effluents radioactifs gazeux ou liquides.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

### *Les radionucléides de la filière REP*

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Chinon pour les réacteurs de type REP sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville sur Loire.

### *Les radionucléides de la filière UNGG*

Pour ce qui concerne Chinon A1, A2 et A3, l'activité radiologique est liée à l'activation des structures et à la contamination surfacique due à la corrosion des structures et aux poussières. Les principaux radioéléments présents sont le cobalt 60, le tritium, le carbone 14, le césium 137, le nickel 63 et le fer 55.

On trouve également des radioéléments émetteurs  $\alpha$  en faibles quantités.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 17 août 2005 (publié au JO du 20 octobre 2005) modifiant l'arrêté du 20 mai 2003 (publié au JO du 6 juillet 2003) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) de rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux de l'ensemble du site nucléaire de Chinon (INB n°107, INB n°132, INB n°133, INB n°153, INB n°161, INB n°94 et INB n°99). Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 2005 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Carbone 14	600
	Tritium	80 000
	Iodes	0,6
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	70
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Carbone 14	2 200
	Tritium	8 000
	Gaz rares	72 500
	Iodes	1,6
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	1,6

En outre, les arrêtés du 17 août 2005 et du 20 mai 2003 précisent les parts maximales des rejets autorisés pour les INB n°94, pour Chinon B1 à B4 et pour l'INB n°161. Ces limites sont présentées dans les tableaux ci-après.

Pour ce qui concerne l'INB n°94 (article 31 de l'arrêté du 17 août 2005 et article 36 de l'arrêté du 20 mai 2003) :

		Autorisation de 2005 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	40
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	10
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Gaz rares	500
	Iodes	0,005
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	0,03

Pour ce qui concerne l'INB n°161, dans le cas des travaux préparatoires au démantèlement complet de Chinon A3-D, les rejets gazeux et liquides radioactifs de Chinon A sont limités aux valeurs suivantes (en GBq/an) :

			Autorisation 2005 (GBq/an)
Effluents radioactifs liquides	Chinon A	Tritium	0,93
		Carbone 14	0,031
		Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	0,861
Effluents radioactifs gazeux	Chinon A	Tritium	93,5
		Carbone 14	3,15
		Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	0,00086

L'arrêté du 17 août 2005 indique (articles 39 et 40) que les exploitants des INB n° 133, n° 153 et n° 161 justifient mensuellement l'absence de rejets d'effluents gazeux et liquides radioactifs (ou non) par ces INB.

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter d'actinides (émetteurs alpha) dans l'environnement.

### **Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs**

#### ***Les effluents liquides***

Après avoir été collectés, les effluents radioactifs liquides provenant des réacteurs de la filière REP sont traités (filtres, déminéraliseurs, évaporateurs, dégazeurs) pour retenir l'essentiel de leur radioactivité. Ils sont ensuite envoyés dans des réservoirs de stockage. Un contrôle continu de la radioactivité rejetée est effectué au niveau de la canalisation de rejet.

Les effluents liquides provenant de l'AMI sont traités puis analysés afin de déterminer leurs conditions d'évacuation vers le point de rejet du site (Chinon B) ou vers le CEA.

S'agissant du réacteur Chinon A3-D, le dossier de demande d'autorisation de rejets et de prélèvement d'eau (DARPE) du 15 janvier 1999 précise que les effluents liquides sont dirigés vers la station de traitement des effluents liquides de l'AMI ; une analyse est réalisée avant leur transfert.

#### ***Les effluents gazeux***

Suivant leur origine, les effluents radioactifs gazeux provenant des réacteurs de la filière REP sont :

- soit stockés dans des réservoirs pendant une durée minimale de 30 jours pour permettre de diminuer leur radioactivité (décroissance radioactive) puis filtrés et rejetés de façon concertée à l'atmosphère par les cheminées de rejets,
- soit filtrés et rejetés directement dans l'atmosphère par les cheminées de rejets.

Un contrôle continu de la radioactivité rejetée est effectué au niveau des cheminées.

Concernant l'AMI, les effluents radioactifs gazeux sont filtrés puis rejetés par l'une des trois cheminées propres à l'installation ; la surveillance de ces rejets dans les cheminées est effectuée en continu.

## Entreposages anciens de déchets

Les zones d'entreposage ancien de matériels ou de déchets sont listées ci-après :

- une zone de l'AMI, localisée dans le quart sud-est de l'aire dénommée par EDF « aire de stockage des échangeurs CO<sub>2</sub> Chinon A ». Lors de sondages, des déchets sont apparus à 3 m sous la surface de la plate forme remblayée. Il s'agit de déchets hétéroclites, de laine de verre dans des sacs plastiques, d'anciens masques à gaz, de baguettes de soudure. L'entreposage semble avoir commencé au début des années 1970,
- une zone de sables et de gravats localisée dans la salle des enrouleurs de Chinon A1 (ancienne salle de transfert du combustible entre le réacteur et la piscine de désactivation). Le remblai utilisé pourrait provenir de l'aire de déchargement des conteneurs de combustible usés du terminal ferroviaire de Port Boulet. La quantification et la caractérisation de ces déchets sont en cours,
- une zone de stockage de 3 maquettes en béton (répliques des réacteurs aux échelles 1/10 et 1/20) localisée à la limite sud de Chinon A3 côté Chinon B. L'huile utilisée n'a pas été récupérée. Des investigations seront menées dans un délai de 2 ans,
- une zone localisée dans la piscine de désactivation de Chinon A1 qui a été vidée et remblayée par des gravats, des terres et des blocs de béton a priori inertes. Son radier a été percé par 5 forages. Des investigations complémentaires seront menées dans un délai de 5 ans pour statuer sur les actions à mener,
- des zones de sables, de terres, de graviers, localisées au niveau des stations de pompage de Chinon A1, Chinon A2 et Chinon A3. Le planning de « déconstruction » de Chinon A prévoyant de démolir ces stations de pompage et de refaire les berges en 2008. Les stations de pompage de Chinon A1 et Chinon A2 ont donc été déblayées et démolies et la station de pompage de Chinon A3 est encore en cours de déblaiement et de démolition. Les déblais ont été caractérisés au fur et à mesure de leur sortie des stations de pompage afin de vérifier leur caractère inerte d'un point de vue radiologique et chimique. Ces travaux seront terminés début 2009,
- une zone enterrée de stockage de bétons et de ferrailles, située au sud de l'INB Chinon A2 ; les « jupettes » des machines de déchargement de Chinon A2 ont été disposées dans une fosse recouverte de terre. Cette zone ne sera traitée qu'à la fin de la « déconstruction », sauf si des travaux devaient être réalisés sur cette zone durant la phase de « déconstruction ».

## Événements principaux liés à des rejets

### *Les événements de la filière REP*

- EDF indique que, depuis 2003, le site nucléaire de Chinon ne connaît pas de pollution des nappes souterraines et des eaux superficielles par des radionucléides. Cette réponse n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.
- En 1979, une contamination en tritium de la nappe, détectée dans un puits d'eau potable (N3) a été provoquée par une importante fuite de l'ancienne canalisation de rejet.
- Depuis 1995, un fond résiduel d'une pollution en tétrachlororéthylène est mesuré au puits N3, dont la production d'eau potable est arrêtée.
- En mai 1996, la bache de stockage avant rejet était en cours de filtration, de déminéralisation (par circulation au travers d'un dispositif provisoire) et de transfert. Un raccord d'aspiration du système provisoire s'est déboité et a projeté l'effluent au dehors de la murette de rétention. 1 m<sup>3</sup> a été rejeté par le réseau des eaux pluviales dans le canal de rejet en Loire (rejet réel de 8,7 MBq).
- En juillet 1996, la présence d'eau tritiée, de cobalt, d'argent, d'antimoine et de césium a été détectée dans un local du système d'auscultation de l'enceinte (12,7 MBq/L de tritium et 700 à 800 Bq/L de cobalt). Lors de cet événement, un joint entre bâtiments a été particulièrement suspecté d'inétanchéité. Il existait potentiellement un risque de transfert des radionucléides libérés entre le local d'auscultation de l'enceinte et la nappe phréatique, lorsque le niveau de celle-ci est haut ; toutefois, au moment des faits, ce n'était pas le cas. Les contrôles de la nappe phréatique réalisés le 31 juillet 1996 n'ont rien montré d'anormal. Par ailleurs, des

travaux de remise en conformité du local d'auscultation de l'enceinte ont été réalisés dès le 1<sup>er</sup> semestre 1997.

#### ***Les événements de la filière UNGG et de l'AMI***

- Le 14 janvier 1994, 120 m<sup>3</sup> de terres contaminées ont été découvertes dans le périmètre de l'INB n°94 (activité massique des terres inférieure à 100 Bq.g<sup>-1</sup>), principalement du cobalt 60 et du césium 137, du fait d'une fuite d'une tuyauterie de transfert d'effluents liquides radioactifs. Il est à noter que des tuyauteries et des terres contaminées ont été découvertes le 2 avril 1996 dans le même secteur.
- Le 14 juin 1996, 5 m<sup>3</sup> d'effluents liquides, présumés non radioactifs, ont été rejetés dans le réseau en eaux pluviales de Chinon A3-D, sans attendre les résultats de l'analyse de leur activité (activité de 11,5 MBq).

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CHOOZ

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Chooz se situe dans le département des Ardennes. Il est implanté en rive droite de la Meuse pour l'ex-centrale nucléaire de Chooz A et en rive gauche pour le CNPE de Chooz B. L'ensemble des installations nucléaires se trouve sur le territoire de la commune de Chooz.

Le site nucléaire de Chooz est situé à 35 km au nord-nord-est de Charleville-Mezières.

L'ex-centrale nucléaire de Chooz A s'étend sur une surface de 20 hectares et le CNPE de Chooz B sur une superficie de 134 hectares.

Le site nucléaire de Chooz comporte :

- le CNPE de Chooz B avec 2 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 1450 MW chacun ; ces réacteurs constituent les INB n°139 et n°144 ;
- l'ex-centrale nucléaire de Chooz A constituée d'un réacteur nucléaire (INB n°163) ; son exploitation a cessé le 30 octobre 1991. Cette INB n°163 est actuellement en phase de démantèlement sous couvert du décret du 27 septembre 2007.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

### *Les radionucléides du CNPE de Chooz B*

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Chooz pour les réacteurs de type REP sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

### *Les radionucléides de la centrale nucléaire de Chooz A*

Les opérations de démantèlement de Chooz A produisent des effluents contenant des radionucléides artificiels. Les radionucléides sont les suivants :

- du tritium, produit au cours du fonctionnement du réacteur et susceptible d'être relâché pendant les opérations de démantèlement du réacteur,
- des produits d'activation ( $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ...), émetteurs  $\beta\gamma$ , susceptibles d'être relâchés pendant les opérations de démantèlement du réacteur.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Les arrêtés du 3 juin 1996 (publiés au JO du 29 juin 1996) et du 30 novembre 2000 (publié au JO du 19 décembre 2000 modifiant l'arrêté du 28 novembre 1979 relatif aux rejets d'effluents radioactifs gazeux de la centrale de Chooz A) fixent les limites annuelles d'activité (GBq/an) de rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du site nucléaire de Chooz (centrale de Chooz A et centrale de Chooz B). Le site a toutefois présenté une demande de renouvellement des autorisations de rejets et de prélèvements d'eau (en cours d'instruction). Les limites actuellement en vigueur sont présentées dans les tableaux ci-après.

			Autorisation 1996 (GBq/an)
Effluents radioactifs liquides	Chooz A	Tritium	5 000
		Radioéléments autres que le tritium, le potassium et le radium	37
	Chooz	Tritium	80 000
		Radioéléments autres que le tritium, le potassium et le radium	222

			Autorisation 1996 (GBq/an)	Autorisation 2000 (GBq/an)
Effluents radioactifs gazeux	Chooz A	Tritium		500
		Aérosols émetteurs $\beta/\gamma$		0,002
	Chooz	Gaz	330 000	
		Aérosols et halogènes gazeux	11	

## Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

### *Les effluents liquides*

Après avoir été collectés, les effluents radioactifs liquides provenant de Chooz B sont traités (filtres, déminéraliseurs, évaporateurs, dégazeurs) pour retenir l'essentiel de leur radioactivité. Ils sont ensuite acheminés vers des réservoirs de stockage. Un contrôle continu de la radioactivité rejetée est effectué au niveau de la canalisation de rejet.

L'ensemble des effluents radioactifs liquides de Chooz A est dirigé, après traitement local pour les effluents provenant des opérations de démantèlement, vers le système de traitement des effluents usés des réacteurs en exploitation. Les effluents sont traités de façon adaptée à leur nature et envoyés après traitement dans les réservoirs de stockage avant rejet.

### *Les effluents gazeux*

Suivant leur origine, les effluents radioactifs gazeux provenant de Chooz B sont:

- soit stockés dans des réservoirs pendant une durée minimale de 30 jours pour permettre de diminuer leur radioactivité (décroissance radioactive) puis filtrés et rejetés de façon concertée à l'atmosphère par les cheminées de rejets,
- soit filtrés et rejetés directement dans l'atmosphère par les cheminées de rejets.

Un contrôle continu de la radioactivité rejetée est effectué au niveau des cheminées.

Avant tout rejet, les effluents radioactifs gazeux provenant de Chooz A sont filtrés. La cheminée de Chooz A est équipée de chaînes de prélèvement permettant le contrôle et la comptabilisation de l'activité rejetée.

## Entreposages anciens de déchets

Des zones d'entreposage ancien de déchets de Chooz A ont été identifiées à partir d'interviews d'anciens agents d'exploitation de la centrale :

- une zone de gravats en remblais : ces gravats sont entreposés en partie sur le site de Chooz A entre la Meuse et le bâtiment de stockage des déchets radioactifs. Ils proviennent des déblais de creusement de l'installation du « détecteur lointain neutrino » dans la galerie de marinage. Des mesures effectuées en 2000 sur ces remblais n'ont rien révélé de significatif. Des investigations complémentaires dans cette zone ne seront donc menées qu'en fin de « déconstruction » du site de Chooz A (phase de traitement final), sauf si des travaux devaient y être réalisés durant la phase de « déconstruction »,
- une zone de gravats : environ 200 m<sup>3</sup> de gravats, extraits de la galerie de marinage, ont été conditionnés puis entreposés dans le local HN0401 et dans la galerie de liaison entre la Station de Traitement des Effluents et la Galerie Combustible. Ces gravats, très faiblement contaminés, ont été conditionnés dans des emballages spécifiques et mis en place dans les alvéoles des fondations de l'ancien bâtiment MVL (Médical-Vestiaire-Laboratoire). Des investigations sur cette zone seront menées dans un délai de 5 ans.

Pour le CNPE de Chooz B, une zone de stockage de déchets issus de la construction du site est identifiée (lieu dit « anciens locaux de l'aménagement »). Ces déchets ont été enterrés et recouverts de terre végétale. Il s'agit très probablement de gravats. L'année de recouvrement de cette zone de stockage n'est pas connue. Elle est néanmoins antérieure à la première divergence de Chooz B.

Le suivi mis en place est un suivi par prélèvements et analyses annuels. Deux piézomètres ont été construits pour suivre une éventuelle pollution provenant de cette zone de stockage de déchets. Il n'est pas envisagé par le CNPE de Chooz d'action particulière vis-à-vis de cette zone de stockage.

## Événements principaux liés à des rejets

### *Les événements du CNPE de Chooz B*

- Selon l'exploitant, les puits de surveillance n'ont pas révélé de pollution de la nappe phréatique depuis 2003. Par ailleurs, l'IRSN ne connaît pas d'évènement de rejets radioactifs ayant pu marquer la nappe avant l'année 2003.
- Des analyses menées en 1991 et en 1997 ont montré des concentrations élevées en fer et manganèse dans un piézomètre localisé à l'aval d'une ancienne décharge du site et également une concentration en cyanure dans un piézomètre à l'amont de cette zone. Fin 2000, la décharge a été recouverte de terre végétale. Ces mesures ont été confirmées en 2002, avec en outre une apparition de fer et manganèse dans le piézomètre amont.
- En décembre 2001, des pollutions d'acides ont été suspectées au droit de certains ouvrages. Les investigations menées ont permis de déterminer que les risques d'impacts étaient très faibles. En 2003, il a été observé que la pollution se poursuivait. Un piézomètre (N6) indiquait en 2004 une présence assez élevée d'ions sulfates dans la nappe.

### *Les événements de la centrale nucléaire de Chooz A*

Une surface de 4 m<sup>2</sup> au sol a fait l'objet d'une contamination découverte en septembre 2000, localisée en bordure externe des clôtures de la centrale de Chooz A sur un chemin de halage. L'origine de la contamination n'est pas connue. Les mesures effectuées ont permis de mettre en évidence une contamination surfacique moyenne de l'ordre de 16 Bq/cm<sup>2</sup> avec un point maximum de 50 Bq/cm<sup>2</sup>. La terre contaminée a été retirée et la surface nettoyée.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CIVAUX

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Civaux se trouve sur le territoire de la commune de Civaux (canton de Lussac-les-Châteaux, département de la Vienne), en rive gauche de la Vienne. Il est situé à l'aval immédiat du bourg de Civaux, à 6,5 km à l'aval de Lussac-les-Châteaux et à 16 km à l'amont de Chauvigny. L'agglomération de Poitiers est à 32 km au nord-ouest. Le site nucléaire s'étend sur une surface d'environ 226 hectares.

Le CNPE de Civaux se compose de 2 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 1450 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent respectivement les INB n° 158 et n° 159.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Civaux sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Deux arrêtés du 8 septembre 1997 (publiés au JO du 4 novembre 1997) fixent encore aujourd'hui les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux de la centrale nucléaire de Civaux. Le site a toutefois présenté une demande de renouvellement des autorisations de rejets et de prélèvements d'eau (en cours d'instruction). Les limites actuellement en vigueur sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation 1997 (GBq/an)
Effluents radioactifs liquides	Tritium	80 000
	Radioéléments autres que le tritium, le potassium 40 et le radium	222
Effluents radioactifs gazeux	Gaz	330 000
	Halogènes gazeux et aérosols	11

Par ailleurs, les rejets gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter d'émetteurs alpha dans l'environnement.

## Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Entreposages anciens de déchets

Il n'existe pas de zone d'entreposage ancien de matériels ou de déchets.

## Événement principaux liés à des rejets

Il n'y a pas eu de pollution de sols et de nappes sur le CNPE de Civaux depuis 2003. Par ailleurs, l'IRSN ne connaît pas d'évènement ayant pu marquer la nappe avant l'année 2003.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CRUAS-MEYSSE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Cruas se situe dans le département de l'Ardèche sur le territoire des communes de Cruas et de Meysse. Il est implanté sur la rive droite du Rhône. Le site nucléaire se trouve à proximité (en rive droite du Rhône - département de l'Ardèche) de Cruas à 2,7 km au nord et de Meysse à 4 km au nord. Il se trouve également à proximité (en rive gauche du Rhône - département de la Drôme) de la Coucourde au nord-est. La commune de Montélimar se trouve à 8 km au sud.

Le CNPE de Cruas comporte 4 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) de 900 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent l'INB n° 111 et les réacteurs 3 et 4 constituent l'INB n° 112.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Cruas-Meysse sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 7 novembre 2003 (publié au JO du 22 janvier 2004) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du site nucléaire de Cruas-Meysse. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation 2003 (GBq/an)
Effluents radioactifs liquides	Tritium	80 000
	Carbone 14	600
	Iodes	0,6
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	60
Effluents radioactifs gazeux	Carbone 14	2 200
	Tritium	8 000
	Gaz rares	72 000
	Iodes	1,6
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	1,6

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter des actinides (émetteurs alpha) dans l'environnement.

### Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

### Entreposages anciens de déchets

Il n'existe pas de zones d'entreposage ancien de matériels ou de déchets.

### Événement principaux liés à des rejets

- En avril 1992, une contamination par du tritium (1 260 Bq/L) dans le puisard situé sous l'îlot nucléaire du réacteur n°4 a été détectée. Les contrôles réalisés sur la nappe phréatique, au plus proche du radier, n'ont pas montré de contamination. Cet incident est dû à une fuite d'eau primaire au niveau d'un joint d'un filtre du circuit de contrôle volumétrique et chimique du réacteur n°4. Cette fuite a ruisselé sur le sol et transité par un joint entre bâtiments non étanche jusque dans le radier du bâtiment du réacteur n°4.
- En début d'année 2004, du tritium a été détecté dans les effluents de la station de traitement des eaux usées du site (86 Bq/L). Les piézomètres P5, P7 et le piézomètre du circuit d'eau potable de la centrale ont été utilisés pour le suivi de la pollution en tritium de la nappe superficielle. Après investigation, la présence de tritium a été détectée dans le réseau des eaux sanitaires et potables du site. Plusieurs épisodes de pollution ont été constatés jusqu'à mi-2005. La valeur maximale mesurée ponctuellement a été de 3 400 Bq/L fin janvier 2005. Ces pollutions avaient pour origine des défauts d'étanchéité des ouvrages d'entreposage des effluents liquides avant leur rejet dans le Rhône. Après des travaux de réparations effectués, les teneurs en tritium des eaux de la nappe superficielle ont progressivement diminué pour être aujourd'hui inférieures à la limite de détection de 39 Bq/L. Les piézomètres P5, P7 et le piézomètre du circuit d'eau potable continuent d'être prélevés ; l'eau est analysée dans le cadre du suivi.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE DAMPIERRE-EN-BURLY

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Dampierre se situe dans le département du Loiret sur le territoire de la commune de Dampierre-en-Burly. Il est implanté en rive droite de la Loire. Les agglomérations situées à proximité sont Gien à environ 10 km au sud-sud-est, Sully-sur-Loire à environ 11 km au nord/nord-ouest et Briare à environ 20 km au sud-sud-est. Le site nucléaire se trouve à environ 45 km au sud-est d'Orléans. Il s'étend sur 225 hectares.

Le CNPE de Dampierre comporte 4 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 900 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent l'INB n°84 et les réacteurs 3 et 4 constituent l'INB n°85.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Dampierre-en-Burly sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville sur Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Deux arrêtés du 27 juin 1979 (publiés au JO du 5 juillet 1979) fixent encore aujourd'hui les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux de la centrale nucléaire de Dampierre-en-Burly. Le site a toutefois présenté en 2006 une demande de renouvellement des autorisations de rejets et de prélèvements d'eau. Les limites actuellement en vigueur sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 1979 (GBq/an)
Effluents radioactifs liquides	Tritium	111 000
	Radioéléments autres que le tritium, le potassium 40 et le radium	1 480
Effluents radioactifs gazeux	Gaz	2,2.10 <sup>6</sup>
	Halogènes gazeux et aérosols	74 GBq

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter des actinides (émetteurs alpha) dans l'environnement.

## Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Entreposages anciens de déchets

EDF a identifié une zone de déchets inertes provenant du chantier de construction (bétons, tuyaux, briques, enrobés, gravats) située à l'est du site. Le contour précis de la zone concernée et la quantité de déchets inertes laissés ne sont pas connus.

### Événements principaux liés à des rejets

- En juin 1996, une montée de l'activité volumique de tritium a été décelée dans un des puits de surveillance d'une nappe phréatique captive (à l'intérieur de l'écran géotechnique), en atteignant un maximum de 9 900 Bq/L le 22 juin 1996. Cette montée d'activité est associée au débordement de la rétention du système de traitement et de réfrigération de l'eau des piscines. Cette pollution concernait le puits N9. Le site a estimé le volume d'eau infiltrée dans la nappe à environ 10 m<sup>3</sup>. L'activité en tritium totale était de 7 GBq pour ce volume avant dilution. Les autres radioéléments présents étaient le cobalt 58, le cobalt 60, l'argent 110, le césium 134, le césium 137, le manganèse 54, l'antimoine 124 et l'antimoine 125. L'exploitant a entrepris le pompage des eaux de la nappe au niveau du piézomètre N9 afin de les collecter dans un réservoir de stockage avant rejets.
- Une contamination en tritium observée au piézomètre N6 a augmenté progressivement depuis 1985 puis significativement à partir de 1995. L'activité a atteint un maximum de 930 Bq/L en avril 1999. Pendant l'année 1998, un pompage a visé à reprendre cette contamination. Plusieurs ouvrages ont été identifiés comme source possible. Tous ont fait l'objet de travaux de réfection.
- En novembre 2007, une augmentation de tritium dans le piézomètre N2 situé dans l'enceinte géotechnique (permettant d'isoler la nappe interne de la nappe naturelle) a été détectée. Un suivi renforcé quasi hebdomadaire (au lieu de mensuel) est en place. L'activité, au premier semestre 2008, se situe dans le piézomètre N2 entre 70 et 35 Bq/L. L'activité dans le piézomètre N6 a également et progressivement décru ; elle se situe aujourd'hui aux alentours de 100 Bq/L. La décroissance de l'activité dans le piézomètre N2 coïncide avec la réfection de la rétention d'une bache de stockage d'effluents et notamment sa mise en peinture. Pour le piézomètre N6, plus éloigné de cette bache, les investigations et les prélèvements réalisés dans les puisards et les caniveaux des galeries sous le bâtiment des auxiliaires nucléaires des réacteurs 1 et 2 n'ont pas permis d'identifier l'origine des variations d'activité.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE FESSENHEIM

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Fessenheim est situé sur la commune de Fessenheim (département du Haut Rhin) à 30 km de Mulhouse. Il occupe une superficie de 106 hectares, sur la rive gauche du Grand Canal d'Alsace.

Le CNPE de Fessenheim se compose de 2 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 900 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent l'INB n°75.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Fessenheim sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Deux arrêtés du 17 novembre 1977 (publiés au JO du 7 décembre 1977) fixent encore aujourd'hui les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux de la centrale nucléaire de Fessenheim. Le site devrait déposer en 2009 une demande de renouvellement des autorisations de rejets et de prélèvements d'eau. Les limites actuellement en vigueur sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 1977 (GBq/an)
Effluents radioactifs liquides	Tritium	74 000
	Radioéléments autres que le tritium, le potassium 40 et le radium	925
Effluents radioactifs gazeux	Gaz	1,48.10 <sup>6</sup>
	Halogènes gazeux et aérosols	111

## Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Entreposages anciens de déchets

Il n'existe pas de zones d'entreposage ancien de matériels ou de déchets.

## Événement principaux liés à des rejets

- En mars 1991, une pollution de tritium de la nappe phréatique de Fessenheim a été constatée lors de l'analyse des prélèvements systématiques. L'activité mesurée de tritium mesurée était inférieure à 36 Bq/L pour le puits n°6, elle était de 430 Bq/L pour le puits n°7 et de 270 Bq/L pour le puits n°8. En avril 1991, l'activité volumique était de 180 Bq/L dans le puits N7 et de 71 Bq/L pour le puits N8. Une réfection des joints des galeries de rejet des deux tranches a été

effectuée. L'activité qui était descendue en-dessous de la limite de détection en septembre 1991 est remontée en décembre 1991 pour atteindre 390 Bq/L dans le puits N7 en mars 1992. Le contrôle et la réfection ont permis de supprimer la contamination.

- En février 1998, 50 m<sup>3</sup> d'eau ont été découverts dans des galeries. Cette eau contenait plusieurs radioéléments, dont de l'Ag 110 et dans une moindre mesure du Co 60. L'étanchéité de ces galeries étant défectueuse, le remblai a été contaminé (activité moyenne de 29,7 Bq/g de matière brute). Depuis cet événement, ces galeries ont été réparées.
- En février puis mars 1999, une contamination au tritium est décelée dans les piézomètres N8, puis N6 et N7. Des investigations ont eu lieu en 2003.
- EDF indique qu'aucune pollution de nappes ou de sols n'a été détectée ces cinq dernières années sur le site. Ce constat n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE FLAMANVILLE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Flamanville est situé en bordure de la Manche, sur la côte nord-ouest de la presqu'île du Cotentin et sur les falaises granitiques de l'extrémité du cap de Flamanville. Le site nucléaire se trouve sur le territoire de la commune de Flamanville dans le département de la Manche. La ville de Flamanville est située à 1 km à l'est et la ville de Cherbourg à 21 km au nord-est ; l'usine de traitement de combustible irradié de La Hague est située à la pointe nord-ouest du Cotentin, à environ 16 km au nord de la centrale nucléaire.

Le CNPE de Flamanville se compose actuellement de 2 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 1300 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent respectivement les INB n° 108 et n° 109.

EDF construit actuellement un nouveau réacteur nucléaire de type EPR (European Pressurised Reactor) qui sera le troisième réacteur sur le site nucléaire de Flamanville.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Flamanville sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 11 mai 2000 (publié au JO du 6 juin 2000) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du site nucléaire de Flamanville (réacteurs 1 et 2). Le site a toutefois présenté en 2006 une demande de renouvellement des autorisations de rejets et de prélèvements d'eau (réacteurs 1, 2 et EPR). Les limites actuellement en vigueur sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation 2000 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	60 000
	Carbone 14	400
	Iodes	0,1
	Autres produits de fission ou d'activation bêta et gamma	25
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Carbone 14	1 400
	Tritium	5 000
	Gaz rares	45 000
	Iodes	0,8
	Autres produits de fission ou d'activation bêta et gamma	0,8

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter des actinides (émetteurs alpha) dans l'environnement.

#### **Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs**

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

#### **Entreposages anciens de déchets**

Selon EDF, il n'existe pas de zones d'entreposage ancien de matériels ou de déchets.

#### **Événements principaux liés à des rejets**

Selon EDF, aucune pollution particulière n'a été détectée au cours des 5 dernières années, que ce soit pour les eaux souterraines ou le milieu récepteur.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE GOLFECH

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Golfech est situé sur la commune de Golfech, canton de Valence d'Agen (Tarn et Garonne). Il est implanté en bordure de la Garonne sur sa rive droite, à 15 km en aval du confluent du Tarn. Le village de Golfech se trouve à 860 m au nord-est du site, Agen est à 21 km au nord-ouest et Montauban à 42 km à l'est/sud-est.

Le CNPE de Golfech comporte 2 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 1300 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent respectivement les INB n° 135 et n° 142.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Golfech sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 18 septembre 2006 (publié au JO du 1 novembre 2006) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du site nucléaire de Golfech. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation 2004 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	Valeur maximale par an <sup>(1)</sup> : 40 000 * N1 + 50 000 * N2 <sup>(*)</sup>
	Carbone 14	190
	Iodes	0,1
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	25
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Carbone 14	1 400
	Tritium	8 000
	Gaz rares	45 000
	Iodes	0,8
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	0,8

(1) Dans le cas où les deux modes de gestion du combustible seraient utilisés durant la même année calendaire, la limite annuelle sera calculée *pro rata temporis* des durées de fonctionnement respectives des deux modes de gestion du combustible. La durée d'arrêt du réacteur compte pour le cycle précédent.

(\*) N1 : nombre de réacteurs rechargés avec un combustible enrichi à 4,3%

N2 : nombre de réacteurs rechargés avec un combustible enrichi à plus de 4,3%

N1 + N2 = 2

### Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville sur Loire.

### Entreposages anciens de déchets

Selon EDF, il n'existe pas de zones d'entreposage ancien de matériels ou de déchets.

### Événements principaux liés à des rejets

- En juillet 2005, un débordement de la cuvette de rétention de la bâche de collecte des effluents du laboratoire chaud s'est produit avec un rejet en rivière. Le volume de rejet estimé est de 3 m<sup>3</sup>. Le prélèvement de la cuvette de rétention indiquait une activité de 600 Bq/L, essentiellement de cobalt 58, et de 5 000 Bq/L de tritium ; d'où une estimation maximale d'activité rejetée de 2 MBq en somme des radionucléides et de 20 MBq de tritium.
- En janvier 2002, de l'acide sulfurique a rejoint le milieu naturel par l'intermédiaire de deux puisards non étanches. Des mesures sur certains piézomètres du site ont montré des concentrations en chlorures et en sulfates stables et très faibles. L'impact environnemental de l'incident est donc apparu non mesurable, dans la nappe et dans la Garonne.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE GRAVELINES

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Gravelines est situé dans le département du Nord sur le territoire de la commune de Gravelines. Il est implanté en bordure de la mer du Nord, immédiatement à l'ouest de la jetée des Huttes de l'avant-port ouest de Dunkerque. Le site nucléaire, situé à 15 km à l'ouest de Dunkerque et 20 km à l'est de Calais, est construit sur un remblai de sable naturel d'une superficie de 152 hectares environ dont 94 hectares ont été gagnés sur la mer.

Le CNPE de Gravelines comporte 6 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 900 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent l'INB n°96, les réacteurs 3 et 4 constituent l'INB n°97 et les réacteurs 5 et 6 constituent l'INB n°122.

Le centre nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Gravelines sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 7 novembre 2003 (publié au JO du 13 janvier 2004) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du site nucléaire de Gravelines. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 2003 (GBq/an)
Effluents radioactifs liquides	Tritium	120 000
	Carbone 14	900
	Iodes	0,9
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	90
Effluents radioactifs gazeux	Carbone 14	3 300
	Tritium	12 000
	Gaz rares	108 000
	Iodes	2,4
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	2,4

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter des actinides (émetteurs alpha) dans l'environnement.

### Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

### Entreposages anciens de déchets

Selon EDF, il n'existe pas de zone d'entreposage ancien de matériels ou de déchets.

### Événements principaux liés à des rejets

- En janvier 1984, une montée de l'activité du tritium dans la nappe phréatique a été constatée. Celle-ci provenait d'une fuite des piscines du bâtiment combustible. La fuite de la piscine du château de plomb a pu être réparée. Celle de la piscine de désactivation n'a pas pu être réparée mais elle est canalisée et récupérée. Il n'y a plus de rejet dans la nappe phréatique. Des fuites du même type étaient déjà apparues sur d'autres sites.
- En 1986, la surveillance des nappes souterraines et des eaux superficielles a permis de détecter une pollution d'environ 80 000 Bq/L de tritium. Cet événement a été causé par une erreur de lignage qui a entraîné la vidange partielle du réservoir de stockage de l'eau des piscines du réacteur nucléaire n°5 dans sa cuvette de rétention (réservoir d'une capacité d'environ 1600 m<sup>3</sup>). Sous l'effet de la pression, une coquille d'étanchéité d'une traversée de tuyauterie a cédé, entraînant une brèche dans le cuvelage. Cet événement a entraîné un déversement de 600 m<sup>3</sup> d'eau radioactive au voisinage de ce réservoir de stockage. Les effets de cet événement sont encore visibles aujourd'hui puisque des mesures sur quelques piézomètres de surveillance en aval montrent des activités volumiques d'environ 150 Bq/L et que les sols qui ont reçu de l'eau radioactive présentent des traces de radioactivité dues à l'argent 110m, aux cobalts et aux césiums.
- Le site possède 8 piézomètres réglementaires. Les mesures sur les piézomètres 1 à 4 ne montrent aucun marquage. Les mesures effectuées sur le piézomètre N°5, proche du lieu de pollution de 1986, révèlent une activité résiduelle de tritium pouvant osciller entre 100 Bq/L et 160 Bq/L.
- En 1990, l'activité du puits N5 (700 Bq/L) est reliée à la présence anormale d'eau contaminée dans une galerie du réacteur nucléaire n°6, due à un défaut d'étanchéité. Des travaux de réparation ont été menés.
- Par ailleurs, en 1991, une montée d'activité est détectée au niveau du piézomètre N°5. Cette pollution est due à une infiltration dans les galeries des réacteurs nucléaires n°5 et 6 par suite de l'inétanchéité d'une tuyauterie de rejet. Le volume de la fuite est estimé à 200 L. La détérioration prématurée de la tuyauterie en acier inoxydable est sans doute due à une corrosion initiée par les chlorures. Cette tuyauterie a été remplacée par des canalisations plus épaisses.
- En décembre 1995, afin pouvoir effectuer une opération de maintenance sur le toit flottant de la bache de stockage des effluents des réacteurs nucléaires n°5 et 6, les effluents ont été transférés via une pompe mobile installée dans le cuvelage des baches d'eau d'appoint au circuit primaire et une manchette flexible reliée au réseau de la bache de stockage des effluents. La rupture de cette manchette située à l'extérieur du bâtiment des auxiliaires nucléaires a entraîné le rejet de 3 m<sup>3</sup> d'eau tritiée (8,4 MBq/L de tritium et 40 Bq/L de radionucléides émetteurs gamma total) au niveau du réacteur nucléaire n°6 provoquant la contamination du sol sur une superficie de 100 m<sup>2</sup> (25,2 GBq de tritium au total). Les effluents ont été récupérés dans les puisards du système des égouts et des eaux perdues situés à proximité. Une infiltration dans la nappe phréatique ne peut pas être exclue. L'activité maximale d'un puisard du système des égouts et des eaux perdues a été supérieure à 6 000 Bq/L en décembre 1995, elle était encore de 110 Bq/L en mars 1996.
- En septembre 1997, un rejet incontrôlé d'eau souterraine tritiée provenant des réacteurs nucléaires n°5 et 6 dans le caniveau de rejet des eaux de refroidissement du circuit de réfrigération intermédiaire du réacteur nucléaire n°6 s'est produit. L'origine de ce rejet non maîtrisé à la mer est le refoulement par pompage des eaux souterraines infiltrées dans les galeries techniques enterrées des réacteurs nucléaires n°5 et 6 lors des travaux de

consolidation de ces galeries par injection de béton. Cette présence de tritium dans les eaux souterraines est le reliquat d'incidents antérieurs, dus au débordement de la bêche de refroidissement des piscines et à des déboîtements de manchette amovible lors de transferts de réservoirs de stockage avant rejet (voir ci-avant). L'activité de tritium rejetée a été estimée à 280 MBq.

- En février 2006, 10 m<sup>3</sup> d'eaux d'exhaure provenant des salles des machines légèrement tritiées (activité volumique de 790 Bq/L) se sont déversés sur le sol suite à une fuite. Des actions ont été menées pour réparer la fuite. Par ailleurs, des cuvettes de rétention ont été installées sur les réservoirs de stockage avant rejet.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE NOGENT-SUR-SEINE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Nogent se situe en limite ouest du département de l'Aube sur le territoire de la commune de Nogent-sur-Seine. Il est implanté en rive droite de la Seine. Les agglomérations situées à proximité sont Nogent-sur-Seine à 2,5 km au sud sud-ouest, Romilly-sur-Seine à 15 km à l'est et Provins à 17 km à l'ouest nord-ouest. Le site nucléaire se trouve à environ 95 km au sud-est de Paris. Il s'étend sur une superficie de 212 hectares.

Le CNPE de Nogent comporte 2 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 1300 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent respectivement les INB n° 129 et n° 130.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Nogent-sur-Seine sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 29 décembre 2004 (publié au JO du 1 janvier 2005) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du site nucléaire de Nogent-sur-Seine. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 2004 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	Valeur maximale par an : 40 000 * N1 + 50 000 * N2 (*)
	Carbone 14	190
	Iodes	0,1
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	25
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Carbone 14	1 400
	Tritium	8 000
	Gaz rares	45 000
	Iodes	0,8
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	0,8

(\*) N1 : nombre de réacteurs rechargés avec un combustible enrichi à moins de 4,3%

N2 : nombre de réacteurs rechargés avec un combustible enrichi à plus de 4,3%

N1 + N2 = 2

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter des actinides dans l'environnement.

#### **Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs**

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

#### **Entreposages anciens de déchets**

Selon EDF, il n'existe pas de zone d'entreposage ancien de matériels ou de déchets.

#### **Événements principaux liés à des rejets**

- L'utilisation d'acide sulfurique pour neutraliser les eaux de refroidissement avant rejet est à l'origine de plusieurs incidents ayant impacté la nappe (1993, 1995, 1996, 1997). Cette série d'incidents a conduit à une augmentation significative de la concentration en sulfates dans la nappe.
- Une pollution de la nappe par des sulfates et de la monochloramine s'est également produite à la suite de fuites d'eau du circuit de refroidissement de l'eau des condenseurs (CRF) (en 2001 et 2002) ou d'un débordement de l'eau du circuit CRF (2003).
- Depuis 2003, EDF ne mentionne pas de pollution des nappes souterraines et des eaux superficielles par des radionucléides sur le site nucléaire de Nogent. Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE PALUEL

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Paluel est situé sur le territoire de la Communauté de communes de la côte d'Albâtre, en Normandie, dans le département de la Seine-Maritime. Il se trouve sur la commune de Paluel, entre Dieppe (33 km à l'est) et Fécamp (22 km à l'ouest). Il est implanté au débouché d'une vallée sèche tronquée par l'érosion de la falaise, la Valleuse du Val de Sunset. Le site nucléaire occupe une surface de 160 hectares.

Le CNPE de Paluel comporte 4 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 1300 MWe chacun ; les réacteurs 1, 2, 3 et 4 constituent respectivement les INB n° 103, n° 104, n° 114 et n° 115.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Paluel sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 11 mai 2000 (publié au JO du 17 juin 2000) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du site nucléaire de Paluel. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 2004 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	120 000
	Carbone 14	800
	Iodes	0,2
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	50
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Carbone 14	2 800
	Tritium	10 000
	Gaz rares	90 000
	Iodes	1,6
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	1,6

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter des actinides (émetteurs alpha) dans l'environnement.

### Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

### Entreposages anciens de déchets

Selon EDF, il n'existe pas de zone d'entreposage ancien de matériels ou de déchets radioactifs.

### Événements principaux liés à des rejets

- En décembre 1997, le débordement d'un puisard à une concentration maximale de 12 200 Bq/L est probablement à l'origine d'une pollution de la nappe en tritium.
- En novembre 2001, il a été découvert un débordement du réservoir destiné à recevoir les effluents du laboratoire des réacteurs n° 3 et 4. Ce débordement est dû à l'indisponibilité de la pompe de vidange et des alarmes associées. La cuvette de rétention située sous le réservoir était en communication avec le caniveau qui achemine la tuyauterie de vidange vers d'autres réservoirs de collecte des effluents. Les analyses radiochimiques réalisées sur des prélèvements en fond de caniveau ont montré la présence significative de radionucléides artificiels, confirmant ainsi l'écoulement de liquide hors de la cuvette de rétention. Le volume d'effluents rejeté a été estimé à 40 m<sup>3</sup>. L'activité calculée à partir des résultats d'analyses du contenu de la cuvette de rétention s'élève à 72 MBq pour le tritium et à 760 kBq pour les autres radionucléides. Une conséquence de cet incident pourrait être une pollution de la nappe phréatique ; celle-ci fait l'objet d'un suivi particulier depuis l'événement.
- En décembre 2005, un rejet de tritium dans l'émissaire ouest de rejet des eaux pluviales a été détecté. L'activité de tritium rejetée a été estimée à 56 GBq. Des mesures de tritium ont été réalisées dans le réseau piézométrique sur le site dès la découverte de la pollution et régulièrement pendant le mois de décembre ; aucune trace de tritium n'a été détectée. Le sous-sol et la nappe n'ont donc apparemment pas été touchés par cette pollution. Cependant la réalisation de 3 mesures ponctuelles de tritium liquide dans le réseau des eaux pluviales des réacteurs n° 1 et 2 a révélé un point significatif (270 Bq/L).

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE PENLY

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Penly est situé au bord de la Manche, au pied des falaises du pays de Caux, région de Haute-Normandie dans le département de Seine Maritime. L'emprise terrestre du site est répartie sur les communes de Penly et de Saint-Martin-en-Campagne. Les communes et les hameaux avoisinants, dans un rayon de 3 km, sont au sud-ouest Saint-Martin-Plage et Berneval-le-Grand, au nord-est Penly et Biville-sur-Mer, au sud Vassonville et Saint-Martin-en-Campagne. La ville de Dieppe est située à 11 km au sud-ouest, et celle du Tréport à 15 km au nord-est.

Le CNPE de Penly comporte 2 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 1300 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent respectivement les INB n° 136 et n° 140.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Penly sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 15 février 2008 (publié au JO du 29 février 2008) portant homologation de la décision n° 2008-DC-0090 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 10 janvier 2008 fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux des INB n° 136 et n° 140 exploitées par EDF. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 2008 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	Valeur maximale par an <sup>(1)</sup> : 40 000 * N1 + 50 000 * N2 <sup>(*)</sup>
	Carbone 14	190
	Iodes	0,1
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	25
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Carbone 14	1 400
	Tritium	8 000
	Gaz rares	45 000
	Iodes	0,8
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	0,8

(1) Dans le cas où les deux modes de gestion du combustible seraient utilisés durant la même année calendaire, la limite annuelle sera calculée *prorata temporis* des durées de fonctionnement respectives des deux modes de gestion du combustible. La durée d'arrêt du réacteur compte pour le cycle précédent.

(\*) N1 : nombre de réacteurs avec une gestion du combustible autre que haut taux de combustion (HTC). En particulier, nombre de réacteurs avec une gestion GEMMES.

N2 : nombre de réacteurs avec une gestion du type HTC

$N1 + N2 = 2$

### **Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs**

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

### **Entreposages anciens de déchets**

Selon EDF, il n'existe pas de zone d'entreposage ancien de matériels ou de déchets.

### **Événements principaux liés à des rejets**

- En avril 2000, l'analyse hebdomadaire de l'eau du circuit des auxiliaires nucléaires a montré la présence d'une activité gamma total de  $0,020 \text{ MBq/m}^3$ . Une inétanchéité interne des échangeurs a conduit à un rejet incontrôlé dans l'environnement (sans transiter par les voies normales de comptabilisation), de  $93 \text{ m}^3$  d'eau contaminée. Les conséquences de cet incident ont été un rejet en mer de  $0,016 \text{ MBq}$  en tritium et de  $1,9 \text{ MBq}$  en gamma total.
- En mars 2005, par suite d'une défaillance de l'automatisme de reprise des effluents faiblement actifs, des effluents se sont écoulés dans la cuvette de rétention d'un réservoir. Celle-ci a ensuite débordé vers le réseau d'eaux pluviales à proximité immédiate. Les analyses radiochimiques réalisées par le laboratoire ont mis en évidence une faible activité volumique estimée à  $0,2 \text{ MBq/m}^3$  en activité gamma totale. La conséquence a donc été le rejet incontrôlé d'effluents très faiblement radioactifs ne transitant pas par les voies normales de comptabilisation. Dans l'hypothèse la plus pessimiste, l'activité rejetée a été inférieure à  $0,69 \text{ MBq}$  d'activité hors tritium, avec essentiellement du  $^{58}\text{Co}$ , et de  $40,3 \text{ MBq}$  de tritium.
- Un évènement a été déclaré en février 2006 consécutivement à la présence ponctuelle de césium 137 ( $2,2 \text{ Bq/L}$ ) dans le puits N3. Cette activité en césium n'a plus été détectée par la suite.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE SAINT-ALBAN - SAINT MAURICE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Saint-Alban est situé dans le département de l'Isère sur le territoire des communes de Saint-Alban du Rhône et de Saint-Maurice l'Exil. Il est implanté sur la rive gauche du Rhône à 17 km au sud de Vienne.

Le CNPE de Saint-Alban comporte 2 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 1300 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent respectivement les INB n° 119 et n° 120.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Saint-Alban - Saint-Maurice sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 29 décembre 2000 (publié au JO du 3 février 2001) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du site nucléaire de Saint-Alban - Saint-Maurice. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 2000 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	60 000
	Carbone 14	400
	Iodes	0,1
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	25
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Carbone 14	1 400
	Tritium	5 000
	Gaz rares	45 000
	Iodes	0,8
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	0,8

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter des actinides (émetteurs alpha) dans l'environnement.

### Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

Ces dispositifs sont les mêmes que ceux présentés dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

### Entreposages anciens de déchets

Selon EDF, il n'existe pas de zone d'entreposage ancien de matériels ou de déchets radioactifs.

### Événements principaux liés à des rejets

- En septembre 2001, une activité anormale a été décelée dans un prélèvement effectué dans le réseau de collecte des eaux pluviales. Cette contamination est due à un retour d'eau contaminée des circuits d'appoint d'eau au circuit primaire dans le réseau des eaux pluviales par une vanne de drain non étanche. La fuite identifiée résulte de plusieurs inétanchéités de vannes consécutives. Son isolement a nécessité le bouchage provisoire de la tuyauterie du drain en question. Compte tenu de la pluviométrie, de la surface de la zone concernée et de l'activité volumique mesurée, l'activité rejetée a été estimée à 500 MBq de tritium.
- En juin 2002, un déversement sur le sol du site d'un volume de 87 m<sup>3</sup> de liquide faiblement radioactif s'est produit lors d'une opération de filtration avant rejet d'un réservoir de stockage d'effluents. Les activités de l'eau déversée étaient de 5 000 Bq/L de tritium, de 1,1 Bq/L en cobalt 60 et de 0,6 Bq/L en césium.
- Depuis 2003, EDF ne mentionne pas d'évènement de pollution des nappes souterraines et des eaux superficielles par des radionucléides. Cette réponse n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE SAINT-LAURENT-DES-EAUX

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire de Saint-Laurent est situé sur le territoire de la commune de Saint-Laurent-Nouan (Loir et Cher) en bordure de la rive gauche de la Loire, à 9 km environ à l'aval de Beaugency (Loiret). Au droit du site se trouvent en rive droite les villages de Lestiou et Avaray et à l'est la rivière de l'Ardoux qui limite la plaine bordant le coteau de Saint-Laurent-des-Eaux.

Le site nucléaire de Saint-Laurent comporte :

- 2 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 900 MWe chacun ; les réacteurs SLB1 et SLB2 constituent l'INB n°100,
- 2 ex-réacteurs nucléaires dénommés SLA1 et SLA2 (INB n°46) de la filière UNGG. Les réacteurs SLA1 et SLA2 sont actuellement en phase de mise à l'arrêt définitif (décret du 11 avril 1994),
- des silos d'entreposage des chemises de graphite irradiées formant une INB indépendante (INB n°74).

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

### *Les radionucléides de la filière REP*

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE de Saint-Laurent-des-Eaux pour les réacteurs de type REP sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

### *Les radionucléides de la filière UNGG*

Pour ce qui concerne les ex-réacteurs SLA, les éléments radioactifs issus du démantèlement sont entreposés dans un caisson. L'activité radiologique à l'intérieur des caissons est essentiellement liée à la présence :

- de  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{55}\text{Fe}$  issus des déchets d'exploitation entreposés dans le caisson (barres de commande, bouchons thermiques...) ;
- des principaux produits d'activation du béton ( $^3\text{H}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ...), des métaux ( $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ...) et des structures en graphite ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) ;
- de  $^{60}\text{C}$ , de  $^{55}\text{Fe}$  et de  $^{63}\text{Ni}$  provenant de la contamination surfacique liée à la corrosion des structures et aux poussières. On retrouve également des émetteurs  $\alpha$  en faibles quantités.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 21 février 2006 (publié au JO du 7 avril 2006) modifiant l'arrêté du 2 février 1999 (publié au JO du 30 avril 1999) fixe les limites d'activité annuelle (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux du site nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 2006 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	45 000
	Carbone 14	300
	Iodes	0,3
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	30
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Carbone 14	1 100
	Tritium	4 000
	Gaz rares	36 000
	Iodes	0,8
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	0,8

Par ailleurs, les rejets d'effluents radioactifs gazeux et liquides ne doivent en aucun cas ajouter d'émetteurs alpha artificiels dans l'environnement.

### Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

#### *Les effluents liquides*

Après avoir été collectés, les effluents radioactifs liquides provenant des réacteurs de la filière REP (SLB) sont traités (filtres, déminéraliseurs, évaporateurs, dégazeurs) pour retenir l'essentiel de leur radioactivité. Ils sont ensuite acheminés vers des réservoirs de stockage. Un contrôle continu de la radioactivité rejetée est effectué au niveau de la canalisation de rejet.

Les effluents radioactifs provenant des installations de SLA (à l'exclusion des eaux de piscines qui doivent faire l'objet d'un traitement spécifique) peuvent être mélangés aux effluents de SLB à condition qu'ils soient caractérisés (origine, flux, concentration...) et que le mélange ait fait l'objet d'une décision d'autorisation de l'ASN.

#### *Les effluents gazeux*

Suivant leur origine, les effluents radioactifs gazeux provenant des réacteurs de la filière REP (SLB) sont :

- soit stockés dans des réservoirs pendant une durée minimale de 30 jours pour permettre de diminuer leur radioactivité (décroissance radioactive) puis filtrés et rejetés de façon concertée à l'atmosphère par les cheminées de rejets,
- soit directement filtrés et rejetés dans l'atmosphère par les cheminées de rejets.

Un contrôle continu de la radioactivité rejetée est effectué au niveau des cheminées.

Les émissions gazeuses atmosphériques provenant de SLA sont rejetées, après traitement éventuel, par 4 cheminées ou conduits d'évacuation.

Les silos d'entreposage de chemises de graphite irradiées ne doivent pas produire d'émissions gazeuses. Dans le cas où des travaux d'assainissement/démantèlement seraient susceptibles de

produire des émissions gazeuses, celles-ci doivent être collectées et éventuellement traitées avant rejet. Tout rejet est soumis à une décision d'autorisation de l'ASN.

### Entreposages anciens de déchets

Pour Saint-Laurent A, il existe des zones d'entreposage de déchets conventionnels (gravats...) et des aires d'incinération de déchets conventionnels (gravats et résidus de combustion de bois ou de plastiques...). Ces zones datent de la construction et ont été identifiées dans le cadre de l'enquête historique en cours (cette enquête s'achèvera au 31/12/2008). Cette enquête repose notamment sur la surveillance des nappes phréatiques et sur des interviews d'anciens agents de la centrale. Dans ce cadre, et de manière préliminaire, 4 zones d'entreposage auraient d'ores et déjà été identifiées :

- entre SLA1 et la station de pompage,
- dans l'ancienne zone des entrepises à l'ouest du bâtiment d'accueil du public,
- au sud-est du site en bordure de la route d'accès dans le secteur du ball-trap,
- au sud-ouest du site en bordure de la route menant à la RD 951 vers le lieu-dit « Le verger ».

Ces informations seront confirmées après la conclusion de l'enquête et un échéancier des actions de caractérisation complémentaires qu'il conviendra de mener sera alors présenté par l'exploitant.

Le réseau piézométrique actuel ne montre pas de marquage des eaux souterraines.

Les silos d'entreposage des chemises de graphite irradié sont des ouvrages semi-enterrés en béton armé, implantés en 1970/1971 au sud-est du site. Il existe actuellement un projet de mise en œuvre d'une enceinte géotechnique autour des silos. Cette enceinte, associée à un dispositif de contrôle et de pompage, permettrait d'éviter le contact entre la nappe phréatique et les silos, en maintenant le niveau de la nappe « intérieure » ainsi créée au-dessous du niveau du radier des silos.

### Événements principaux liés à des rejets

#### *Les événements de la filière REP*

La surveillance de la nappe ne fait pas apparaître de trace de radioactivité entre 2003 et 2007.

#### *Les événements de la filière UNGG*

Deux incidents liés aux rejets d'effluents gazeux ont été déclarés par EDF pour SLA :

- en 1997 : rejet par la cheminée de SLA1 dépassant le seuil réglementaire (activité totale rejetée de 176 Bq de radioéléments émetteurs alpha).
- en 1998 : lors de la mesure périodique de l'activité d'un filtre disposé en dérivation sur la cheminée d'un bâtiment de SLA, l'activité des émetteurs alpha mesurée sur ce filtre correspondait à une activité volumique rejetée de  $1,1 \cdot 10^{-4}$  Bq/m<sup>3</sup> (seuil réglementaire :  $8 \cdot 10^{-5}$  Bq/m<sup>3</sup>).

Un incident lié aux rejets d'effluents liquides a été déclaré par EDF pour SLA :

- en 2003 : déversement de concentrats radioactifs dont une dizaine de litres ont été retrouvés dans un regard du circuit de collecte des eaux pluviales. L'activité estimée des concentrats dans le regard était de 47 MBq en émetteurs bêta et 0,9 MBq en émetteurs alpha.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DU TRICASTIN

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire du Tricastin se trouve sur le territoire de la commune de Saint-Paul-Trois-Châteaux dans le département de la Drôme. Il se situe dans un îlot constitué par le Rhône à l'Ouest et le canal de Donzère-Mondragon à l'Est, au point kilométrique 14 du canal et en bordure de celui-ci. Les agglomérations importantes situées à proximité du site nucléaire du Tricastin sont Bollène à 5 km, Bagnols-sur-Cèze à 20 km, Orange à 22 km et Montélimar à 25 km. Il se trouve à 43 km d'Avignon.

Le CNPE du Tricastin se compose de 4 réacteurs de la filière à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 900 MWe chacun ; les réacteurs 1 et 2 constituent l'INB n°87 et les réacteurs 3 et 4 constituent l'INB n°88. Il abrite également la Base Chaude Opérationnelle du Tricastin (BCOT) qui est destinée à des opérations de maintenance et d'entreposage de matériels et d'outillages provenant des réacteurs nucléaires à eau sous pression, à l'exclusion d'éléments combustibles. Les effluents radioactifs liquides de la BCOT (INB n°157), exploitée par EDF, sont pris en charge par le CNPE du Tricastin. Préalablement à chaque transfert d'effluents, l'exploitant vérifie leurs caractéristiques radiologiques. Après traitement, les effluents en provenance de la BCOT sont rejetés avec les autres effluents du CNPE du Tricastin par le circuit de contrôle et de stockage des effluents liquides avant rejet.

Le site nucléaire est également constitué d'installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN).

## Radionucléides présents dans les installations

Les différentes substances radioactives mises en œuvre au CNPE du Tricastin pour les réacteurs de type REP sont les mêmes que celles présentées dans la fiche relative au CNPE de Belleville-sur-Loire.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

La décision n°2008-DC-0102 de l'ASN du 13 mai 2008 (homologuée au JO du 2 août 2008) fixe les limites annuelles d'activité (GBq/an) dans les rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux de la centrale nucléaire du Tricastin (INB n°87 et n°88). Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

		Autorisation de 2008 (GBq/an)
<b>Effluents radioactifs liquides</b>	Tritium	Valeur maximale par an <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> : 22 500 * N1 + 40 000 * N2 <sup>(*)</sup>
	Carbone 14	260
	Iodes	0,6
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	60
<b>Effluents radioactifs gazeux</b>	Tritium	8 000
	Carbone 14	2 200
	Gaz rares	72 000
	Iodes	1,6
	Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma	1,6

(1) Les limites applicables pour la gestion du combustible « Haut Taux de Combustion » (HTC) n'entreront en vigueur qu'après accord exprès du directeur général de l'ASN.

(2) Dans le cas où les deux modes de gestion de combustible seraient utilisés durant la même année calendaire, la limite annuelle sera calculée au *pro rata temporis* des durées de fonctionnement respectives des deux modes de gestion du combustible. La durée d'arrêt de réacteur compte pour le cycle précédent.

(\*) N1 : nombre de réacteurs avec une gestion du combustible autre que HTC. En particulier, nombre de réacteurs avec une gestion MOX-NT ou parité MOX.

N2 : nombre de réacteurs avec une gestion du combustible HTC

$N1 + N2 = 4$

## Dispositifs mis en œuvre pour le rejet des effluents radioactifs

### **Les effluents liquides**

Après avoir été collectés, les effluents radioactifs liquides provenant des REP (y compris ceux provenant de la BCOT) sont traités (filtres, déminéraliseurs, évaporateurs, dégazeurs) pour retenir l'essentiel de la radioactivité. Ils sont ensuite acheminés vers des réservoirs de stockage. Un contrôle continu de la radioactivité rejetée est effectué au niveau de la canalisation de rejet.

### **Les effluents gazeux**

Suivant leur origine, les effluents radioactifs gazeux provenant des REP sont:

- soit stockés dans des réservoirs pendant une durée minimale de 30 jours pour permettre de diminuer leur radioactivité (décroissance radioactive) puis filtrés et rejetés de façon concertée à l'atmosphère par les cheminées de rejets,
- soit filtrés et rejetés directement dans l'atmosphère par les cheminées de rejets.

Un contrôle continu de la radioactivité rejetée est effectué au niveau des cheminées.

### Entreposages anciens de déchets

Selon EDF, il existe deux zones de déchets inertes sur le site du Tricastin ; ces deux zones sont identifiées :

- « Zone d'essai de stockage de fûts vides » ;
- « Zone de l'ancienne décharge de chantier ».

Il semble s'agir de zones datant de la construction du site. Cependant, EDF ne précise pas la localisation de ces zones, la nature des déchets entreposés, l'origine de l'entreposage.

### Événements principaux liés à des rejets

- Entre 1984 et 2001, des pollutions par du tritium ont été observées à de nombreuses reprises au niveau de dix piézomètres situés à l'intérieur de l'enceinte géotechnique. Plusieurs origines (réseau de galeries au sol, cuvelages CEX, réservoirs d'effluents avant rejet) ont été identifiées et traitées. Le pompage de la nappe à l'intérieur de l'enceinte conduit à la résorption des pollutions.
- En 1991, la surveillance des nappes souterraines et des eaux superficielles a permis de détecter une pollution jusqu'à 60 000 Bq/L de tritium. La cause était une fuite survenue lors d'une vidange d'un réservoir de stockage des effluents avant rejet ; il ne reste plus de trace de cette pollution en 2008.

Les incidents suivants ont également contribué à la pollution de l'enceinte géotechnique.

- En mai 2000, lors du contrôle bihebdomadaire de surveillance des eaux du sous-sol interne à l'enceinte géotechnique, une augmentation de l'activité du tritium a été détectée (195 Bq/L) sur le puits n° 41. Un contrôle des points réglementaires de surveillance de la nappe phréatique externe n'a pas révélé d'activité due au tritium. L'origine de cet événement est une fuite localisée d'une tuyauterie de transfert d'effluents entre le bâtiment des auxiliaires nucléaires et le système de rejet des effluents. L'analyse de l'eau a montré une activité volumique de 650 Bq/L dans le puits n° 41 et de 94 000 à 260 000 Bq/L à proximité du bâtiment des pompes de rejet.
- En avril 2001, une augmentation de l'activité de tritium a été détectée en plusieurs points de surveillance du sous-sol interne à l'enceinte géotechnique. L'origine de l'incident est un débordement des puisards d'effluents secondaires dans les cuvelages des condenseurs des réacteurs n° 3 et 4. Ces effluents ont une activité volumique de tritium conséquente (environ 8 000 Bq/L) due aux fuites du circuit primaire vers le circuit secondaire (inétanchéité des tubes des générateurs de vapeur).
- En août 2001, l'activité de tritium a de nouveau augmenté dans l'un des points de surveillance des eaux du sous-sol interne à l'enceinte géotechnique. L'activité de tritium est passée de 33 à 620 Bq/L en trois jours dans le puits n° 41. L'origine de cet incident est la présence d'eau tritiée dans les caniveaux de transit d'effluents radioactifs liquides. L'infiltration de cette eau dans le sous-sol à travers les structures en béton des caniveaux, a entraîné l'augmentation de l'activité du tritium.

# ANCIENNE CENTRALE NUCLEAIRE DE BRENNILIS

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site des Monts d'Arrée, où est implanté l'ex-réacteur de Brennilis, est situé à 25 km au sud de Morlaix, dans la partie Ouest du Finistère sur le territoire des communes de Brennilis et Loqueffret.

Cet ex-réacteur, qui constitue l'installation nucléaire de base (INB) n° 162, était un prototype industriel de la filière à eau lourde. Il a divergé le 23 décembre 1966 et a été définitivement arrêté le 31 juillet 1985. Les opérations liées à la mise à l'arrêt définitif ont été terminées en décembre 1992 et des opérations d'assainissement et de démontage ont été menées de 1997 à mi-2007.

L'enceinte du réacteur et divers bâtiments nucléaires ou conventionnels sont encore présents sur le site.

## Radionucléides présents dans les installations

La radioactivité présente sur le site de Brennilis a deux origines distinctes :

- les structures de l'ex-réacteur qui ont été activées par l'exposition au flux neutronique lors du fonctionnement de l'installation (cœur du réacteur et bloc réacteur),
- les structures contaminées par des fluides radioactifs (circuit du liquide modérateur (circuit D<sub>2</sub>O), circuit du fluide caloporteur (circuit CO<sub>2</sub>) et les circuits d'effluents).

Les principaux produits d'activation présents dans l'installation sont le <sup>3</sup>H, le <sup>14</sup>C, le <sup>55</sup>Fe, ainsi que certains isotopes du nickel et de l'euporium. Leur localisation dépend de la nature des matériaux activés.

L'activité dans les différents circuits de fluide est essentiellement due à la présence de <sup>3</sup>H, de <sup>14</sup>C et de <sup>60</sup>Co. On retrouve également en moindre quantité dans le circuit CO<sub>2</sub> des produits de fission (Cs, I, Sm...) et des radioéléments émetteurs α (Pu, Cm...).

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Cette installation ne dispose pas d'autorisation de rejets. Les règles générales d'exploitation indiquent néanmoins que, pour ce qui concerne le tritium, les rejets d'effluents radioactifs gazeux sont limités à 12.10<sup>12</sup> Bq par an.

Les effluents gazeux sont collectés par des circuits d'extraction et sont filtrés sur des filtres à très haute efficacité (THE) avant d'être rejetés par la cheminée du site ou la cheminée de la station de traitement des effluents (STE).

Dans le cadre de sa demande de décret de démantèlement, EDF vient de déposer une demande d'autorisation de rejets. Dans cette demande, les limites de rejets demandées sont différentes selon les étapes du démantèlement. Les valeurs de rejets demandées sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Rejets radioactifs gazeux	Activité annuelle	
	Etape 1 : démantèlement des échangeurs	Etape 2 : démantèlement du bloc réacteur
<sup>3</sup> H	10 <sup>12</sup> Bq	5.10 <sup>12</sup> Bq
<sup>14</sup> C	10 <sup>10</sup> Bq	10 <sup>11</sup> Bq
Autres produits de fission ou d'activation émetteurs βγ	2.10 <sup>7</sup> Bq	2.10 <sup>8</sup> Bq

Les eaux pluviales sont rejetées dans l'Ellez et les eaux de rabattement de la nappe sont rejetées dans le réservoir Saint-Michel.

### Entreposages anciens de déchets

EDF indique que les déchets entreposés sur le site, résultant notamment des opérations d'assainissement et de démontage, seront repris dès que cela sera réglementairement possible. Après caractérisation, ces déchets seront envoyés dans une filière d'évacuation adaptée.

### Événements principaux liés à des rejets

Le sol de Brennilis est contaminé localement, principalement par du  $^{137}\text{Cs}$  et du  $^{60}\text{Co}$ . Les mesures effectuées notamment sous un puisard du bâtiment BCI (bâtiment des combustibles irradiés) ont mis en évidence une contamination maximale de l'ordre de 1 600 Bq/g de  $^{137}\text{Cs}$  et de 27 Bq/g de  $^{60}\text{Co}$  sur environ 1 m autour du puisard. Une partie de la terre contaminée a été retirée dans le cadre du démantèlement du BCI.

En octobre 2004, environ 60 m<sup>3</sup> d'eaux pluviales se sont infiltrées dans des locaux du sous-sol de la station de traitement des effluents (STE) qui était en cours de démolition. Les analyses des eaux recueillies dans le puisard de l'un des locaux ont mis en évidence un niveau de contamination allant jusqu'à 8 500 Bq/L de  $^{137}\text{Cs}$ , 90 Bq/L de  $^{60}\text{Co}$  et 9 800 Bq/L de  $^3\text{H}$ . A la connaissance de l'IRSN, les prélèvements effectués dans la nappe phréatique située sous le bâtiment STE n'ont pas mis en évidence de contamination.

# ANCIEN SURGENERATEUR SUPERPHENIX A CREYS-MALVILLE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site de Creys-Malville, situé à une cinquantaine de kilomètres à l'est de Lyon et à 9 kilomètres au nord de Morestel, occupe une superficie de 170 hectares. Il avait pour vocation la production d'électricité. Le site comporte 2 installations nucléaires de base (INB) exploitées par EDF :

- un réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium (INB n°91 - Superphénix), en démantèlement (décret de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement complet n°2006-321 du 20 mars 2006),
- un atelier pour l'entreposage du combustible du réacteur Superphénix (INB n°141 - APEC), en exploitation.

## Radionucléides présents dans les installations

Lors des opérations de démantèlement de l'INB n°91 et l'exploitation de l'INB n°141, différents radionucléides sont manipulés. Il s'agit principalement :

- des isotopes de l'uranium, du plutonium et des autres transuraniens contenus dans les assemblages combustibles entreposés dans la piscine de l'APEC,
- du tritium, produit au cours du fonctionnement du réacteur,
- des produits d'activation ( $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ...) et des produits de fission ( $^{137}\text{Cs}$ ...), émetteurs  $\beta\gamma$ , susceptibles d'être relâchés pendant les opérations de démantèlement du réacteur.

Les 3 300 tonnes de sodium du circuit primaire de l'INB n°91 contiennent une activité de  $8,7 \cdot 10^{13}$  Bq dont 92% dus au tritium et les 2 200 tonnes de sodium des circuits secondaires et auxiliaires de l'INB n°91 contiennent  $2,7 \cdot 10^{12}$  Bq en tritium.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 3 août 2007 (publié au JO du 26 août 2007) fixe les limites annuelles de rejets du site. Ces limites sont présentées dans les tableaux ci-après.

Rejets radioactifs liquides	Autorisation 2007	Remarques
Tritium	$1,5 \cdot 10^{13}$ Bq*	Provient essentiellement des activités de l'étape 1 du démantèlement de l'INB n°91
Autres émetteurs ( $\beta, \gamma$ )	$3,0 \cdot 10^{10}$ Bq **	Provient essentiellement des activités des étapes 1 et 2 du démantèlement de l'INB n°91

\* Au-delà de 10 ans à compter de la parution de l'arrêté, la limite annuelle deviendra  $1,0 \cdot 10^{12}$  Bq.

\*\* Au-delà de 18 ans à compter de la parution de l'arrêté, la limite annuelle deviendra  $5,0 \cdot 10^9$  Bq.

Rejets radioactifs gazeux	Autorisation 2007	Remarques
Tritium	$1,0 \cdot 10^{14}$ Bq *	Provient essentiellement des activités de l'étape 1 du démantèlement de l'INB n° 91
Autres émetteurs ( $\beta, \gamma$ )	$1,0 \cdot 10^8$ Bq	

\* Au-delà de 10 ans à compter de la publication de l'arrêté, la limite annuelle deviendra  $2,0 \cdot 10^{12}$  Bq.

Tous les effluents radioactifs liquides sont collectés et envoyés à la station de traitement des effluents (STE), dans laquelle ils sont neutralisés et filtrés avant rejet. Ils sont rejetés dans le Rhône par l'émissaire de rejet principal du site, au point kilométrique (PK) 75,8. Les effluents provenant des opérations de lavage des assemblages en acier du réacteur font l'objet d'un traitement par évaporation avant rejet.

Les effluents radioactifs gazeux sont systématiquement filtrés avant rejet (hormis les effluents uniquement tritiés) et rejetés par deux émissaires de rejets gazeux (cheminées) implantés sur le site de Creys-Malville. Les effluents gazeux uniquement tritiés peuvent être rejetés par un autre émissaire, à condition qu'une mesure de tritium soit réalisée.

L'arrêté du 3 août 2007 fixe notamment des limites de rejets chimiques liquides en sodium pour chaque émissaire de rejet.

Les effluents liquides chimiques sont collectés et rejetés dans le Rhône par deux émissaires de rejet (émissaire principal et émissaire auxiliaire du site).

#### Entreposages anciens de déchets

Il n'y a pas d'entreposage ancien sur le site.

#### Événements principaux liés à des rejets

EDF a déclaré en 2003 et 2006 deux événements de non-respect des conditions de rejet prescrites dans l'arrêté de rejet au cours de rejets d'effluents radioactifs liquides. Les activités rejetées sont restées inférieures aux limites annuelles de rejets.

En 2003, EDF a déclaré un rejet intempestif (5 L) d'un produit chimique (émulseur utilisé couramment par la protection contre l'incendie) dans le Rhône.

## CENTRE CEA DE BRUYERES-LE-CHATEL (INBS)

### Description du site / Nature des activités exercées

Le Centre de Bruyères-le-Châtel du CEA est situé sur les communes de Bruyères-le-Châtel et d'Ollainville dans le département de l'Essonne. Il occupe une superficie de 37,5 hectares. Il a pour missions principales :

- la conception le maintien des capacités des charges nucléaires qui équipent la force de dissuasion française, en s'appuyant sur la simulation,
- la lutte contre la prolifération et le terrorisme nucléaire,
- la surveillance des traités et de l'environnement,
- l'ingénierie et l'assistance à la maîtrise d'ouvrage des installations scientifiques et techniques du CEA.

Les missions du Centre de Bruyères-le-Châtel ont fortement évolué depuis l'arrêt des essais nucléaires et les restructurations qui ont suivi : les phases de production ont laissé place à l'assainissement puis au démantèlement de certaines installations. Par ailleurs, des recherches en radiotoxicologie sont effectuées dans un laboratoire de la direction des sciences du vivant (DSV), hébergé sur le site. Sur ce Centre, le CEA exploite :

- 44 installations à caractère technique d'installations classées pour l'environnement (ICPE), dont 14 relèvent de la rubrique 1715 ;
- 4 installations individuelles à caractère technique d'INB, dont trois, mises en arrêt de production en 1996-97, sont en cours de démantèlement. L'installation en exploitation est un bâtiment d'entreposage, de mesure et de tri de colis de déchets radioactifs.

### Radionucléides présents dans les installations

Les installations individuelles du Centre ont été amenées à produire ou manipuler une très large variété de radionucléides artificiels. Toutefois, les radionucléides prépondérants susceptibles d'être rejetés du fait de leur manipulation en laboratoire, dans des conditions normales de fonctionnement, ou de leur présence dans les effluents, sont en nombre limité. Il s'agit principalement :

- du tritium, à l'état gazeux ou sous forme adsorbée,
- des émetteurs  $\alpha$  (U, Pu, transuraniens Am et Np) qui ont été manipulés dans les laboratoires et qui se trouvent principalement dans les déchets solides,
- des produits de fission, d'activation, et des radioéléments utilisés en médecine utilisés dans le laboratoire de radio-toxicologie.

Il convient toutefois de noter que, compte tenu de l'évolution des activités des installations du Centre, l'inventaire radioactif a très largement diminué depuis une dizaine d'années.

### Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Les autorisations de rejets du Centre de Bruyères-le-Châtel font l'objet de deux arrêtés du 3 mai 1995 (publiés au journal officiel du 12 mai 1995) qui fixent encore aujourd'hui les limites annuelles de rejets du Centre. Ces limites sont présentées dans le tableau ci-après.

Rejets radioactifs gazeux	Autorisation	
Tritium	1850 TBq	Remarque : l'activité volumique ajoutée du tritium à l'air ambiant, au niveau du sol et à 1000 m des cheminées, ne doit pas dépasser 40 Bq par m <sup>3</sup>

Rejets radioactifs liquides	Autorisation	
Tritium	75 GBq	Remarque : l'activité volumique des effluents dans l'ouvrage général de rejets du Centre doit être inférieure à 4 kBq/l pour le tritium
Émetteurs $\alpha$	75 MBq	Remarque : l'activité volumique des effluents dans l'ouvrage général de rejets du Centre doit être inférieure à 0,2 Bq/l
Émetteurs $\beta \gamma$	0,2 GBq	Remarque : l'activité volumique des effluents dans l'ouvrage général de rejets du Centre doit être inférieure à 2 Bq/l
Autres éléments (chimiques)	Be : 750 g Ca : 15 000 kg Fe : 275 kg	Remarque : les concentrations des éléments doivent être inférieures à 0,1 mg/l pour Be, 0,2 g/l pour Ca et 5 mg/l pour Fe

Le Centre de Bruyères-le-Châtel produit très peu d'effluents aqueux moyennement ou fortement radioactifs ; de ce fait, il ne comporte pas de station de traitement des effluents spécifique. Les effluents actifs ou douteux sont recueillis dans des cuves. Lorsque ces cuves d'effluents actifs sont pleines, leur contenu est contrôlé afin de choisir leur lieu de traitement en fonction de leur radioactivité et de leur composition. Les effluents actifs sont pris en charge, soit par l'INB 35 du Centre de Saclay du CEA, soit par l'INB 37 du Centre de Cadarache du CEA. Les cuves d'effluents douteux sont autorisées à être évacuées dans le réseau d'effluents industriels si les résultats des analyses remplissent les conditions définies dans la procédure d'évacuation des cuves d'effluents douteux : l'évacuation dans le réseau des effluents industriels n'est effectuée qu'après accord du service de protection radiologique (SPR). Ces effluents subissent ensuite les traitements liés au réseau des effluents industriels. Dans le cas contraire, le contenu des cuves d'effluents douteux sont évacuées comme les cuves d'effluents actifs.

Le seul gaz radioactif présent dans les effluents gazeux du Centre de Bruyères-le-Châtel est le tritium. Il est rejeté en continu par les cheminées d'une des installations en cours de démantèlement. Lors de l'assainissement des procédés ayant mis en œuvre du tritium, l'essentiel des dégazages de tritium étaient piégés sous forme d'eau tritiée par les unités de détritiation. Compte tenu de l'arrêt des activités nucléaires du Centre, ces unités de détritiation ont toutes été supprimées.

### Entreposages de déchets anciens

Les déchets entreposés sur le Centre de Bruyères-le-Châtel sont dans leur grande majorité de deux types :

- des déchets de type A dont une partie est contaminée par du tritium : ils sont entreposés dans l'installation individuelle dédiée,
- des déchets TFA entreposés sur une aire de transit et l'installation individuelle dédiée.

Il est à noter que les autres installations individuelles entreposent des fûts de déchets issus de leur démantèlement.

### Événements principaux liés à des rejets

Le principal marquage de l'environnement du Centre est lié aux rejets atmosphériques de tritium (dans les eaux de surface et les eaux souterraines par conversion du tritium gazeux en eau tritiée). Les rejets gazeux actuels sont liés de manière prépondérante aux opérations d'assainissement des installations individuelles du Centre.

Très peu d'incidents de rejets dans l'environnement ont été répertoriés. Il est à noter principalement quelques rejets non contrôlés de tritium dans l'atmosphère mais respectant les limites fixées réglementairement (le rejet le plus important des vingt dernières années étant le rejet le 28 avril 1988 de 230 TBq de tritium à la suite du mauvais fonctionnement d'un système de régulation d'un four au cours d'un essai de corrosion), ainsi que les événements suivants :

- le 28 décembre 1978 : rupture d'une canalisation d'eau dans une boîte à gants située dans le bâtiment de recherches en radiochimie, ayant provoqué une inondation avec infiltration d'eau contaminée par de l'américium 241, à la faveur des fissures dans le béton du radier, vers le sous-sol de l'installation, où a été détectée une contamination ponctuelle ; le suivi périodique des eaux de la nappe phréatique, en aval hydraulique de cette installation, n'a révélé à ce jour aucun marquage environnemental ;
- le 23 août 2002 : épandage d'effluents liquides au cours d'un chantier de démantèlement de réseaux d'effluents radioactifs dans une installation individuelle. Cet épandage a conduit à la contamination de la dalle du sous-sol de l'installation. En mesure corrective, le CEA a assaini les surfaces concernées et mis en place un suivi de la contamination de la nappe phréatique au droit de l'installation ; aucun impact environnemental n'a été mis en évidence.

A noter également qu'en octobre 1986, le Centre de Bruyères-le-Châtel a procédé à un lâcher expérimental de 256 TBq de tritium dans le cadre d'un programme international (EURATOM) afin d'étudier le comportement du tritium dans l'environnement et de prévoir les conséquences des rejets accidentels de tritium.

# CENTRE CEA DE CADARACHE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le CEA/Cadarache est l'un des neuf centres de recherche du Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Il occupe une superficie de 1 600 hectares dont 880 hectares enclos et est situé à l'extrémité nord-est du département des Bouches-du Rhône, près du confluent de la Durance et du Verdon, sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance, à 15 km de Manosque, 35 km d'Aix-en-Provence et 60 km de Marseille.

L'établissement CEA de Cadarache dispose de moyens d'études : réacteurs de recherche, laboratoires de fabrication et d'études des combustibles expérimentaux, installations pour le développement des technologies nucléaires associées.

Le CEA exploite sur ce centre :

- 17 installations nucléaires de base (INB) dont il est l'opérateur ;
- 2 installations nucléaires de base (INB) dont l'opérateur industriel est AREVA-NC ;
- 1 installation nucléaire de base secrète (INBS), dont l'opérateur industriel est AREVA-TA ;

Sur ce centre, sont également implantées 38 installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) dont 29 « à caractère nucléaire », détenues par divers exploitants. Ces installations n'étant pas, pour la plupart, suivies par l'IRSN, elles ne sont pas prises en compte dans la présente fiche.

## Radionucléides présents dans les installations

Les installations, réacteurs et laboratoires implantés sur le centre peuvent être amenés à manipuler ou à produire une très large variété de radionucléides. Toutefois, les radionucléides prépondérants susceptibles d'être rejetés du fait de leur manipulation en laboratoire, dans des conditions normales de fonctionnement, ou de leur présence dans les effluents traités dans la station de traitement des effluents liquides, sont en nombre limité. Il s'agit principalement de gaz rares, d'iodes, d'émetteurs  $\beta$  et  $\gamma$ , de tritium et de carbone 14.

Les effluents radioactifs produits contiennent également des émetteurs  $\alpha$  (uranium 234, 235 et 238, américium, plutonium).

Ces installations peuvent également être amenées à utiliser une très large variété d'éléments et de composés chimiques. Les principaux utilisés sont le chlorure d'hydrogène, le mercure, le sodium, le plomb, l'antimoine, le zinc, le fluorure d'hydrogène.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

### *Rejets radioactifs*

Les limites annuelles et les conditions de rejets radioactifs liquides et gazeux sont fixées :

- pour l'exploitation de l'INBS, par l'arrêté ministériel du 5 avril 2006 autorisant la poursuite des rejets d'effluents liquides et gazeux et des prélèvements d'eau ;
- pour l'exploitation de chacune des INB civiles du CEA/Cadarache, par l'arrêté ministériel du 5 avril 2006 autorisant la poursuite de la consommation d'eau, des transferts et rejets d'effluents liquides ainsi que des rejets d'effluents gazeux.

Les limites d'activité annuelle cumulées pour les rejets gazeux des INB civiles du site et de l'INBS de Cadarache sont les suivantes :

Catégories de radionucléides	INB civiles GBq/an	INBS GBq/an
Tritium	$1,76.10^4$	45
Carbone 14	90,1	17
Gaz rares	$11,9.10^4$	$13.10^3$
Iodes	0,46	$1,5.10^{-2}$
Emetteurs Bêta Gamma	0,05	$0,4.10^{-3}$
Emetteurs Alpha	$1,66.10^{-3}$	$3.10^{-5}$

Les effluents liquides radioactifs produits dans les INB du CEA de Cadarache qui ne sont pas directement transférés à la station d'épuration des effluents industriels du centre, sont collectés dans des réservoirs tampons puis transférés à la station de traitement des effluents actifs et des déchets solides (INB n°37-STEDS), pour traitement et décontamination.

Les effluents liquides issus de l'INB n°37 ou ceux directement envoyés à la station d'épuration des effluents industriels du CEA de Cadarache doivent respecter les valeurs limites d'activité annuelles suivantes avant d'être rejetés dans la Durance.

Catégories de radionucléides	INB GBq/an
Tritium	1000
Carbone 14	0,5
Emetteurs Bêta Gamma	1,3
Emetteurs Alpha	0,1

### ***Rejets chimiques gazeux***

Seules l'INB n°25 (RAPSODIE), l'INB n°55 (LECA et STAR) et l'INB n°164 (CEDRA) possèdent une autorisation de rejets atmosphériques chimiques. En 2007, les rejets ont été généralement inférieurs à 1% des autorisations.

### ***Rejets chimiques liquides***

Les effluents industriels et les eaux de refroidissement produits par les INB ne sont transférés à la station d'épuration industrielle du centre qu'après la réalisation d'un contrôle des concentrations des éléments chimiques.

## Entreposages anciens de déchets

Les déchets solides sont essentiellement entreposés dans l'INB n° 56.

L'installation INB n° 56 regroupe :

- une zone de hangars contenant des colis de déchets faiblement irradiants. Ces hangars n'existaient pas à l'origine, ce qui exposait les colis de déchets aux intempéries ; les fûts dégradés ont fait l'objet d'un conditionnement complémentaire ;
- des fosses d'entreposage de colis de déchets irradiants ; l'étanchéité de ces fosses n'est pas garantie ; une contamination de la nappe phréatique est constatée au voisinage de ces fosses ;
- des zones de déchets de faible activité, en vrac ou conditionnés en fûts, entreposés en pleine terre (tranchées) ; ces tranchées (en cours de reprise) ont subi des infiltrations d'eau, ce qui a entraîné une contamination des terres et de la nappe ;
- des piscines d'entreposage d'éléments combustibles irradiés ; à ce jour, les éléments combustibles ont été retirés et traités dans d'autres installations. La vidange de l'eau est prévue au plus tard pour 2012.

Le sous-sol de l'INB n° 56 est donc localement contaminé. Les entreposages correspondants sont en cours de cessation d'exploitation et les déchets entreposés sont transférés progressivement dans la nouvelle installation d'entreposage CEDRA (INB n° 164).

Par ailleurs, dans la zone de l'INB n° 37, il existe un ancien entreposage d'effluents liquides (« vallée des cuves »). Des fuites étant apparues sur certaines cuves vétustes d'entreposage, celles-ci ont été consignées après vidange. Des contaminations locales du sous-sol de cette zone ne sont pas à exclure.

## Événements principaux liés à des rejets

Les événements principaux, ayant eu des conséquences environnementales, sont listés ci-après.

Le 18 août 1977,  $3,7 \cdot 10^8$  Bq de  $^{137}\text{Cs}$  ont été rejetés sous forme d'effluents liquides dans le sol de l'INB n° 56.

Entre décembre 1976 et novembre 1983, l'INB n° 25 (Rapsodie/LDAC) a été à l'origine de 5 rejets intempestifs de gaz de fission, dont l'ordre de grandeur global est de  $10^{12}$  Bq de  $^{85}\text{Kr}$ .

Le 17 octobre 1979, le déversement d'une centaine de litres d'effluents (activité volumique bêta totale  $10,36 \cdot 10^7$  Bq/m<sup>3</sup> et activité volumique de tritium  $4,07 \cdot 10^7$  Bq/m<sup>3</sup>) s'est produit au niveau de l'aire de stationnement de l'INBS d'AREVA TA.

Le 10 avril 1991, à l'INB n° 52, une solution ayant une teneur en uranium de 380 g/L est déversée sur le sol. L'activité surfacique mesurée sur le sol a été de l'ordre de 4 MBq/m<sup>2</sup>.

Le 21 juin 1993, environ 9,4 m<sup>3</sup> d'eau faiblement radioactive ont été rejetés à l'extérieur d'un bâtiment de l'INB n° 37 et ont conduit à des contaminations massiques de 7 Bq/g en émetteurs  $\alpha$  et de 1,6 Bq/g en émetteurs  $\beta\gamma$  dans le réseau des eaux pluviales.

Le 19 juin 1997, une fuite d'un bac d'entreposage d'assemblages de l'INB n° 24 (réacteur Cabri) anciennement utilisé comme bac annexe du réacteur SCARABEE, s'est produite vers la salle des pompes de l'installation et a entraîné une pollution de la nappe phréatique. Des mesures ont montré une valeur maximale de contamination en tritium de 535 Bq/L en 1998. En 2003, cette valeur a diminué jusqu'à 50 Bq/L. Depuis 2004, la contamination est stabilisée à 50 Bq/L.

Le 16 mars 2005, un rejet d'effluents liquides à l'INB n° 37 a eu les conséquences suivantes sur l'environnement :

- une activité volumique du tritium dans le puisard des eaux pluviales de l'ordre de 100 Bq/L ;
- une activité volumique du tritium dans le forage STE2 (qui a été de l'ordre de 5 Bq/L pendant l'année 2004) de 62 Bq/L le 9 juin, de 27,8 Bq/L le 22 juin et de 8 Bq/L le 27 juillet ;
- une activité volumique du tritium dans le forage STE4 non modifiée (de l'ordre de 5 Bq/L) dans les échantillons prélevés après l'incident.

# CENTRE CEA DE FONTENAY-AUX-ROSES

## Description du site / Nature des activités exercées

Le centre du CEA/Fontenay-aux-Roses, situé en zone urbaine à environ cinq kilomètres au sud de Paris, occupe une superficie de 13,8 hectares dans la partie ouest de la commune de Fontenay-aux-Roses, à l'emplacement de l'ancien fort militaire de Chatillon. Les vocations de ce centre ont évolué au cours du temps ; la production de plutonium et de transuraniens n'existe plus, la recherche et le développement sur le traitement des combustibles irradiés ont été arrêtés en 1995. Les activités du centre concernent aujourd'hui la recherche dans les domaines des sciences du vivant (biologie, médecine) et des recherches technologiques. Les installations nucléaires sont actuellement en cours d'assainissement et de démantèlement. Dans ce contexte, il existe aujourd'hui deux installations nucléaires de base (INB) :

- L'INB n°165, dite INB procédé (anciennes INB n°59 et pour partie n°57), en cours d'assainissement et de démantèlement, qui comprend l'ancien laboratoire d'étude des combustibles nucléaires à base de plutonium, du laboratoire de recherches sur le traitement des combustibles nucléaires usés et de locaux dédiés à la gestion des déchets ;
- L'INB n°166, dite INB support (anciennes INB n°34 et n°73 et pour partie n°57) qui assure le traitement et l'entreposage des déchets radioactifs produits par les opérations de démantèlement réalisées sur le centre. Cette INB comprend notamment des entreposages de déchets radioactifs solides de faible et de très faible activité, de déchets hors spécifications ANDRA ou contaminés en radionucléides émetteurs  $\alpha$  à dominante  $^{239}\text{Pu}$ , un entreposage de décroissance de déchets radioactifs solides de moyenne et haute activités, un entreposage d'effluents organiques liquides radioactifs et un entreposage de sources et de matières nucléaires.

Des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) sont également présentes sur le centre ; ces installations n'étant pas suivies par l'IRSN, elles ne sont pas prises en compte dans la présente fiche.

## Radionucléides présents dans les installations

Une très large variété de radionucléides artificiels a été manipulée et est entreposée sur le centre de Fontenay-aux-Roses. Toutefois, les radionucléides prépondérants susceptibles d'être rejetés, dans des conditions normales de fonctionnement, du fait des opérations d'assainissement et de démantèlement réalisées, sont en nombre limité. Il s'agit principalement de produits de fission ( $^{137}\text{Cs}$ ...), émetteurs  $\beta\gamma$ .

Les émetteurs  $\alpha$  (U et Pu majoritairement) se trouvent principalement dans les déchets solides. Des effluents liquides organiques radioactifs, contenant également des émetteurs  $\alpha$ , sont présents dans une cuve d'entreposage de l'installation PETRUS de l'INB n°165 et dans un emballage de type CIRCE de l'INB n°166.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 30 mars 1988 (publié au JO du 8 mai 1988) fixe les limites annuelles dans les rejets gazeux et liquides du centre. Les limites (en Bq) autorisées sont présentées dans le tableau ci-après.

Rejets radioactifs gazeux	Autorisation
Gaz rares	$2 \cdot 10^{13}$ Bq/an
Aérosols $\alpha$	0
Halogènes + aérosols $\beta$	$1 \cdot 10^{10}$ Bq/an

Les effluents radioactifs gazeux sont systématiquement filtrés avant rejet. 9 émissaires de rejets gazeux (cheminées) sont implantés dans les installations nucléaires de base du CEA/Fontenay-aux-Roses (8 pour l'INB support et 5 pour l'INB procédé).

Les limites (en Bq) autorisées sont présentées dans le tableau ci-après.

Rejets radioactifs liquides	Autorisation
Tritium	$2 \cdot 10^{11}$ Bq/an et $10^8$ Bq/m <sup>3</sup>
Émetteurs $\alpha$	$1 \cdot 10^9$ Bq/an et $2 \cdot 10^5$ Bq/m <sup>3</sup>
Émetteurs $\beta\gamma$ autres que le tritium	$4 \cdot 10^{10}$ Bq/an et $2 \cdot 10^6$ Bq/m <sup>3</sup>

Les effluents aqueux radioactifs produits sont collectés et envoyés dans les cuves d'effluents radioactifs existantes (FA, MA et HA) en fonction de leur activité, puis évacués vers les installations de traitement appropriées par citernes ou emballages de transport. Les effluents dits « suspects » sont contrôlés avant rejet dans le réseau départemental d'assainissement des rejets d'eaux usées non domestiques. L'activité volumique ajoutée, calculée après dilution totale dans l'égout collecteur, doit être au maximum, en valeur quotidienne, de 20 000 Bq/m<sup>3</sup> pour les radionucléides autres que le tritium et de 500 000 Bq/m<sup>3</sup> pour le tritium.

L'essentiel des effluents liquides non radioactifs du centre provient des eaux pluviales et des eaux sanitaires.

Les éléments chimiques contenus dans les cuves des laboratoires de recherche et des installations en cours d'assainissement sont contrôlés avant rejet dans le réseau départemental d'assainissement des rejets d'eaux usées non domestiques.

### Entreposages anciens de déchets dans les INB

Un entreposage ancien de déchets radioactifs solides est localisé dans l'INB support (bâtiment 58). Il s'agit de déchets radioactifs de moyenne et haute activité irradiants entreposés dans des « puits » et des « alvéoles ». Les déchets sont en vrac ou conditionnés en fûts ou en emballages divers. Le CEA envisage d'évacuer ces déchets dans un délai inférieur à 10 ans.

Deux entreposages anciens de déchets liquides radioactifs sont également localisés dans les 2 INB (cuve de l'installation PETRUS et emballage CIRCE). Les effluents contenus dans la cuve Petrus sont en cours de reprise. La reprise des effluents contenus dans l'emballage CIRCE devrait débuter en 2008.

### Événements principaux liés à des rejets

- le 2 juillet 1974, fuite des cuves d'effluents de très haute activité de l'installation PETRUS de l'INB n° 57. 4,5 m<sup>3</sup> de solutions (comprenant le liquide répandu et les eaux de rinçage) ont été relevés ;
- le 4 septembre 1981, projection de liquide contaminé (quelques litres) à l'extérieur du bâtiment 18 (de l'INB n° 57) au début du relevage d'une cuve d'effluents de faible activité du bâtiment par camion citerne. La fuite est consécutive à la rupture de la canalisation reliant l'installation au camion (INB n° 57) ; la contamination a concerné quelques m<sup>2</sup> avec des maxima de 1 850 Bq/cm<sup>2</sup> pour les radionucléides émetteurs  $\alpha$  et de 3,7 Bq/cm<sup>2</sup> pour les radionucléides émetteurs  $\beta$  ;
- le 4 novembre 2004, lors d'une opération programmée de rejets d'effluents contenus dans une cuve de l'INB n° 59, écoulement de 200 L d'effluents liquides (activité volumique de 17 Bq/L en tritium et de 0,85 Bq/L en équivalent <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y) dans la terre, dû à l'absence de connexion de la canalisation provenant de la cuve à la canalisation d'eaux usées du fait de travaux de rénovation et de séparation des réseaux des eaux usées et d'eaux pluviales.

# CENTRE CEA DE SACLAY

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site de Saclay, situé en bordure du plateau de Saclay à une vingtaine de kilomètres au sud-ouest de Paris, comprend le CEA/Saclay et, à l'Est de celui-ci, l'installation nucléaire de base (INB) n°29 (CIS-Bio).

Le CEA/Saclay occupe une superficie de 150 hectares. Il a pour vocation la recherche en sciences de la matière, la recherche dans le domaine des technologies et de la santé, la recherche appliquée au nucléaire et la recherche sur l'environnement et la production de radionucléides à des fins médicales. Sur ce centre, le CEA exploite 9 installations nucléaires de base (INB) :

- 2 réacteurs de recherche et d'irradiation : l'INB n° 101 (ORPHEE) et l'INB n° 40 (OSIRIS/ISIS) ;
- 2 installations de traitement des déchets et effluents : l'INB n° 35 (zone de gestion des effluents liquides) et l'INB n° 72 (zone de gestion de déchets radioactifs solides) ;
- 2 laboratoires d'étude : l'INB n° 50 (laboratoire d'étude des combustibles irradiés (LECI et PELECI)) et l'INB n° 49 (laboratoires de haute activité, désormais à l'arrêt définitif) ;
- 1 irradiateur (INB n° 77) et 1 réacteur destiné à l'enseignement mis à l'arrêt définitif (INB n° 18 - ULYSSE).

Sur le CEA/Saclay sont également implantées 83 installations classées pour l'environnement (ICPE) ; ces installations n'étant pas suivies par l'IRSN, elles ne sont pas prises en compte dans la présente fiche. Il faut noter que, dans le dossier de demande d'autorisation de rejets du site présenté en 2006, les rejets gazeux de ces ICPE sont prépondérants, notamment pour le  $^{14}\text{C}$  et le  $^3\text{H}$ .

L'INB n°29, dont l'exploitant nucléaire est aussi le CEA, est utilisée par l'entreprise CIS-Bio pour produire des radionucléides à des fins médicales.

## Radionucléides présents dans les installations

L'ensemble des installations peuvent être amenées à générer ou manipuler une très large variété de radionucléides. Les radionucléides susceptibles d'être rejetés sont essentiellement :

- des émetteurs  $\beta/\gamma$  tels que des produits d'activation ( $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ...) et des produits de fission ( $^{137}\text{Cs}$ ...) ;
- de l'iode, provenant essentiellement de l'INB n°29 et, dans une moindre mesure, d'expérimentations sur des crayons irradiés ;
- du  $^{14}\text{C}$  provenant principalement d'ICPE (laboratoires des molécules marquées pour les recherches en biologie) et, pour une moindre part, des réacteurs expérimentaux, par activation de l'oxygène ;
- des gaz rares tels que l' $^{41}\text{Ar}$  qui provient de l'activation de l'air dans les dispositifs expérimentaux et le  $^{85}\text{Kr}$  issu des expérimentations sur des crayons irradiés réalisées au LECI ;
- des émetteurs  $\alpha$ , tels que l'uranium et le plutonium, provenant des laboratoires ou le radon provenant d'objets radifères entreposés dans l'INB n°72.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Les effluents liquides radioactifs font systématiquement l'objet d'un traitement par évaporation dans l'INB 35 avant rejet. Un seul émissaire de rejet, l'aqueduc des mineurs (ouvrage enterré) relie le CEA/Saclay (étang de Villiers) à l'étang vieux de Saclay. L'eau s'écoule ensuite dans l'étang neuf de Saclay puis vers le ru de Vauhallan qui rejoint la Bièvre puis la Seine.

Les effluents radioactifs gazeux sont systématiquement filtrés avant rejet. 16 émissaires de rejets gazeux (cheminées) sont implantés dans les installations nucléaires de base du site de Saclay.

Deux arrêtés du 21 novembre 1978 (publiés au JO du 27 décembre 1978) fixent encore les limites annuelles de rejets du centre. Le CEA a toutefois présenté en 2007 une demande d'autorisation de rejets (enquête publique en septembre-novembre 2007) en cours d'instruction. Ces limites d'activité annuelle (en Bq/an) sont présentées dans les tableaux ci-après.

Rejets radioactifs liquides	Autorisation 1978	Demande 2007
Tritium	$7,4 \cdot 10^{12}$	$3,5 \cdot 10^{11}$
Émetteurs $\alpha$	$7,4 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^7$
Émetteurs $\beta, \gamma$	$3,7 \cdot 10^{10}$	$1,2 \cdot 10^9$
$^{14}\text{C}$		$1,2 \cdot 10^9$
Iodes		$2,4 \cdot 10^8$

Rejets radioactifs gazeux	Autorisation 1978	Demande 2007
Tritium	$5,6 \cdot 10^{14}$	$1,5 \cdot 10^{14}$
Gaz rares (et)	$7,4 \cdot 10^{14}$	$1,7 \cdot 10^{14}$
$^{14}\text{C}$		$5,2 \cdot 10^{12}$
Iodes	$1,9 \cdot 10^{10}$	$2,4 \cdot 10^9$
Émetteurs $\alpha$	$3,7 \cdot 10^{10}$	$5,1 \cdot 10^6$
Émetteurs $\beta, \gamma$		$4,1 \cdot 10^8$

### Entreposages anciens de déchets

Les entreposages anciens de déchets radioactifs solides sont localisés dans l'INB n°72. On peut noter principalement des entreposages, dans des « puits », de déchets d'éléments combustibles (U, Pu) et de déchets très irradiants ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ), conditionnés en fûts, d'un entreposage d'éléments combustibles sans emploi dans une piscine, l'ensemble se situant dans le bâtiment n°114, et de deux entreposages (massifs en béton) d'éléments combustibles sans emploi, situés dans les bâtiments n°108 et n°116.

Les éléments combustibles sans emploi, entreposés dans la piscine et les massifs, doivent être évacués en priorité, et en tout état de cause, dans un délai de 10 ans. Les autres entreposages feront également l'objet d'opérations d'évacuation dans ce délai mais pourront perdurer au-delà.

Les entreposages anciens de déchets liquides sont localisés dans l'INB n°35. On peut noter principalement une cuve d'entreposages d'effluents organiques contenant du Pu et sept cuves d'entreposage d'effluents liquides aqueux concentrés. Le CEA s'est engagé à traiter ces effluents dans un avenir proche.

### Événements principaux liés à des rejets

Les sols du CEA/Saclay ont fait l'objet de contaminations localisées en  $^{137}\text{Cs}$ , dont l'une a été identifiée comme résultant d'une dispersion due à l'inflammation d'un fût de déchets bitumés en 1977. Pour ce qui concerne l'eau de la nappe des sables de Fontainebleau, un marquage en tritium été mis en évidence. Dans la zone de l'INB n°72, outre le marquage en tritium (une centaine de Bq/L), un marquage en carbone 14 a été mis en évidence au niveau du piézomètre F44. Il pourrait s'agir

d'infiltration d'eau provenant de l'étang de Villiers, mais aussi de l'entreposage en puits de l'INB n° 72. En effet, avant la mise en place en 1995 de la paroi étanche autour du bâtiment n° 114, la présence de niveaux aquifères au contact des ouvrages semi-enterrés avait été détectée. Depuis la réalisation de la paroi étanche, les contrôles effectués par l'exploitant indiquent l'absence d'eau au contact de ces ouvrages.

En 1989, un réservoir du réacteur ISIS (INB n° 40) contenant des résines d'épuration a fui pendant environ un mois. L'activité du tritium dans l'eau pompée sous l'installation était vingt fois plus élevée qu'à l'ordinaire. Après cet incident, l'exploitant a réalisé des contrôles et des travaux sur toutes les capacités pouvant recevoir des effluents, pour s'assurer que toute fuite éventuelle serait décelée et récupérée.

L'installation CIS BIO a connu des rejets gazeux inopinés à plusieurs reprises, mais toujours inférieurs aux limites de rejets :

- du 31 juillet au 04 août 2003 : 48 MBq de  $^{131}\text{I}$ ,
- 7 avril 2003 : 0,8 MBq de  $^{201}\text{Pb}$ ,
- 13 août 2001 : 0,5 MBq de  $^{201}\text{Tl}$  et 4,5 MBq de  $^{201}\text{Pb}$ ,
- 5 novembre 1999 : 0,8 MBq de  $^{201}\text{Pb}$ ,
- du 28 mai au 1<sup>er</sup> juin 1999 : 140 MBq de  $^{131}\text{I}$ .

## CENTRE CEA DE VALDUC (INBS)

### Description du site / Nature des activités exercées

Le Centre de Valduc du CEA, situé en Côte d'or à environ 45 km au nord-est de Dijon, a pour vocation :

- la fabrication et la maintenance des sous-ensembles constituant la partie nucléaire des armes nucléaires des forces armées françaises,
- la gestion des matières nucléaires et le conditionnement des déchets radioactifs de la direction des applications militaires,
- les recherches sur les matériaux nucléaires, la neutronique et la criticité.

Il occupe une propriété de 730 hectares et regroupe au total :

- 17 installations individuelles comprenant des installations de fabrication ou de recherche mettant en œuvre des matériaux radioactifs et de petits réacteurs utilisés comme générateurs de rayonnements ;
- 19 installations à caractère technique d'installation classée pour la protection de l'environnement (ICT-ICPE). La plupart de ces installations ne sont pas suivies par l'IRSN ;
- diverses installations nécessaires au fonctionnement du centre et qui ne présentent pas de risque particulier.

Plus d'une centaine de bâtiments accueillent l'ensemble de ces installations.

Le Centre est divisé en deux zones principales :

- une « zone à protection normale » (ZPN) regroupant sur 170 hectares la plus grande partie des bâtiments du Centre (installations techniques : bâtiments d'administration et de services généraux, magasins, services supports...),
- une « zone à protection renforcée » (ZPR) abritant sur 30 hectares les installations les plus importantes ou les plus sensibles du Centre.

Les installations individuelles regroupent un ensemble de bâtiments abritant :

- des activités de fabrication et de recyclage de pièces en plutonium
- des activités de fabrication de pièces en uranium
- des activités de production d'objets contenant du tritium
- un entreposage de matières nucléaires
- des entreposages de déchets tritiés et de déchets riches en émetteurs alpha
- des petits réacteurs expérimentaux et des ensembles sous-critiques, ainsi que des activités de recherche mettant en œuvre des matériaux radioactifs.

### Radionucléides présents dans les installations

Le radionucléide gazeux susceptible d'être majoritairement rejeté est le tritium mis en œuvre dans les installations dédiées.

Les émetteurs alpha (U, Pu) manipulés dans les installations se présentent principalement sous forme solide.

Par ailleurs, des gaz autres que le tritium et des halogènes (iodes) sont susceptibles d'être rejetés par les installations de recherche et développement qui abritent des réacteurs expérimentaux et des ensembles sous-critiques.

### Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 3 mai 1995 (publié au Journal Officiel du 12 mai 1995) fixe les limites annuelles de rejet du centre.

Rejets radioactifs gazeux	Autorisation (Bq)
Tritium	$1,85 \cdot 10^{15}$
Gaz autres que le tritium	$4 \cdot 10^{13}$
Halogènes gazeux et aérosols	$7,5 \cdot 10^8$
Radioéléments émetteurs $\alpha$	$7,5 \cdot 10^7$

Le Centre de Valduc n'a pas d'autorisation de rejets d'effluents radioactifs liquides (en raison du faible débit des exutoires envisageables). Les effluents liquides provenant des parties nucléaires des installations sont décontaminées jusqu'à atteindre un niveau d'activité radiologique global inférieur à  $0,5 \text{ Bq/m}^3$  et sont ensuite évaporés dans l'atmosphère (les résidus solides constituent des déchets FA envoyés au CSA).

Les rejets de gaz autres que le tritium et les halogènes (iodes) proviennent essentiellement d'un bâtiment abritant des dispositifs expérimentaux.

Les rejets de tritium gazeux proviennent des bâtiments dédiés aux activités sur cette matière.

Tous les bâtiments qui comportent une cheminée de rejet sont susceptibles de rejeter des radioéléments émetteurs  $\alpha$ .

### Entreposages de déchets anciens

Il existe deux niveaux d'entreposage des déchets sur le Centre de Valduc : les entreposages primaires, de courte durée pour lesquels les colis sont en attente d'évacuation vers les installations de traitement ou de stockage et les entreposages secondaires de longue durée dans l'attente de la mise en place d'un exutoire.

Les entreposages primaires sont situés dans les installations productrices ou dans des bâtiments dédiés.

Certains entreposages secondaires contiennent des déchets anciens en attente de filières d'évacuation ou qui vont être repris par des unités de traitement du site.

Actuellement, les entreposages secondaires des déchets  $\alpha$  sont implantés en partie dans des bâtiments dédiés et dans une des installations liées aux activités mettant en œuvre du plutonium.

La majeure partie de ces entreposages seront remplacés par de nouveaux bâtiments nucléaires en cours de construction.

Les entreposages secondaires des déchets tritiés sont implantés dans des installations dédiées et dans l'installation principale dédiée à la fabrication des ensembles contenant du tritium.

### Événements principaux liés à des rejets

Les principaux rejets accidentels de tritium gazeux répertoriés depuis 1978 jusqu'à ce jour concernent l'installation de fabrication des objets contenant du tritium ; une dizaine d'événements sont comptabilisés pour lesquels les rejets s'échelonnent entre 11 TBq (en 2006) et 1165 TBq (en 1978). Il s'agit principalement des événements suivants :

- 25 mai 1978 : rejet de 340 TBq de tritium par la cheminée à la suite d'une fuite d'une boîte à gants au cours d'une opération de récupération de tritium ;

- 22 juin 1978 : rejet de 1165 TBq de tritium par la cheminée à la suite d'une fuite d'eau tritiée dans une boîte à gants au cours d'une opération de vidange ;
- 19 septembre 1978 : rejet de 500 TBq de tritium à la suite d'un incident de fonctionnement au cours d'une opération de décomposition d'eau tritiée pour récupération de tritium gazeux ;
- 2 septembre 1980 : rejet d'environ 200 TBq de tritium à la suite du détachement d'un hublot de visualisation d'une pompe à vide située dans un caisson ;
- 17 mars 1983 : rejet (sur 3 jours) de 185 TBq de tritium en raison du dégazage spontané de la boîte à gants et de l'impossibilité d'utiliser le circuit de détritiation pour des raisons d'incompatibilité de produits chimiques ;
- 26 juin 1983 : rejet de 160 TBq de tritium lors d'une opération d'entretien sur un four d'une boîte à gants de détritiation ;
- 17 novembre 1994 : rejet de 240 TBq de tritium à la suite d'une défaillance d'une machine à souder par faisceau d'électrons ayant entraîné la fuite d'un réservoir de tritium (boîte à gants non relié au circuit de détritiation).

Aucun dépassement des valeurs maximales de rejets autorisées par l'arrêté du 3 mai 1995 n'a été constaté à ce jour.

Il est à noter que, jusqu'en 1994, les effluents issus de la station de traitement biologique des eaux du Centre étaient rejetés, conformément aux autorisations de rejets de l'époque, dans un vallon dénommé la « Combe au Tilleul », situé au sud du Centre. Ces pratiques ont conduit à un marquage de la Combe au Tilleul en Cs, Sr, Pu, Am et U, présents en faibles quantités dans les effluents répandus. A cet égard, le CEA a réalisé des travaux de réhabilitation de la Combe au Tilleul en extrayant une partie des terrains contaminés (ces terrains sont entreposés sur le Centre).

Par ailleurs, de 1968 à 1975, le CEA a procédé au brûlage à l'air libre de déchets tritiés, sur une aire située au Sud du Centre. Ces pratiques ont conduit à une contamination en tritium de l'environnement, y compris de la nappe phréatique. Cette contamination, encore constatée à ce jour, est depuis l'arrêt des opérations de brûlage en phase de diminution liée à la décroissance radioactive du tritium.

# CENTRE CEA DE GRENOBLE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site de Grenoble comprend d'une part l'établissement CEA de Grenoble, objet de la présente fiche, et, à l'ouest de celui-ci, l'institut LAUE-LANGEVIN (ILL) objet de la fiche suivante.

Le centre du CEA/Grenoble est situé au confluent de l'Isère et du Drac, à l'extrémité nord-ouest de la commune de Grenoble. Il occupe une superficie de 66 hectares. Le CEA/Grenoble est aujourd'hui un centre de recherche pluridisciplinaire qui se consacre principalement à la recherche technologique. Celle-ci est orientée vers la microélectronique, les micro et nanotechnologies, pour le développement des applications de la santé et de l'information, et vers les procédés permettant de mettre en œuvre les énergies nouvelles. Ce redéploiement s'accomplit tout en procédant à l'arrêt, à l'assainissement et au démantèlement des installations nucléaires de base (INB) : le projet Passage, entrepris en 2001, sera mené jusqu'au déclassement des INB à l'horizon de 2012.

Cinq installations nucléaires de base (INB) ayant des situations administratives différentes sont présentes sur le centre :

- L'INB n°19 (réacteur expérimental), dénommée Mélusine, en cours de démantèlement et dont le déclassement est prévu en 2009 ;
- L'INB n°20 (réacteur expérimental), dénommée Siloé, en cours de démantèlement ;
- L'INB n°61, laboratoire d'analyse des matériaux actifs (LAMA), en cours d'assainissement ;
- L'INB n°36, station de traitement des effluents et des déchets (STED), en cours d'assainissement. La STED intervient encore en soutien aux opérations de dénucléarisation du centre ;
- L'INB n°79, entreposage de décroissance de déchets de moyenne et haute activité irradiants, actuellement en cours d'exploitation.

Enfin, des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) sont présentes sur le CEA/Grenoble. Ces installations n'étant pas suivies par l'IRSN, elles ne sont pas prises en compte dans la présente fiche.

## Radionucléides présents dans les installations

Dans les installations du centre, une très large variété de radionucléides a été manipulée et entreposée. Toutefois, les radionucléides prépondérants susceptibles d'être rejetés, dans des conditions normales de fonctionnement, du fait des activités et des opérations d'assainissement et de démantèlement réalisées, sont en nombre limité. Il s'agit principalement :

- d'émetteurs  $\beta/\gamma$  (majoritairement  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ...),
- de tritium.

Les émetteurs  $\alpha$  (Pu et Cm majoritairement) se trouvent dans les déchets solides.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté ministériel du 25 mai 2004 fixe les limites de rejets liquides et gazeux du CEA/Grenoble.

Les limites annuelles d'activité (en Bq/an) dont le rejet est autorisé dans les effluents gazeux sont présentées dans le tableau ci-après.

Rejets radioactifs gazeux	STED	LAMA	Mélusine	Siloé
Tritium	-	5.10 <sup>11</sup>	1.10 <sup>11</sup>	2,5.10 <sup>11</sup>
Gaz rares	-	1.10 <sup>11</sup>	-	-
Aérosols $\beta\gamma$	3.10 <sup>6</sup>	1.10 <sup>7</sup>	5.10 <sup>6</sup>	5.10 <sup>7</sup>

Les effluents radioactifs gazeux sont systématiquement filtrés avant rejet.

Les limites annuelles d'activité (en Bq/an) dont le rejet est autorisé dans les effluents liquides sont présentées dans le tableau ci-après.

Rejets radioactifs liquides	STED	LAMA	Mélusine	Siloé
Tritium	8.10 <sup>10</sup>	5.10 <sup>9</sup>	2.10 <sup>9</sup>	1.10 <sup>10</sup>
Autres émetteurs $\beta\gamma$	1.10 <sup>8</sup>	5.10 <sup>7</sup>	5.10 <sup>7</sup>	2.10 <sup>7</sup>
Emetteurs $\alpha$	1.10 <sup>7</sup>	5.10 <sup>6</sup>	5.10 <sup>6</sup>	2.10 <sup>6</sup>

Les effluents liquides radioactifs produits sont collectés et envoyés dans les cuves d'effluents radioactifs existantes, puis évacués vers les installations de traitement appropriées (principalement l'INB n°37 du CEA/Cadarache) par citerne. Les effluents dits « suspects » sont contrôlés avant rejet dans l'égout dit « eaux spéciales » du centre. Cet égout reçoit également les effluents radioactifs rejetés par le réacteur à haut flux de l'Institut LAUE-LANGEVIN (ILL). Cependant, les rejets de l'ILL et du centre ne sont pas effectués simultanément afin de pouvoir comptabiliser l'activité rejetée par chacun des deux sites.

### Entreposages anciens de déchets

Un entreposage ancien de déchets radioactifs solides est localisé dans l'INB n°79. Il s'agit d'un entreposage de décroissance de déchets radioactifs irradiants de moyenne et haute activité. Les déchets sont conditionnés en fûts entreposés dans des « puits ». L'évacuation de ces conteneurs de déchets doit être réalisée au plus tard fin 2010.

### Événements principaux liés à des rejets

#### **Rejets gazeux**

- le 22 avril 1980, rejet non concerté de produits de fission gazeux (2 GBq d'<sup>131</sup>I et 0,5 GBq de <sup>131</sup>Xe) au cours du démantèlement d'un dispositif d'irradiation du LAMA ;
- le 1<sup>er</sup> octobre 1990, des erreurs de manipulation lors d'un prélèvement de tritium ont occasionné un relâchement de 0,4 GBq de tritium à la cheminée du LAMA ;
- le 6 décembre 1991, des erreurs de manipulation lors d'un prélèvement de tritium ont entraîné un relâchement de 150 GBq de tritium à la cheminée du LAMA ;
- le 15 février 1994, suite au démontage d'un barboteur contenant de l'eau tritiée, 0,7 GBq de tritium ont été rejetés à la cheminée du LAMA ;
- le 30 avril 1996, l'évaporation partielle de l'eau tritiée contenue dans une bonbonne due à la déconnexion accidentelle d'une tuyauterie ont occasionné un relâchement de 740 GBq de tritium à la cheminée du LAMA.

Ces rejets n'ont pas conduit à des dépassements des limites fixées dans les arrêtés d'autorisation de rejet alors en vigueur.

### **Rejets liquides**

- entre 1965 et 1972, plusieurs défauts d'étanchéité du bloc piscine de SILOE ont occasionné des contaminations de la nappe phréatique ; l'activité rejetée dans la nappe est due presque exclusivement au tritium ; la fuite d'eau dans la nappe a été estimée à environ  $1\,660\text{ m}^3$  et l'activité rejetée à  $2,7 \cdot 10^{11}\text{ Bq}$  ;
- en 1975, des liquides contaminés se sont répandus au niveau 0 du bâtiment O de la STED par et une partie de ces liquides s'est écoulée par les égouts ;
- en 1986, des défauts d'étanchéité du bloc piscine de SILOE ont occasionné des contaminations de la nappe phréatique ; l'activité rejetée dans la nappe est due presque exclusivement au tritium ; la fuite d'eau dans la nappe a été estimée à environ  $30\text{ m}^3$  et l'activité rejetées à  $2,2 \cdot 10^{10}\text{ Bq}$  ;
- en 1989, un débordement de la piscine du réacteur MELUSINE a conduit à la présence de  $3\text{ m}^3$  d'eau radioactive dans un puisard en béton pendant près de 9 heures. L'activité volumique de cette eau était la suivante : activité  $\alpha$  et  $\beta$  globale (hors tritium) de  $92\text{ Bq/L}$ , activité en tritium de  $1,5 \cdot 10^5\text{ Bq/L}$  et activité en  $^{60}\text{Co}$  de  $44\text{ Bq/L}$ . Compte tenu de la nature du puisard et du temps de séjour de l'eau dans celui-ci, une légère infiltration d'eau contaminée dans les terrains sous-jacents n'est pas à exclure ;
- en octobre 2003, un débordement d'une cuve a entraîné des projections sur une zone localisée du revêtement de la cour, de  $100\text{ cm}^3$  de liquide présentant une activité volumique en  $^{60}\text{Co}$  de  $0,6\text{ MBq/L}$  ; à la suite de cet incident, le CEA a repris une partie du bitume de la cour.

# INSTITUT LAUE-LANGEVIN DE GRENOBLE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site de Grenoble comprend d'une part le CEA/Grenoble, objet de la fiche précédente, et, à l'ouest de celui-ci, l'institut LAUE-LANGEVIN (ILL) objet de la présente fiche.

L'institut LAUE-LANGEVIN (ILL), situé à l'extrémité nord-ouest de la ville de Grenoble, est un organisme de recherche international en sciences et techniques neutroniques. L'ILL exploite l'INB n°67 dénommée réacteur à haut flux (RHF). Ce réacteur de recherche, d'une puissance thermique de 58,3 MW, a pour vocation la production de faisceaux de neutrons thermiques utilisés pour obtenir des informations sur la matière dans différents domaines : biosciences, sciences des matériaux, physique des particules, etc..

## Radionucléides présents dans les installations

Les radionucléides présents dans le RHF sont :

- le tritium dû essentiellement à l'activation de l'eau lourde contenue dans le circuit primaire,
- le carbone 14 dû principalement à l'activation de l'azote 14 contenu dans l'eau du circuit primaire,
- des iodes résultant, d'une part des réactions de fission sur des cibles expérimentales, d'autre part, des sources utilisées pour le contrôle de l'efficacité des pièges à iode,
- des émetteurs  $\beta/\gamma$  tels que des produits de corrosion (cobalt 60 majoritaire) et, dans une moindre mesure, de l'argent 110m, du chrome 51, du cobalt 58,
- des gaz rares : il s'agit essentiellement d'argon 41 provenant du balayage par l'air des tubes d'irradiation lors de leur utilisation.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 3 aout 2007 (publié au JO du 26 aout 2007) fixe les limites annuelles d'activité dans les rejets de l'ILL.

Les limites pour les rejets liquides radioactifs sont présentées dans le tableau ci-après

Catégories de radionucléides	Limite de rejet (Bq/an)
Tritium	$1.10^{12}$
Carbone 14	$1,5.10^9$
Iodes	$1.10^8$
Autres émetteurs bêta/gamma	$1.10^9$

Les effluents radioactifs liquides de l'ILL sont rejetés dans l'Isère, après contrôles, par l'égout dit « eaux spéciales ». Cet égout reçoit également les effluents radioactifs rejetés par le CEA/Grenoble. Cependant, les rejets de l'ILL et du CEA ne sont pas effectués simultanément afin de pouvoir comptabiliser les activités rejetées par chacun des deux sites.

Les limites pour les rejets gazeux radioactifs sont présentées dans le tableau ci-après.

Catégories de radionucléides	Limite de rejet (Bq/an)
Tritium	$7,5.10^{13}$
Gaz rares	$1.10^{13}$
Carbone 14	$2.10^{12}$
Iodes	$1.10^9$
Autres émetteurs bêta/gamma	$1.10^8$

Les effluents radioactifs gazeux sont rejetés par la cheminée « principale » et la cheminée du « bâtiment détritiation ».

### Entreposages anciens de déchets

Selon l'exploitant de l'ILL, aucun entreposage ancien de déchets n'est présent sur le site de l'ILL.

### Événements principaux liés à des rejets

- En 1997, un rejet accidentel d'effluents liquides dans l'Isère s'est produit via l'égout des « eaux spéciales » ; l'activité rejetée a été de 75 GBq de tritium et de 0,25 GBq de cobalt 60.
- Au début de l'année 2000, la perte d'étanchéité d'une canalisation véhiculant du tritium a provoqué un marquage de la nappe phréatique sous le bâtiment du réacteur (des valeurs inhabituelles d'activité en tritium ont été mesurées dans l'eau pompée dans la nappe). La canalisation a été remplacée immédiatement par l'exploitant. Selon les mesures effectuées par l'exploitant, ces valeurs inhabituelles d'activité en tritium ont été observées jusqu'en 2004 (de l'ordre de 20 Bq/L). Depuis 2004, l'activité du tritium dans l'eau pompée sous le bâtiment du réacteur est redevenue semblable à l'activité mesurée avant cet incident (de l'ordre de 10 Bq/L).

# CENTRE DE STOCKAGE DE DECHETS FA/MA DE SOULAINES (ANDRA)

## Description du site / Nature des activités exercées

Le centre de stockage de l'Aube, installation nucléaire de base (INB) n° 149, est situé à l'Est du département de l'Aube près de Soulaines. Il est exploité par l'ANDRA et est destiné au stockage de colis de déchets radioactifs à vie courte<sup>(3)</sup> de faible ou moyenne activité massique. Mis en service en 1992, environ 225 000 m<sup>3</sup> y étaient stockés fin de 2007, soit le quart de sa capacité en volume. Les colis (fûts ou conteneurs métalliques, coques en béton) sont placés dans des casemates en béton de plusieurs milliers de m<sup>3</sup>, fermées après leur remplissage (mise en place de graviers ou de béton entre les colis, selon la nature des conteneurs), puis recouvertes d'un revêtement d'étanchéité, en attendant la mise en place de la couverture qui assurera à long terme l'étanchéité du stockage à l'égard des eaux de pluie.

Les eaux pluviales du site sont rejetées, après contrôle, dans un petit ruisseau, les Noues d'Amance. Les eaux à risque collectées à la base des casemates sont évacuées par un réseau spécifique et sont, après contrôle, soit rejetées dans ce ruisseau en l'absence de contamination, soit envoyées dans des cuves d'entreposage dans le cas d'une contamination, avant d'être évacuées, par camion, vers une station de traitement d'une autre INB.

Sur ce centre, l'ANDRA exploite également un atelier où est effectué un conditionnement complémentaire de certains colis (compactage de fûts métalliques puis conditionnement en fûts ou injection de mortier de remplissage entre les déchets dans les conteneurs métalliques). Cet atelier est muni d'une ventilation nucléaire. Les effluents liquides issus de la presse à compacter sont évacués systématiquement vers les cuves d'entreposage des eaux contaminées. Les autres effluents liquides provenant de cet atelier ainsi que de quelques installations auxiliaires (atelier de mécanique, laboratoire...) sont, après contrôle, soit rejetés dans les Noues d'Amance, soit envoyés dans les cuves d'entreposage des eaux contaminées.

## Radionucléides présents dans les installations

Les principales activités stockées à la fin de 2007 sont les suivantes :

Radionucléide	Activité en GBq
<sup>3</sup> H	5.10 <sup>4</sup>
<sup>60</sup> Co	1.10 <sup>6</sup>
<sup>90</sup> Sr	1,5.10 <sup>5</sup>
<sup>137</sup> Cs	4,3.10 <sup>5</sup>
Total α	7,7.10 <sup>4</sup>

## Autorisation de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 21 août 2006 fixe les conditions de rejets du centre.

Les rejets gazeux autorisés sont ceux de la cheminée de l'atelier de conditionnement des colis ; leur activité est limitée aux valeurs suivantes :

<sup>3</sup> Période radioactive des radionucléides contributeurs principaux de l'activité stockée ≤ 30 ans.

Radionucléide	Activité (GBq/an)
<sup>3</sup> H	50
<sup>14</sup> C	5
Iodes	2 · 10 <sup>-2</sup>
Autres émetteurs βγ	2 · 10 <sup>-4</sup>
Emetteurs α	2 · 10 <sup>-5</sup>

### Rejets liquides

- Eaux à risque : ces eaux d'abord entreposées dans des cuves doivent être évacuées hors de l'installation pour être traitées dans un établissement autorisé. Ces effluents ne représentent qu'un faible volume. Actuellement, une seule évacuation de 18 m<sup>3</sup> d'effluents a eu lieu, en 2004, vers les installations de traitement de l'établissement de la Hague.
- Eaux pluviales : ces eaux peuvent être rejetées dans le ruisseau des Noues d'Amance, sous réserve de respecter les limites suivantes :

Radionucléide	Activité (GBq/an)
<sup>3</sup> H	5
<sup>14</sup> C	0,12
Autres émetteurs βγ	0,1
Emetteurs α	0,4 GBq/an

ainsi que des limites de concentration concernant les paramètres suivants : matières en suspension, « demandes chimique et biologique » en oxygène (DCO, DBO5), azote global, phosphore global, métaux lourds, hydrocarbures totaux, pH, couleur...

L'autorisation de rejets est assortie de prescriptions relatives aux modalités de contrôle et de surveillance de l'environnement.

### Événements principaux liés à des rejets

Quelques relâchements atmosphériques de <sup>3</sup>H, de <sup>14</sup>C ou d'iodes radioactifs liés au compactage de déchets sont parfois observés à la cheminée de l'atelier de conditionnement, tels les pics de juin et novembre 1995 dont l'origine semble due à la présence d'ampoules de tritium dans les fûts compactés qui ont entraîné un rejet de l'ordre de 10 GBq.

# FBFC A ROMANS-SUR-ISERE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site FBFC de Romans-sur-Isère, situé à 18 km au nord-est de Valence, occupe une superficie d'environ 30 hectares. Deux installations nucléaires de base (l'INB n°63 et l'INB n°98) sont implantées sur ce site. Il existe également, dans l'INB n°63, une installation classée pour la protection de l'environnement non nécessaire au fonctionnement de ces INB (ICPE « cavités »).

L'INB n°63 est dédiée à la fabrication d'assemblages combustibles pour les réacteurs de recherche, pour le compte de la société CERCA (Compagnie pour l'étude et la réalisation de combustibles atomiques). Les combustibles réalisés sont à base d'uranium pouvant être très enrichi en isotope 235, allié à des métaux comme l'aluminium, le silicium et le zirconium.

L'INB n°98 fabrique des assemblages combustibles nucléaires pour les réacteurs à eau (REP et REB) à partir d'oxyde d'uranium enrichi en isotope 235.

L'ICPE « cavités » fabrique des cavités supraconductrices à base de niobium ou de cuivre revêtu de Niobium pour des accélérateurs de particules (CERN). Cette activité est non nucléaire.

## Radionucléides présents dans les installations

La fabrication des combustibles utilise comme substance radioactive l'uranium enrichi à partir d'uranium naturel ou d'uranium issu du traitement de combustibles irradiés. Les enrichissements maximaux en isotope 235 sont respectivement de 5% pour l'INB n°98 et de 93,5% pour l'INB n°63. L'uranium se présente sous différentes formes physico-chimiques (hexafluorure d'uranium, oxyde d'uranium, uranium métal allié à des métaux comme l'aluminium, le silicium et le zirconium).

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

La société FBFC a été autorisée à rejeter des effluents radioactifs liquides et gazeux pour le site de Romans-sur-Isère, par arrêté du 22 juin 2000 (publié au JO du 28 juillet 2000).

### ***Les effluents gazeux***

L'activité annuelle dans les effluents radioactifs gazeux rejetés par les installations nucléaires de base de l'établissement de Romans-sur-Isère ne doit pas dépasser :

- 0,2 GBq pour l'ensemble des isotopes de l'uranium ;
- 0,01 GBq pour les transuraniens ;
- 0,3 GBq pour les produits de fission.

### ***Les effluents liquides***

L'activité dans les effluents liquides rejetés par l'établissement ne doit pas excéder les limites annuelles suivantes :

- 7 GBq pour l'ensemble des isotopes de l'uranium ;
- 0,1 GBq pour les transuraniens ;
- 3 GBq pour les produits de fission.

L'activité volumique de l'uranium et de ses isotopes dans les effluents, après traitement à la station de traitement du site, doit être inférieure à 200 Bq/L.

Les effluents produits sur le site sont collectés par des réseaux séparés : le réseau des eaux de pluie, le réseau des eaux usées (dit aussi réseau des eaux vannes) et le réseau des effluents radioactifs (dit aussi réseau des eaux uranifères).

Les deux premiers déversent les effluents non radioactifs dans le réseau de collecte communal de la ville de Romans-sur-Isère, dont le rejet à l'Isère s'effectue par l'intermédiaire de la station d'épuration de la collectivité.

Le troisième déverse des effluents radioactifs dans l'Isère par l'intermédiaire d'une station de traitement (station Neptune) implantée sur le site. Avant la mise en service du rejet des effluents radioactifs directement à l'Isère (à la fin des années 1990), les effluents uranifères étaient rejetés dans le réseau de collecte de la ville.

### **Entreposages anciens de déchets**

Un entreposage de fluorine en fûts était implanté au sud est du site. La fluorine, qui ne présentait pas de caractère radioactif, a été entièrement évacuée vers le CET de Bellegarde à partir du début des années 2000.

Le site dispose actuellement principalement de deux parcs d'entreposage extérieurs de déchets contaminés provenant des deux INB (un parc couvert et un parc en plein air) et de zones d'entreposage dans les bâtiments. Ces déchets sont divers : déchets solides (métaux, graphite, filtres de ventilation, gravats, cendres, bois...) et des déchets liquides (huiles, porogène, lubrifiants, effluents aqueux, boues...). Ces déchets sont conditionnés en fûts ou en conteneurs. Certains colis sont entreposés depuis le début de la mise en service des INB et leur état est parfois dégradé. Des opérations d'évacuation et de reconditionnement sont en cours.

A fin 2007, l'activité des déchets entreposés sur le site est évaluée à 350 GBq.

### **Evènements principaux liés à des rejets**

- 29 novembre 2004 : la fuite d'une solution d'acide fluorhydrique concentré au niveau de la station de dépotage a occasionné le rejet d'environ 40 litres de solution ; ce rejet est, toutefois, resté limité à la zone.
- 17 juillet 2008 : l'exploitant a découvert une rupture de canalisation de transferts d'effluents liquides uranifères. il estime à environ 260 m<sup>3</sup>, le volume de solution ayant fui sur plusieurs années soit de l'ordre de 180 g d'uranium 235, des hydroxydes d'aluminium, des sulfates et des acétates de sodium. Des investigations sont en cours pour déterminer les zones où de l'uranium est présent dans le sol et pour identifier les transferts éventuels vers la nappe phréatique depuis la zone contaminée. Les premiers résultats disponibles semblent mettre en évidence la présence dans le sol d'uranium naturel, qui pourrait être liée à des activités anciennes de production.

# GANIL A CAEN

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site du GANIL abrite le grand accélérateur national d'ions lourds (GANIL). Situé en Basse-Normandie à la périphérie nord de la ville de Caen, le site occupe une superficie totale de 36 ha sur les trois communes de Caen, Epron et Hérouville-Saint-Clair. Le GANIL est un outil de recherche fondamentale en physique atomique, physique nucléaire et physique de la matière condensée, ainsi qu'en recherche appliquée. Seule une partie du site est classée en tant qu'installation nucléaire de base (INB n° 113). Des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) sont également implantées ; ces installations ne sont pas suivies par l'IRSN.

L'installation comprend deux sources produisant des ions à très basse énergie, deux cyclotrons injecteurs travaillant alternativement pour fournir des faisceaux de basse énergie à deux cyclotrons à secteurs séparés, qui à leur tour délivrent des faisceaux qui viennent impacter, dans des salles d'expérience à moyenne ou haute énergie, des cibles de différentes natures (carbone, fer, tungstène...). Elle comprend également l'installation SPIRAL qui permet de délivrer des faisceaux de noyaux exotiques légers. L'exploitant prévoit d'étendre la gamme de noyaux exotiques pouvant être produits grâce à la construction de la nouvelle installation SPIRAL2, dont la mise en service est prévue en 2012.

## Radionucléides présents dans les installations

La majeure partie de la radioactivité présente dans l'INB n° 113 provient de l'activation des matériels par les faisceaux d'ions circulant dans l'installation ; les matériels concernés sont principalement ceux constituant les lignes de faisceaux.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

A ce jour, l'INB n° 113 ne dispose pas d'une autorisation de rejets d'effluents radioactifs.

Les radioéléments susceptibles d'être rejetés dans les conditions normales d'exploitation sont en quantités limitées ; ils se présentent sous forme gazeuse et contiennent essentiellement des éléments à vie courte ( $^{14}\text{O}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{11}\text{C}$ ...) et du tritium, qui proviennent principalement de l'activation de l'air des casemates.

Néanmoins, le rapport de sûreté présente des quantités annuelles d'effluents gazeux pouvant être rejetées par le GANIL ; celles-ci sont indiquées dans le tableau ci-après.

Rejets radioactifs gazeux	Activité (Bq/an)
Tritium	$8.10^6$
Gaz rares	$7.10^9$
Halogènes	-
Autres ( $^{14,15}\text{O}$ , $^{13}\text{N}$ , $^{11}\text{C}$ et $^7\text{Be}$ )	$6,1.10^{12}$

Les effluents gazeux sont filtrés avant d'être rejetés. Deux émissaires de rejets (cheminées d'extraction) sont présentes sur le site du GANIL.

Dans le cadre de la création de l'installation SPIRAL2, le GANIL s'est engagé à déposer une demande d'autorisation de rejets et de prélèvements d'eau (DARPE) pour l'ensemble du site.

### Entreposages anciens de déchets

Sans objet.

### Événements principaux liés à des rejets

En juin 2004, un incident affectant le circuit de refroidissement d'un dispositif expérimental a entraîné le rejet d'environ 1,7 m<sup>3</sup> d'eaux faiblement radioactives dans les égouts. Selon les mesures effectuées par le GANIL, la radioactivité de l'eau rejetée était de l'ordre de 30 Bq/L, due essentiellement à la présence de <sup>22</sup>Na et <sup>52</sup>Mn.

# IONISOS A DAGNEUX

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site de Dagneux, dans le département de l'Ain, abrite un irradiateur industriel, implanté sur une parcelle de 4 hectares. Cet irradiateur exploité par la société Ionisos, est classé installation nucléaire de base (INB n° 68).

En fonctionnement, une source radioactive scellée de cobalt 60 est utilisée pour irradier des produits (à des fins de stérilisation ou de décontamination bactérienne) se trouve dans une casemate en béton armé. En dehors des phases d'irradiation, la source est immergée dans une piscine, aujourd'hui équipée d'un cuvelage en acier inoxydable.

## Radionucléides présents dans les installations

La seule matière radioactive manipulée est la source de cobalt 60 utilisée.

L'activité maximale de la source de rayonnements gamma de l'INB n° 68 est de  $81,4.10^{15}$  Bq de cobalt 60.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

En fonctionnement normal, cette installation ne produit pas d'effluents radioactifs, et par conséquent elle ne dispose pas d'une autorisation de rejets radioactifs.

En fonctionnement normal, cette installation rejette par contre de l'ozone en faible quantité, provenant de la radiolyse de l'air.

## Entreposages anciens de déchets

Sans objet

## Événements principaux liés à des rejets

Une contamination a été détectée, début août 1994, dans la nappe phréatique du site de Dagneux (de 6 à 26 Bq.L<sup>-1</sup> selon les laboratoires qui ont réalisé les analyses). L'incident a résulté de la défaillance, d'une part de la première barrière de confinement (l'enveloppe des sources radioactives), d'autre part de la seconde barrière de confinement constituée par l'étanchéité de la piscine. Après nettoyage et décontamination de la piscine, un cuvelage métallique a été installé dans la piscine en béton et les valeurs des paramètres physicochimiques de l'eau de la piscine ont été modifiés afin d'éviter la corrosion de l'enveloppe des sources.

# IONISOS A POUZAUGES

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site de Pouzauges, dans le département de la Vendée, abrite un irradiateur industriel, implanté sur une parcelle de 1 hectare. Cet irradiateur, exploité par la société Ionisos, est classé installation nucléaire de base (INB n° 146).

En fonctionnement, une source radioactive scellée de cobalt 60, est utilisée pour irradier des produits (à des fins de stérilisation ou de décontamination bactérienne) se trouve dans une casemate en béton armé. En dehors des phases d'irradiation, la source est immergée dans une piscine, équipée d'un cuvelage en acier inoxydable.

## Radionucléides présents dans les installations

La seule matière radioactive manipulée est la source de cobalt 60 utilisée.

L'activité maximale de la source de rayonnements gamma de l'INB 146 est de  $11,1.10^{16}$  Bq de cobalt 60.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

En fonctionnement normal, cette installation ne produit pas d'effluents radioactifs et, par conséquent, elle ne dispose pas d'une autorisation de rejets.

En fonctionnement normal, cette installation rejette par contre de l'ozone en faible quantité, provenant de la radiolyse de l'air.

## Entreposages anciens de déchets

Sans objet

## Événements principaux liés à des rejets

A la connaissance de l'IRSN, aucun incident n'a conduit à une contamination de l'environnement.

# IONISOS A SABLE-SUR-SARTHE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site de Sablé-sur-Sarthe, dans le département de la Sarthe, abrite un irradiateur industriel, implantée sur une parcelle d'environ 2 000 m<sup>2</sup>. Cet irradiateur, exploité par la société Ionisos, est classé installation nucléaire de base (INB n° 154).

En fonctionnement, une source radioactive scellée de cobalt 60, est utilisée pour irradier des produits (à des fins de stérilisation ou de décontamination bactérienne) se trouve dans une casemate en béton armé. En dehors des phases d'irradiation, la source est immergée dans une piscine, équipée d'un cuvelage en acier inoxydable.

## Radionucléides présents dans les installations

La seule matière radioactive manipulée est la source de cobalt 60 utilisée.

L'activité maximale de la source de rayonnements gamma de l'INB n° 154 est de  $12,95 \cdot 10^{16}$  Bq de cobalt 60.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

En fonctionnement normal, cette installation ne produit pas d'effluents radioactifs et, par conséquent, elle ne dispose pas d'une autorisation de rejets.

En fonctionnement normal, cette installation rejette par contre de l'ozone en faible quantité, provenant de la radiolyse de l'air.

## Entreposages anciens de déchets

Sans objet

## Événements principaux liés à des rejets

A la connaissance de l'IRSN, aucun incident n'a conduit à une contamination de l'environnement.

# ISOTRON A MARSEILLE

## Description du site / Nature des activités exercées

Le site d'Isotron Marseille, dans le département des Bouches du Rhône, abrite un irradiateur industriel, situé sur une parcelle de 5 000 m<sup>2</sup>. Cet irradiateur exploité par la société Isotron, est classé installation nucléaire de base (INB n°147).

En fonctionnement, une source radioactive scellée de cobalt 60, est utilisée pour irradier des produits (à des fins de stérilisation ou de décontamination bactérienne), se trouve dans une casemate en béton armé. En dehors des phases d'irradiation, la source est immergée dans une piscine, équipée d'un cuvelage en acier inoxydable.

## Radionucléides présents dans les installations

La seule matière radioactive manipulée est la source de cobalt 60. L'activité maximale de la source de rayonnements gamma est de  $11,1.10^{16}$  becquerels de cobalt 60.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

En fonctionnement normal, cette installation ne produit pas d'effluents radioactifs et, par conséquent, ne dispose pas d'une autorisation de rejets.

En fonctionnement normal, cette installation rejette de l'ozone en faible quantité, provenant de la radiolyse de l'air.

## Entreposages anciens de déchets

Sans objet.

## Événements principaux liés à des rejets

A la connaissance de l'IRSN, aucun événement n'a conduit à une pollution de l'environnement.

# LURE A ORSAY

## Description du site / Nature des activités exercées

Sur le site de l'université Paris-Sud XI à Orsay, est implanté le laboratoire pour l'utilisation du rayonnement électromagnétique (LURE). Ce laboratoire constitue l'installation nucléaire de base (INB) n°106 qui est exploitée par le Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

L'INB n°106 avait pour vocation la production et l'utilisation de rayonnements électromagnétiques destinés principalement à des recherches fondamentales et appliquées. L'INB n°106 comprend cinq accélérateurs de particules : l'accélérateur linéaire LINAC, les anneaux de stockage ACO, Super ACO et DCI, et le laser à électrons libres CLIO situé dans un hall. L'accélérateur LINAC et les deux anneaux de stockage Super ACO et DCI ont été arrêtés en décembre 2003. L'anneau de stockage ACO a été arrêté en 1998. Seule l'installation CLIO est encore en exploitation.

L'exploitant a prévu de débiter la phase de démantèlement des installations arrêtées précitées à la fin de l'année 2008.

L'exploitant vise à obtenir le déclassement de l'INB n°106 à l'issue de la phase de démantèlement. Seule l'installation CLIO resterait exploitée par le laboratoire de chimie physique (unité mixte du CNRS et de l'université Paris-Sud XI) en tant qu'installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE).

## Radionucléides présents dans les installations

L'activité présente sur le site du LURE provient de l'activation des matériels ayant subi des interactions avec les faisceaux de particules (cible de conversion, section accélératrice, bloc d'arrêt...). Le principal radioélément produit est du  $^{64}\text{Cu}$  qui est généré dans le bloc d'arrêt du faisceau.

## Autorisation de rejets d'effluents radioactifs

Cette installation ne dispose pas d'autorisation de rejets radioactifs.

Les effluents radioactifs gazeux rejetés par l'accélérateur CLIO contiennent des radionucléides de période courte ( $^{13}\text{N}$  de période 10 mn et  $^{15}\text{O}$  de période 2 mn). Le rapport de sûreté du LURE évalue l'activité des gaz radioactifs rejetés en fonctionnement normal par l'installation CLIO à  $9.10^7$  Bq. Ces gaz sont rejetés par l'intermédiaire d'une cheminée d'extraction sans filtration préalable.

## Entreposages anciens de déchets

Sans objet.

## Événements principaux liés à des rejets

En 2004, ont été menées des opérations d'évacuation des PCB (polychlorobiphényles) présents dans l'INB n°106. Une erreur de manutention a entraîné la rupture d'une cuve contenant du PCB et le déversement de 210 litres dans l'entrée camion. L'absorbant immédiatement déversé sur la zone polluée semble avoir empêché le liquide d'atteindre les regards d'évacuation des eaux.

## ANCIEN REACTEUR UNIVERSITAIRE DE STRASBOURG (RUS)

### Description du site / Nature des activités exercées

Le site universitaire de Strasbourg-Nord abrite le réacteur universitaire de Strasbourg (RUS) qui constitue l'installation nucléaire de base (INB) n° 44. L'INB occupe une superficie de 5 000 m<sup>2</sup>. Le RUS est actuellement en fin de phase de démantèlement. Il était utilisé à des fins d'enseignement, de recherche en sciences de la matière et de recherche appliquée nucléaire.

### Radionucléides présents dans les installations

Lors des opérations de démantèlement de l'INB n° 44 divers radionucléides seront manipulés. Il s'agit principalement des produits d'activation suivants :

- tritium (activation du graphite),
- tritium, <sup>133</sup>Ba, <sup>55</sup>Fe (activation du béton),
- <sup>55</sup>Fe, <sup>60</sup>Co... (activation des pièces métalliques).

### Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Cette installation n'a pas d'une autorisation de rejets d'effluents radioactifs.

### Entreposages anciens de déchets

Sans objet.

### Événements principaux liés à des rejets

A la connaissance de l'IRSN, aucun événement n'a conduit à une pollution de l'environnement.

# SICN A VEUREY-VOROIZE

## Description du site / Nature des activités exercées

L'établissement de la société industrielle de combustible nucléaire (SICN) de Veurey-Voroize, créé en 1960 et situé à 12 kilomètres au Nord-Ouest de Grenoble au bord de l'Isère, occupe un terrain d'environ 11 hectares sur lequel est également implantée la société française de détection infrarouge (SOFRADIR).

L'établissement SICN de Veurey-Voroize, comprenant les INB n°65 (usine de fabrication de combustibles nucléaires) et 90 (atelier de pastillage), a eu pour vocation, jusqu'au milieu des années 1980, la mise au point et la fabrication de combustibles nucléaires, à base d'uranium métallique ou d'oxyde d'uranium, notamment pour les filières graphite-gaz, eau lourde et neutrons rapides. Depuis la fin des années 1980 jusqu'au début des années 2000, les activités ont évolué vers la réalisation de prototypes, la fabrication de petites séries de combustibles contenant de l'uranium, le montage et l'instrumentation de dispositifs expérimentaux destinés à des réacteurs de recherche, le développement d'équipements destinés à la fabrication de combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium ainsi que l'usinage de pièces en uranium.

Les exploitations des INB n°65 et 90 ont été arrêtées respectivement en fin d'année 2001 et en juin 2002. L'exploitant a ensuite procédé, jusqu'en 2005, à l'évacuation des matières uranifères et des déchets d'exploitation dans le cadre de la cessation définitive d'exploitation (CDE). Les opérations de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement (MAD/DEM) de ces deux INB sont en cours de réalisation (fin des opérations prévue en 2009).

## Radionucléides présents dans les installations

Les matières radioactives mises en œuvre dans les INB n°65 et 90 sont à base d'uranium pouvant être appauvri, naturel ou enrichi en isotope 235 jusqu'à 5%, 10% ou 93% selon les secteurs de fabrication, à l'exclusion d'uranium issu du retraitement.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Des limites de rejets d'effluents pour ont été fixées l'établissement SICN de Veurey-Voroize par arrêté préfectoral du 28 janvier 1960 qui définit des concentrations maximales dans le milieu récepteur après rejet.

Dans le cadre des opérations de MAD/DEM, les effluents liquides radioactifs (effluents aqueux contaminés par de l'uranium) peuvent provenir des bâtiments nucléaires et avoir pour origines le lavage des sols, les lavabos et les douches, le laboratoire d'analyse et la décontamination des déchets solides. Ces effluents sont traités dans la station de traitement des eaux uranifères de l'établissement avant rejet dans l'Isère. Les effluents radioactifs gazeux sont systématiquement filtrés (par un filtre THE) avant rejet dans l'atmosphère. Sur les dernières années, de l'ordre de quelques MBq d'uranium ont été rejetés annuellement sous forme liquide (dans l'Isère) et de l'ordre de 0,1 MBq d'uranium sous forme gazeuse (valeur proche de la limite de détection).

## Entreposages anciens de déchets

A la connaissance de l'IRSN, il n'a pas été effectué d'entreposage sur des aires extérieures de l'établissement.

Environ 10 000 tonnes (30 700 m<sup>3</sup>) de déchets anciens divers provenant de l'exploitation de l'établissement SICN entre sa création et 1995 sont entreposés dans la décharge contrôlée de Saint-Quentin-sur-Isère (Isère). Ces déchets, qui contiennent des « traces d'uranium », ont, selon l'inventaire ANDRA, une activité correspondant au seuil de détection des appareils de mesure (quelques Bq/g).

### Événements principaux liés à des rejets

L'exploitant a identifié autour de l'aire S6 une zone localisée de contamination en U (voisine de 2 g/kg) en limite Sud du site entre le niveau du sol et celui de la nappe (-3 m).

Par ailleurs, l'exploitant a mis en évidence, dans 2 piézomètres situés à proximité de structures dans lesquelles des matières uranifères étaient présentes, des concentrations en uranium bien supérieures (15 µg/L) au bruit de fond naturel qui est de l'ordre de 4 µg/L.

En outre, il a été constaté la présence d'eau provenant vraisemblablement de la nappe phréatique dans deux puisards d'un bâtiment.

# AREVA-NC A LA HAGUE

## Description du site / Nature des activités exercées

Sur le site de La Hague sont implantés l'établissement AREVA-NC de La Hague et le Centre de stockage de la Manche (CSM) de l'ANDRA. Le CSM fait l'objet de la fiche suivante.

L'établissement AREVA-NC de La Hague, implanté au sommet du plateau de Jobourg, est situé à une vingtaine de kilomètres à l'ouest de Cherbourg, à la pointe du Cotentin. L'ensemble industriel s'étend sur une superficie d'environ 300 hectares.

La vocation de l'établissement de La Hague est de traiter les combustibles nucléaires usés (c'est-à-dire les combustibles sortis des réacteurs de production d'électricité). Ce traitement consiste à séparer l'uranium, le plutonium et les déchets, puis à conditionner ces derniers sous forme stable.

L'établissement de La Hague comprend sept installations nucléaires de base (INB) :

Liste des INB de l'établissement de La Hague		
N°	Nom de l'installation	Situation
33	Usine UP2-400	Procédure dite de cessation définitive d'exploitation - démantèlement (CDE-DEM) en cours
38	STE2 et AT1	
47	ELAN IIB	
80	ATELIER HAO	
116	Usine UP3-A	Usines en fonctionnement
117	Usine UP2-800	
118	STE3	Station de traitement des effluents n° 3

Plusieurs installations de l'établissement sont visées par la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Toutes ces ICPE (plus d'une centaine) sont rattachées au périmètre d'une des INB.

Par ailleurs, des aires extérieures d'entrepôts de déchets relevant de la rubrique 2799 de la nomenclature des ICPE « déchets provenant d'INB » sont situées dans les zones de l'établissement dites Nord-Ouest et Ouest, dans le périmètre de l'INB 38.

## Radionucléides présents dans les installations

Les activités de traitement des combustibles usés dans les différentes usines (UP2-400, UP3-A et UP2-800) manipulent, ou ont manipulé, trois types de substances radioactives qui dépendent des caractéristiques des combustibles traités (nature, taux d'irradiation et temps de refroidissement moyen). Ces trois types de substances sont les suivantes :

- les produits de fission ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ...);
- les isotopes de l'uranium, du plutonium et d'autres transuraniens ( $^{241}\text{Am}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ ...);
- les produits d'activation ( $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ...).

### Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Les autorisations de rejets de l'établissement de La Hague sont fixées par l'arrêté interministériel du 10 janvier 2003 modifié par l'arrêté du 8 janvier 2007 (JO du 10 janvier 2007).

Les limites annuelles des activités rejetées dans les rejets liquides sont présentées ci-dessous :

	Limite (TBq/an)
Tritium	18 500
Iodes radioactifs	2,6
Carbone 14	42 <sup>(1)</sup>
Strontium 90	11 <sup>(2)</sup>
Césium 137	8 <sup>(3)</sup>
Césium 134	0,5
Ruthénium 106	15
Cobalt 60	1,4 <sup>(4)</sup>
Autres émetteurs bêta et gamma	60 <sup>(5)</sup>
Emetteurs alpha	0,14 <sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup> Cette valeur comprend également les rejets gazeux et correspond donc au total du carbone 14 présent dans les effluents liquides et les effluents gazeux

<sup>(2)</sup> La limite est de 1,2 TBq/an pour les rejets courants et de 9,8 TBq/an pour les rejets liés à la mise à l'arrêt définitif et au démantèlement (MAD) et à la reprise des déchets anciens (RCD) (jusqu'en 2015)

<sup>(3)</sup> La limite est de 2 TBq/an pour les rejets courants et de 6 TBq/an pour les rejets MAD et RCD (jusqu'en 2015)

<sup>(4)</sup> La limite est de 0,9 TBq/an pour les rejets courants et de 0,5 TBq/an pour les rejets MAD et RCD (jusqu'en 2015)

<sup>(5)</sup> La limite est de 30 TBq/an pour les rejets courants et de 30 TBq/an pour les rejets MAD et RCD (jusqu'en 2015)

<sup>(6)</sup> La limite est de 0,07 TBq/an pour les rejets courants et de 0,07 TBq/an pour les rejets MAD et RCD (jusqu'en 2015)

L'arrêté fixe également des limites pour les rejets chimiques (nitrates, nitrites, soufre, phosphate de tributyle...) associés aux activités de retraitement et de démantèlement du site.

L'activité des effluents radioactifs rejetés dans l'atmosphère sous forme gazeuse ou d'aérosols, par les installations du site ne doit pas excéder les limites annuelles suivantes :

	Limite (en TBq/an)
Tritium	150
Iodes radioactifs	0,018
Gaz rares radioactifs dont krypton 85	470 000
Carbone 14	28
Autres émetteurs bêta et gamma artificiels	0,001
Emetteurs alpha artificiels	0,000 01

Les effluents radioactifs liquides produits par les différents ateliers sont traités dans la station de traitement des effluents (STE3) où ils subissent des traitements chimiques, afin de les décontaminer et de les neutraliser (les traitements varient en fonction de la nature des effluents). Les effluents sont ensuite filtrés et contrôlés, puis rejetés en mer dans le cadre des autorisations en vigueur, par une conduite dont la partie terrestre (souterraine) a une longueur de 2 500 mètres et la partie sous-marine une longueur d'environ 5 000 mètres, permettant d'assurer une très bonne dilution par les courants du « Raz Blanchard ».

Les effluents gazeux radioactifs proviennent de la ventilation des ateliers et des appareils de procédé, notamment des ateliers de cisailage et de dissolution où certains radionucléides contenus dans les combustibles usés sont libérés sous forme gazeuse. La majeure partie de ces effluents est rejetée par des cheminées d'une hauteur de 100 mètres (une pour chacune des usines UP3-A, UP2-800 et UP2-400).

### **Entreposages anciens de déchets**

Les entreposages anciens de déchets de l'établissement de La Hague sont localisés dans les INB suivantes :

- INB 33 : produits de fission provenant de combustibles Uranium Molybdène (UMo) dans l'atelier SPF2, déchets de traitement des eaux de piscine dans l'atelier Décanteur/Dégainage, solvants usés de l'usine UP2-400 dans l'atelier HAPF ;
- INB 38 : déchets de structure dans les silo 115 et 130 et dans le stockage organisé des déchets (SOD), des boues provenant du traitement des effluents dans les silos STE2, déchets technologiques alpha dans le bâtiment 119, déchets technologiques dans la fosse ATTILA, déchets technologiques, de faible et moyenne activité, dans la zone « fosses bétonnées », déchets technologiques, de très faible activité, dans la zone « tranchées pleine-terre » et déchets divers, de très faible activité, résultant de l'incident du 6 janvier 1981 (incendie du silo 130), dans la zone « parcs aux ajoncs » (cf. point 5 ci-après) ;
- INB 80 : déchets de structure de « combustibles eau légère » dans le silo HAO et dans le stockage organisé des coques (SOC) ;
- INB 118 : solvants usés de l'usine UP2-400 dans l'unité MDSA de l'atelier STE3.

Une description des entreposages de déchets anciens présents dans les différentes INB de l'établissement de La Hague est fournie dans le tableau ci-dessous. Les valeurs citées dans ce tableau correspondent à celles recensées au 31 décembre 2007.

INB	Ateliers	Description
33	SPF2	221 m <sup>3</sup> de produits de fission
	Décanteurs/Dégainage	Résines billes (243 m <sup>3</sup> ), résines broyées (64 m <sup>3</sup> ), zéolithes (7 m <sup>3</sup> ), diatomées (11 m <sup>3</sup> ), graphite (37 m <sup>3</sup> )
	HA/PF	125 m <sup>3</sup> de tributyl-phosphate
38	Silo 115	Graphite (487 t), magnésium (51 t), uranium (1,9 t), fils de selles (0,6 t), 49 poubelles de coques, 1 poubelle de déchets technologiques
	Silo 130	Graphite (483 t), magnésium (13,5 t), uranium (0,6 t), fils de selles (0,8 t), selles et pions ATR (14 t), couvercles en aluminium (2 280 unités), 145 t de terres et gravats, eau
	Stockage organisé des déchets (SOD)	124 curseurs (déchets de structure, boue, sable, déchets technologiques...)
	Silos STE2	9 077 m <sup>3</sup> de boues
	Bâtiment 119	2292 fûts de déchets anciens contenant du Pu (pour 7045 fûts entreposés au total)
	Fosse ATTILA	126 poubelles de déchets d'exploitation et de démantèlement des installations
38	Fosses bétonnées (zone nord ouest)	Boues et résidus de reprise des fosses (133 m <sup>3</sup> ) Déchets technologiques entreposés en fosses bétonnées dans les années 1970 (déchets UNGG). La grande majorité des déchets a été reprise en trois campagnes entre 1990 et 2002.
	Tranchées en pleine-terre	Déchets divers sous emballages de vinyle (1600 m <sup>3</sup> ) : matières cellulosiques, matières plastiques et caoutchouc, déchets ferreux mélangés et bois
	Parcs aux ajoncs	Déchets divers : terres (9100 m <sup>3</sup> ), gravats (300 m <sup>3</sup> ), ferrailles (2390 m <sup>3</sup> ) Cet entreposage a été constitué à la suite de l'incident du 6 janvier 1981 (incendie du silo 130). A noter que les boues GR entreposées sur l'annexe du « Parc aux ajoncs » ont été reprises en 2006 (230 m <sup>3</sup> ).
80	Silo HAO	Coques (709 t), embouts (92 t), fines (14 t), résines (38 t), couvercles de curseurs (4 871 unités)
	Stockage organisé des coques (SOC)	6 300 curseurs de coques et embouts (660 t de coques et 76 t d'embouts)
118	STE3 (unité MDSA)	185,5 m <sup>3</sup> de tributyl phosphate, TBP (85%)

Rubrique ICPE 2799 « déchets provenant d'INB »

### Evénements principaux liés à des rejets

Les principaux incidents ayant eu pour conséquence un rejet, sous forme liquide ou gazeuse, à l'extérieur des INB et ayant pu entraîner un marquage radiologique de la nappe phréatique et des ruisseaux environnants (résurgence de nappe ou sédiments des ruisseaux récepteurs des eaux pluviales et usées de l'établissement) sont les suivants :

- 1968 : rejet gazeux de 185 GBq d'iode 131 par la cheminée de l'usine UP2-400 ;
- 1970 : rejet gazeux de 5,9 TBq d'antimoine 125 et d'iode 131 par la cheminée de l'usine UP2-400 ;
- 1978 : fuites liquides provenant de l'ancienne station de traitement des effluents STE2 ; les activités volumiques moyennes maximales mesurées dans la nappe en 2007, dans la zone de l'atelier, sont de 973 Bq/L en tritium, de 11,9 Bq/L en activité bêta et de 0,435 Bq/L en activité alpha ;
- durant les années 1980 : rejets liquides provenant de l'ancienne canalisation des effluents pour rejets en mer ; les activités volumiques moyennes maximales mesurées dans la nappe en 2007, au droit de la zone dite ouest du site, sont de 36,7 Bq/L en activité bêta et de 0,83 Bq/L en activité alpha ;
- 1981 : rejets liquides provenant de la rupture d'une tuyauterie reliant les ateliers HADE et HAPF ; les activités moyennes maximales mesurées dans la nappe en 2007 sont de 79,1 volumiques en tritium et de 3,98 Bq/L en activité bêta ;
- 1981 : rejets gazeux résultant de l'incendie du silo 130 ; l'activité rejetée est due essentiellement au césium 137 et a été estimée entre 0,74 et 1,85 TBq ;
- 1984 : rejets liquides provenant de l'ancienne station de traitement des effluents STE2 ; les activités volumiques moyennes maximales mesurées dans la nappe en 2007 sont de 973 Bq/L en tritium, de 11,9 Bq/L en activité bêta et de 0,435 Bq/L en activité alpha (marquage identique à celui mesuré pour l'incident de 1978 sur la même installation) ;
- 1990 : rejet gazeux de césium 137 par la cheminée de l'installation Elan IIB ; l'activité rejetée a été estimée à 3,1 MBq ;
- 2001 : rejets gazeux de ruthénium 106 et de rhodium 106 par la cheminée des usines UP2-800 et UP3 ; le rejet a été estimé à partir de la mesure effectuée dans la cheminée de première catégorie de l'usine UP2-800 à 11,6 MBq, valeur inférieure d'au moins deux ordres de grandeur à celle estimée à partir des activités observées dans l'environnement.

Il existe des marquages radiologiques de la nappe ou des ruisseaux dus aux entreposages de déchets anciens (cf. fiche descriptive des nappes phréatiques du site de la Hague en annexe 2). C'est le cas, par exemple, du marquage bêta du ruisseau des Landes (dû à la présence d'activité bêta dans la nappe), qui a pour origine l'entreposage des déchets dans les « fosses bétonnées ». La valeur moyenne (en 2007) du marquage bêta a été estimée à 2,8 Bq/L.

Par ailleurs, un marquage en mercure a été détecté dans les sédiments du ruisseau des Combes, lors de la campagne de prélèvements chimiques réalisée en 2005/2006 à l'instigation du Groupe radioécologie Nord Cotentin. Ce marquage proviendrait d'une ancienne décharge dans laquelle des appareils de contrôle (thermomètres au mercure...) auraient pu être jetés (INB 117 et 38). La concentration maximale mesurée dans la nappe en 2007 est de 4,8 µg/L.

# CENTRE DE STOCKAGE DE LA MANCHE A LA HAGUE (ANDRA)

## Description du site / Nature des activités exercées

Sur le site de La Hague sont implanté l'établissement AREVA-NC de La Hague et le Centre de stockage de la Manche (CSM) de l'ANDRA. L'établissement de La Hague fait l'objet de la fiche précédente.

Le centre de stockage de la Manche, qui constitue l'installation nucléaire de base (INB) n° 66, est situé sur la presqu'île du Cotentin, immédiatement à l'Est de l'établissement AREVA-NC de la Hague. Sur ce centre, actuellement exploité par l'ANDRA, ont été mis en stockage, de 1969 à 1994, environ 500 000 m<sup>3</sup> de colis de déchets radioactifs à vie courte<sup>(1)</sup> et de faible ou moyenne activité massique. Les colis de déchets (fûts ou conteneurs métalliques, coques en béton) sont stockés soit dans des casemates en béton, soit sur des radiers en béton. Il y a une quinzaine d'années, une couverture étanche a été mise en place sur le stockage à la fin de la période d'exploitation. Les eaux qui s'infiltrèrent au sein du stockage et ont pu être au contact des colis sont collectées dans un réseau des « eaux à risque » et sont évacuées, après contrôle, par la conduite de rejet en mer de l'établissement de la Hague. Les eaux pluviales sont rejetées, après contrôle, dans la rivière Sainte Hélène.

Ce stockage est rentré, du fait de la publication du décret n° 2003-30 du 10 janvier 2003, dans une phase de surveillance pour une durée d'au moins plusieurs centaines d'années. A noter la présence de colis anciens, mis en place au début de l'exploitation de ce stockage, ne respectant pas les limites d'activité massique actuellement retenues pour les centres de surface et de quantités importantes de plomb (utilisé, à cette époque, dans les colis comme protection biologique). En 1996, le rapport de la commission d'évaluation de ce centre de stockage, sous la présidence de Michel TURPIN, a considéré que « *les inconvénients et les risques d'une opération d'évacuation des déchets [concernés] actuellement stockés sont supérieurs aux inconvénients et risques de stockage* ».

## Radionucléides présents dans les installations

Les principales activités stockées sont les suivantes :

Radionucléide	Activité (GBq)
<sup>3</sup> H	1,3.10 <sup>6</sup>
<sup>60</sup> Co	1,5.10 <sup>7</sup>
<sup>90</sup> Sr	2,6.10 <sup>6</sup>
<sup>137</sup> Cs	1,1.10 <sup>7</sup>
Total α	4,4.10 <sup>5</sup>

## Autorisation de rejets d'effluents radioactifs

L'arrêté du 10 janvier 2003 fixe les conditions de rejets du centre.

### **Rejets gazeux**

Seuls sont autorisés les rejets d'un groupe électrogène de secours dans le respect de limites de teneurs en soufre du carburant utilisé pour l'alimentation de ce groupe. Les émanations diffuses de tritium et de radon issues des déchets font l'objet d'une surveillance.

<sup>(1)</sup> Période radioactive des radionucléides contributeurs principaux de l'activité stockée ≤ 30 ans.

### Rejets liquides

- « Eaux à risque » : ces eaux sont rejetées en mer, via les installations de l'établissement de La Hague dans le respect d'une convention entre AREVA-NC et l'ANDRA et des limites suivantes :

Radionucléide	Activité (GBq/an)
$^3\text{H}$	125
Emetteurs $\beta/\gamma$	0,25
Emetteurs $\alpha$	0,125

- Eaux pluviales : ces eaux peuvent être rejetées dans la rivière Sainte Hélène, sous réserve de respecter des limites d'activité volumique pour le tritium (30 Bq/L en moyenne annuelle et 100 Bq/L en moyenne hebdomadaire) et des limites de concentration pour les substances chimiques suivantes : cadmium, chrome total, mercure, nickel, plomb, bore, cyanure, hydrocarbures aromatiques polycycliques et uranium, ainsi que des limites de teneurs en matières en suspension, en hydrocarbures totaux et de la « demande chimique des eaux en oxygène » (DCO).

Ces autorisations de rejets sont assorties de prescriptions concernant les modalités de contrôle des rejets et de surveillance de l'environnement.

### Evénements principaux liés à des rejets

Certaines particularités d'un stockage doivent être prises en compte, en particulier l'existence de relâchements diffus d'activité hors du stockage, qui correspondent à une situation normale prise en compte dans les études d'impact prévisionnel de ce type de stockage.

Par ailleurs, plusieurs incidents liés à la prise en charge, dans les premières années d'exploitation de ce stockage, de déchets contenant des activités trop élevées de tritium (une grande partie de ces déchets a pu être extraite du stockage), ainsi que des débordements accidentels anciens des eaux contaminées du réseau des « eaux à risque » dans les eaux pluviales, ont contribué à une contamination de la rivière Sainte Hélène et de la nappe. Actuellement, on n'observe plus de traces de cette contamination initiale qu'exceptionnellement.

# SITE NUCLEAIRE DE MARCOULE

## Description du site / Nature des activités exercées

Sur le site de Marcoule sont implantés le CEA/Marcoule, l'usine MELOX, l'usine CENTRACO et le réacteur PHENIX.

Le CEA/Marcoule, créé en 1955, est situé dans le département du Gard (en Languedoc Roussillon) au bord du Rhône ; il occupe une superficie de 278 hectares. Il comprend une INBS (installation nucléaire de base secrète), quatre INB (installations nucléaires de base), des installations de type ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement) et des installations non classées. Ce centre était dédié à l'origine à la production de plutonium et de tritium intéressant la défense nationale. Au fil du temps, ces activités se sont élargies à la recherche et au développement de procédés pour le traitement de combustibles irradiés, à la fabrication de combustibles MOX et au traitement de déchets.

L'INBS est constituée principalement des installations suivantes :

- les ex-réacteurs G1, G2 et G3 de la filière UNGG, en phase de démantèlement ;
- l'usine de traitement de combustibles UP1, et les ateliers de dégainage associés (dégainage G1, dégainage G2/G3, MAR 400), installations arrêtées définitivement et en phase de démantèlement ;
- l'atelier pilote de Marcoule, dédié au traitement des combustibles, en cessation définitive d'exploitation ;
- les installations de traitement et d'entreposage de déchets :
  - o des unités de vitrification des produits de fission (atelier de vitrification de Marcoule AVM, PIVER...),
  - o des unités de traitement des déchets solides (atelier de décontamination de Marcoule, atelier de conditionnement des déchets solides et les entreposages associés (CDS)),
  - o la station de traitement des effluents liquides (STEL) qui collecte et traite les effluents radioactifs avant leur rejet dans le Rhône,
  - o des casemates d'entreposage de déchets bitumés produits par la STEL ;
- des installations d'entreposage complémentaires aux entreposages existant dans les ateliers de dégainage et de traitement de déchets (installation d'entreposage et de conditionnement de déchets alpha, atelier d'entreposage intermédiaire polyvalent) ;
- les installations en support (laboratoire central, installation de surveillance des assemblages irradiés (ISAI)...),
- les deux réacteurs CELESTIN et l'atelier tritium de Marcoule (ATM).

A l'intérieur de la clôture de l'INBS est implantée l'INB n° 148 : l'installation ATALANTE de recherche sur le retraitement des déchets à vie longue.

A proximité de l'INBS du centre CEA/Marcoule sont implantées :

- l'INB n° 71 : le réacteur de démonstration de la filière à neutrons rapides PHENIX, que le CEA exploite en partenariat avec EDF, et la cellule de traitement mécanique associée (désassemblage), ainsi que l'installation de neutronographie utilisant du nitrate d'uranyle ;
- l'INB n° 151 : l'usine de fabrication de combustibles à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium MELOX ;
- l'INB n° 160 : l'usine de traitement de déchets CENTRACO.

## Radionucléides présents dans les installations

Les installations présentes sur le site peuvent être amenées à générer ou mettre en œuvre une très large variété de radionucléides. Les radionucléides prépondérants sont des produits d'activation pour

les réacteurs ( $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{14}\text{C}$ ...), l'uranium, des produits de fission ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ...), des produits de capture et de filiation (Pu et émetteurs  $\alpha$ ) pour les combustibles irradiés, du tritium et des gaz rares.

### Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

Les activités de production, de traitement de combustibles irradiés et de recherches menées conduisent à des rejets d'effluents radioactifs dans le Rhône et à des rejets d'effluents gazeux dans l'atmosphère.

Les limites annuelles de rejets sont fixées par l'arrêté du 18 janvier 2008 (publié au JO du 6 mars 2008) autorisant le CEA/Marcoule à poursuivre les rejets d'effluents liquides et gazeux et les prélèvements d'eau pour l'exploitation de l'INBS. Cette autorisation est transitoire et prévoit la remise d'une nouvelle demande d'autorisation dans un délai d'un an à partir de la publication au JO pour prendre en compte des limites de rejets plus faibles correspondant au juste besoin de l'exploitant.

Les activités présentes dans les effluents radioactifs gazeux et liquides rejetés par les installations de l'INBS ne doivent pas excéder les limites annuelles suivantes :

Gazeux		Liquides	
Catégorie de radionucléides	Activité annuelle autorisée (GBq/an)	Catégorie de radionucléides	Activité annuelle autorisée (TBq/an)
Gaz autres que le tritium	60.10 <sup>6</sup>	Tritium	2 500
Tritium	10.10 <sup>6</sup>	Radioéléments autres que le tritium, le $^{90}\text{Sr}$ et le $^{137}\text{Cs}$	150
Halogènes	150	$^{90}\text{Sr}$	6
Aérosols	80	$^{137}\text{Cs}$	6
Emetteurs $\alpha$	0,4	Emetteurs $\alpha$	0,15

Les quatre INB ont leurs propres autorisations de rejets gazeux et liquides, qui sont présentées ci-après.

INB	Autorisation de rejets gazeux	Autorisation de rejets liquides
PHENIX	400 TBq/an 40 GBq/an pour les halogènes et les aérosols	Pas de rejet direct, les effluents liquides sont envoyés à la STEL de Marcoule
ATALANTE	370 TBq/an $\beta\gamma$ (gaz sauf tritium) 370 GBq/an de tritium 10 GBq/an d'halogènes 3,7 GBq/an pour les aérosols 37 MBq/an d'émetteurs $\alpha$	Pas de rejet direct, les effluents liquides sont envoyés à la STEL de Marcoule
MELOX	2 GBq/an dont 74 MBq/an d'émetteurs $\alpha$	Pas de rejet direct, les effluents liquides sont envoyés à la STEL de Marcoule
CENTRACO	2 000 GBq/an $\beta\gamma$ (gaz sauf tritium) 2 000 GBq/an de tritium 1 GBq/an pour les aérosols 200 kBq/an d'émetteurs $\alpha$	4 GBq/an de $^{137}\text{Cs}$ 26 GBq/an $\beta\gamma$ (sauf le tritium) 10 000 GBq/an de tritium 6 MBq/an d'émetteurs $\alpha$

### Entreposages anciens de déchets

Le tableau ci-après précise les principales caractéristiques des déchets entreposés dans les entreposages anciens du site.

Type de déchets	Lieu d'entreposage	Quantité (au 31/12/2006)	Observations
<b>Déchets <math>\alpha</math></b>	IECDA	690 fûts	Déchets en partie préconditionnés
	UP1	622 fûts	
	APM EDTA	80 fûts	
	CDS	193 colis (coques et fûts)	
	CDS (fosses HA)	9 conteneurs	
<b>Déchets vitrifiés</b>	AVM (fosses)	3 306 conteneurs	y compris conteneurs de déchets technologiques
	APM	217 conteneurs	
<b>Déchets bitumeux</b>	Casemates STEL	≈ 55 000 fûts	Nombreux fûts en mauvais état (reprise en cours) 6 000 fûts reconditionnés et transférés à l'EIP
	CDS - Zone Nord		
<b>Déchets d'exploitation</b>	Dégainage MAR400	≈ 70 tonnes en fosses ≈ 470 tonnes en fosses	Graphite, zéolites, diatomées, boues, résines, sables...
	CDS	≈ 300 colis (fosses STEL) 65 conteneurs (fosses HA) ≈ 1 000 poubelles (fosses Phénix) ≈ 1 600 colis ≈ 150 colis en puits de désactivation 4 tranchées en pleine terre (≈ 12 000 m <sup>3</sup> )	Résines, déchets tritiés, déchets technologiques, de structure, de laboratoire, terres contaminées, gravats...
	ATM	≈ 500 culots de fusion tritiés	
<b>Déchets de structure</b>	Dégainage G1	≈ 61 t en fosse	Gaines Mg
	Dégainage G2/G3	≈ 1161 t en fosses	Gaines Mg, Al, barreau Fer, coques Inox
	MAR 400	≈ 1 275 t en fosses	Gaines Mg, Al, graphite
	APM	129 poubelles	Coques, embouts, fils espaceurs PHENIX
<b>Déchets Graphite</b>	Réacteurs G1/G2/G3	3 600 t	Graphite constituant le cœur des réacteurs en attente de démantèlement

## Événements principaux liés à des rejets

Les fuites et déversements principaux d'effluents radioactifs sont les suivants.

- 1962 : fuite d'une tuyauterie de transfert de solutions de produits de fission entre l'usine UP1 et l'AVM à l'origine d'une contamination du carneau et de 500 m<sup>3</sup> de terres avoisinantes (activité massique d'environ 480 Bq/g de <sup>90</sup>Sr).
- 1964 : fuite de la liaison UP1 - STEL : environ 1 200 m<sup>3</sup> de terres contaminées en <sup>137</sup>Cs (activité massique environ 10<sup>2</sup> Bq/g).
- 1967 : fuite de la liaison Dégainage/STEL : environ 250 m<sup>3</sup> de terres contaminées.
- 1975 : fuite sur le réseau d'égouts actifs : environ 50 m<sup>3</sup> de terres contaminées (activité massique de l'ordre de 5.10<sup>4</sup> Bq/g) par du <sup>106</sup>Ru/Rh et du <sup>137</sup>Cs.
- 1983 : débordement de cuves à l'ADM : environ 250 m<sup>3</sup> de terres contaminées par du <sup>137</sup>Cs (activité massique environ 2.10<sup>2</sup> Bq/g).
- 12 février 1986 : fuite d'une tuyauterie dans un carneau de la STEL. Quelques m<sup>3</sup> de terre contaminée en <sup>137</sup>Cs.
- En 1985 et 1986 : fuites de vannes de la STEL entraînant des contaminations du sol. Environ 300 m<sup>3</sup> présentant une activité massique de <sup>90</sup>Sr et de <sup>137</sup>Cs de 5.10<sup>5</sup> Bq/g à une profondeur de 0,40 m et de 56.10<sup>3</sup> Bq/g à une profondeur de 1,60 m.
- 1993 : détection d'une contamination autour des tranchées de l'atelier CDS, l'activité volumique mesurée dans l'eau du forage 10 est d'environ 5.10<sup>4</sup> Bq/L en  $\alpha$  et en  $\beta$ .
- 1994 : détection d'une contamination du sol dans la zone des puits de désactivation de l'atelier CDS (activité massique comprise entre 18 à 350 Bq/g à une profondeur de 1,50 m), l'activité massique du béton variant de 2 à 750 Bq/g.
- 1995 : mise en évidence de fuites sur les fosses situées au nord des réacteurs G2-G3 : quelques m<sup>3</sup> de terres contaminées par du <sup>137</sup>Cs et du <sup>60</sup>Co (activité massique comprise entre 2.10<sup>3</sup> et 5.10<sup>3</sup> Bq/g).
- 1996 : mise en évidence de fuites sur les fosses de l'atelier CDS à l'origine d'une contamination du sol (activité massique de l'ordre 10<sup>2</sup> Bq/g de <sup>137</sup>Cs).
- Entre 1966 et 1991 : diverses fuites des canalisations de transfert d'effluents liquides depuis le Laboratoire sont à l'origine de la contamination d'environ 250 m<sup>3</sup> de terres.

Les résultats des mesures régulières réalisées par l'IRSN (et avant par l'OPRI) montrent une contamination de la nappe phréatique au Sud du site de Marcoule en tritium et en <sup>90</sup>Sr (valeurs en diminution).

L'activité volumique en tritium a notamment atteint, en 1990, 200 Bq/L dans l'eau de la nappe de la commune de Codolet. Cette contamination est attribuée à une recharge de la nappe superficielle au niveau du site par des infiltrations d'eaux pluviales, chargées en tritium provenant des rejets atmosphériques des installations de production et d'extraction de tritium et aux apports de l'atelier CDS (dégazage des colis de déchets tritiés).

Concernant le <sup>90</sup>Sr, la contamination provient principalement des fuites survenues à la STEL qui est implantée en limite Sud du site. L'exploitant a construit en 1987 une paroi étanche en limite Sud et Est de la STEL et creusé un puits permettant de rabattre la nappe par pompage. Les contrôles qui ont suivi, montrent l'arrêt du transfert de contamination dans la nappe phréatique extérieure au site.

## SITE NUCLEAIRE DU TRICASTIN (HORS CNPE)

### Description du site / Nature des activités exercées

Le site nucléaire du Tricastin est situé dans la vallée du Rhône, dans la plaine de Pierrelatte, entre Montélimar au nord et Orange au sud. Ce site est dédié, d'une part à la production d'électricité (CNPE du Tricastin), d'autre part à la chimie de l'uranium, à l'enrichissement en isotope 235 de l'uranium et aux services associés. Outre le CNPE, décrit dans une fiche séparée, ce site est composé principalement :

- du Centre d'études de la vallée du Rhône (CEA/VALRHO) dont la vocation est la recherche dans le domaine de l'enrichissement de l'uranium,
- d'une installation nucléaire de base secrète (INBS), dont l'exploitant est AREVA-NC,
- de COMURHEX qui assure la conversion de l'uranium extrait des mines sous une forme chimique adaptée (UF<sub>6</sub>) permettant son enrichissement,
- d'AREVA NC qui assure notamment la défluoration de l'UF<sub>6</sub> appauvri en provenance d'EURODIF,
- d'EURODIF : l'usine Georges BESSE qui réalise l'enrichissement de l'uranium naturel en vue de l'élaboration du combustible des CNPE,
- des installations AREVA NC autrefois exploitées par la Société Franco-Belge de Fabrication des combustibles (FBFC) qui fabriquait les équipements nécessaires à la construction des assemblages de combustibles pour les CNPE et qui sont en cours de démantèlement,
- de SOCATRI dont la principale activité est la maintenance de matériels issus d'installations nucléaires et le traitement de surface,
- de la Base Chaude Opérationnelle du Tricastin (BCOT) qui est destiné à des opérations de maintenance et d'entreposage de matériels et d'outillages provenant des réacteurs nucléaires à eau sous pression, à l'exclusion d'éléments combustibles. Les effluents radioactifs liquides de la BCOT (INB n°157), exploitée par EDF, sont pris en charge par le CNPE du Tricastin. Préalablement à chaque transfert d'effluents, l'exploitant vérifie leurs caractéristiques radiologiques. Après traitement, ces effluents en provenance de la BCOT sont rejetés avec les autres effluents du CNPE du Tricastin par le circuit de contrôle et de stockage des effluents liquides avant rejet.

L'INBS de Pierrelatte (AREVA-NC) occupe une superficie d'environ 300 hectares au nord du site du Tricastin. Cet établissement a pour vocation la chimie de l'uranium et comprend 74 installations individuelles à caractère technique d'installation classée pour protection de l'environnement (ICT-ICPE) dont la plupart ne sont pas suivies par l'IRSN. L'INBS abrite également les installations individuelles suivantes :

- les usines de diffusion gazeuse (UDG) en cours de démantèlement ;
- l'usine de recyclage et d'élaboration (URE) qui a pour mission la transformation chimique d'uranium très enrichi et le recyclage de matières uranifères ;
- le Parc P 07 lié aux activités de l'URE ;
- le laboratoire principal qui a pour mission de réaliser les contrôles analytiques pour l'ensemble des unités ;
- les ateliers de maintenance qui ont pour mission de réaliser la maintenance de différents matériels dont les conteneurs transportant de l'uranium ;
- des parcs d'entreposage et de manutention de conteneurs d'uranium constituant 3 installations individuelles ;
- l'atelier de transfert-échantillonnage (TE) qui assure notamment l'échantillonnage et le transvasement de l'UF<sub>6</sub> d'un emballage à un autre ;
- les ateliers de transformation de l'uranium TU3, à l'arrêt, et TU2 qui a pour mission la valorisation du nitrate d'uranyle ;

- deux installations de traitement de déchets : la station de traitement des déchets (STD) et la station de traitement des effluents chimiques (STEC) ;
- le bâtiment diffuseurs qui est dédié au démantèlement des UDG.

Outre l'INBS, le site regroupe également les installations suivantes.

A l'est du site, l'établissement de la société COMURHEX comprend :

- l'INB n°105 constituée d'un atelier de transformation du nitrate d'uranyle en hexafluorure d'uranium UF<sub>6</sub> (qui a effectué sa dernière campagne en 2007), d'un atelier de conversion de l'UF<sub>6</sub> en oxydes d'uranium (à l'arrêt depuis une dizaine d'années) et de parcs d'entreposage ;
- des ICPE traitent la quasi-totalité des matières uranifères et des produits chimiques mis en œuvre sur l'établissement ; ces ICPE ne sont pas suivies par l'IRSN.

Dans la partie sud de l'établissement AREVA NC, l'INB n°155, exploitée par AREVA-NC : elle est constituée de l'installation TU5 (transformation du nitrate d'uranyle en U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) et de l'ICPE W (défluoruration de l'hexafluorure d'uranium).

Au sud du site, l'INB n°93, exploitée par la société EURODIF Production, est constituée d'une usine d'enrichissement isotopique de l'uranium par diffusion gazeuse d'UF<sub>6</sub>, d'un atelier d'alimentation et de soutirage de l'UF<sub>6</sub> assurant l'interface avec l'usine d'enrichissement, d'un atelier de réception, d'expédition et de contrôle de l'UF<sub>6</sub> et de parcs d'entreposage de l'UF<sub>6</sub>. EURODIF exploite également un parc d'entreposage de trifluorure de chlore, ICPE soumise à autorisation.

Au sud de l'INB n°93, l'INB n°138, exploitée par la société SOCATRI, assure la maintenance, la rénovation, l'assainissement, le démantèlement de matériels, le traitement d'effluents uranifères ou industriels issus de ces activités ou d'autres installations du site ainsi que le traitement et le conditionnement de déchets nucléaires, notamment, pour le compte de l'ANDRA, des déchets dits « petits producteurs » issus des hôpitaux et des laboratoires.

Egalement au sud de l'INB n°93, l'INB n°157 (BCOT) exploitée par EDF : ses activités actuelles sont principalement la maintenance d'outillages utilisés par EDF lors des arrêts de tranches des réacteurs à eau pressurisée.

Le site comporte également :

- l'usine FBFC de Pierrelatte, située au nord-ouest du site, qui fabrique des composants d'assemblages combustibles et des sources radioactives scellées ; elle n'est plus classée INB depuis le 22 mai 2003 ;
- l'INB n°168 - Georges Besse II, exploitée par la société SET et destinée à remplacer à terme l'INB 93 ; elle est constituée de deux unités d'enrichissement isotopique de l'uranium par centrifugation d'UF<sub>6</sub> gazeux (situées au sud et au nord de l'INB n°93), d'un atelier de réception, d'expédition et de contrôle de l'UF<sub>6</sub> et d'un laboratoire ; cette installation n'a pas encore reçu, à ce jour, d'autorisation d'exploitation.

Au sud-est du site et à l'extérieur de tout périmètre d'INB, se trouve l'installation TRIADE exploitée par la société STMI. Ses activités sont l'assainissement et l'entreposage de matériels et de déchets faiblement radioactifs, provenant principalement des réacteurs EDF. C'est une ICPE (qui n'est pas suivie par l'IRSN) dont l'arrêté préfectoral date de juin 1993 : il autorise les rejets, dans le contre-canal, d'effluents liquides contenant uniquement des substances chimiques, avec un contrôle continu de l'activité radiologique des effluents. Cette ICPE est installée dans les locaux occupés, de 1961 à la fin des années 80, par l'usine de la SFEC (Société de fabrication d'éléments catalytiques, groupe CEA) : cette usine, ex-INBS, a assuré la fabrication des barrières en céramique pour les usines d'enrichissement par diffusion gazeuse (UDG et EURODIF), la fabrication par voie sèche d'éléments combustibles uranium ainsi que des essais avec du thorium.

### **Radionucléides présents dans les installations**

Les principaux radionucléides susceptibles d'être présents dans les effluents liquides ou gazeux rejetés, du fait de leur manipulation dans les installations dans des conditions normales de fonctionnement, sont :

- l'uranium naturel, l'uranium provenant du traitement de combustibles usés (URT), l'uranium enrichi en isotope 235,

- des transuraniens (émetteurs alpha),
- des produits de fission (émetteurs  $\beta\gamma$ ),
- le tritium,
- le  $^{14}\text{C}$ ,
- des produits d'activation.

L'uranium se présente essentiellement sous forme d'hexafluorure ( $\text{UF}_6$ ), de tétrafluorure ( $\text{UF}_4$ ), d'oxyfluorure ( $\text{UO}_2\text{F}_2$ ) de nitrate d'uranyle et d'oxyde ( $\text{UO}_2$  et  $\text{U}_3\text{O}_8$ ).

Les installations mettent en œuvre des quantités significatives de produits chimiques (fluor, chlore, ammoniac, acide sulfurique, bifluorure acide de potassium, nickel, chrome, bore...) qui se retrouvent dans les effluents liquides et gazeux rejetés (sous forme de fluorures, de chlorures, de nitrates...) et qui sont susceptibles d'être à l'origine de pollutions des sols ou de la nappe en cas de fuite.

### **Autorisations de rejets d'effluents radioactifs**

Les autorisations de rejets sont données par les documents suivants :

- INBS : arrêté du 16 avril 2008 ;
- INB n° 155 : décision de l'ASN n° 2007-DC-0075 du 4 décembre 2007, homologuée par arrêté du 5 février 2008 ;
- INB n° 105 : arrêté du 17 août 2005 et décision ASN n° 2007-DC-0079 du 4 décembre 2007, homologuée par arrêté du 5 février 2008 ;
- ICPE COMURHEX : arrêté préfectoral n° 04-3443 du 22 juillet 2004 ;
- INB n° 138 : décision ASN n° 2007-DC-0077 du 4 décembre 2007 relatives aux rejets des effluents gazeux, homologuée par arrêté du 5 février 2008 ; arrêté du 16 août 2005 relatif aux rejets des effluents liquides ;
- INB n° 93 : arrêté du 16 août 2005 pour les effluents liquides, autorisation limitée pour les isotopes de l'uranium 15 GBq/an, après traitement par SOCATRI, l'activité transférée à SOCATRI étant limitée à 145 GBq/an ;
- INB n° 157 : ne dispose d'aucune autorisation de rejet. Les effluents liquides produits dans l'installation sont transférés par citerne au CNPE du Tricastin ;
- INB n° 87 et 88 : arrêté du 8 juillet 2008 pour les effluents gazeux et liquides.

Tous les rejets liquides s'effectuent dans le canal de Donzère-Mondragon.

### **Entreposages anciens de déchets**

Dans l'INBS, les entreposages anciens de déchets radioactifs sont localisés :

- dans la « butte de stockage » située au nord de l'installation COMURHEX. Dans cette butte, ont été placés 760 tonnes de barrières de diffusion gazeuse contenant quelques tonnes d'uranium, des déchets constitués de filtres de conditionnement ( $46 \text{ m}^3$ ) renfermant des traces d'uranium (moins de 1 kg), de la fluorine ( $14\,000 \text{ m}^3$ ) et  $55 \text{ m}^3$  de boues (contenant du chrome trivalent),
- dans des silos situés dans la partie nord du site ;  $263 \text{ m}^3$  de gravats provenant du pilote d'enrichissement de l'uranium par le procédé chimique CHEMEX y sont entreposés.

La STD de l'INBS abrite également des entreposages de déchets solides et liquides dont certains sont anciens, tels que des huiles et des solvants contaminés par de l'uranium enrichi (entreposage de  $150 \text{ m}^3$ ), ainsi que des cendres provenant du brûlage des huiles et des solvants (cette activité est arrêtée depuis avril 1993).

Par ailleurs, plus d'une dizaine de parcs d'entreposage et de manutention, couverts ou à ciel ouvert, contenant de l'uranium sous toutes ses formes physico-chimiques sont répartis sur le site, notamment dans la zone de COMURHEX où sont entreposés sur une aire bétonnée couverte non-étanche des fûts renfermant des résidus fluorés uranifères, des boues de diuranate de potassium, de l' $\text{UF}_4$ , des résines

échangeuses d'ions, des filtres de ventilation, des déchets technologiques et des matériels volumineux contaminés, contenant ou susceptibles de contenir de l'uranium enrichi à plus de 1% en isotope 235.

### Evènements principaux liés à des rejets

#### **INBS AREVA NC**

Les sols sont contaminés par de l'uranium essentiellement en 3 points : à l'est (zone COMURHEX), au nord et au centre ouest (zone STD) du site. De plus, il existe des marquages en fluorure localisés et non totalement corrélés aux marquages par l'uranium. L'origine de ces contaminations fait actuellement l'objet d'investigations de la part d'AREVA.

Les principaux incidents de fuites et de déversements d'effluents radioactifs survenus dans l'INBS sont les suivants :

- 23 juin 1986 : fuite d' $UF_6$  à la suite d'une perte de confinement au niveau de la liaison conteneur d'émission - circuit de procédé de l'installation TU3 (les prélèvements atmosphériques ont montré une activité alpha de l'air variant de 27 Bq/m<sup>3</sup> à 133 Bq/m<sup>3</sup> dans un rayon de 100 m).
- 5 juillet 1989 : débordement dans l'atelier TU2 d'un conteneur SAFRAP-LR35 à la suite d'une mauvaise surveillance pendant le remplissage (25 m<sup>2</sup> de sol ont été contaminés par du nitrate d'uranyle).
- 4 décembre 1992 : lors du dépotage d'un conteneur LR 35 (SAFRAP), épandage dans l'atelier TU2 de 653 litres d'une solution de nitrate d'uranyle, contenant de l'uranium à 400 g/L enrichi à 1,1% : 435 litres se sont répandus dans la cuvette de rétention placée sous le conteneur SAFRAP et 218 litres (soit 88 kg d'U) se sont répandus sur l'aire goudronnée (30 à 35 m<sup>2</sup>) et ont été traités par épandage de chaux sur l'aire goudronnée avec conditionnement des déchets correspondants.
- 22 novembre 1997 : rupture de confinement d'une cuve annulaire mobile entreposée dans l'atelier de traitement et de récupération (ATR) de l'URE. Epandage d'une solution de nitrate d'uranyle (9 g/L d'uranium enrichi) sur une surface d'environ 40 m<sup>2</sup>. Perte d'environ 230 litres de solution, soit environ 580 g d' $U^{235}$ , vraisemblablement infiltrée (solution très corrosive) à travers les joints des dalles du local (la nappe phréatique est située aux environs de 2,80 mètres sous les dalles).
- 2 avril 2001 : défaillance du système de filtration de la ventilation de l'atelier TU2 ayant conduit à la dispersion d'au maximum 700 g d'uranium dans l'environnement.
- 4 mai 2003 : TU2 : dissémination de nitrate d'uranyle au stockage nord de l'atelier TU2 à la suite d'une fuite au niveau d'une pompe (contamination du revêtement en macadam du sol extérieur).

#### **COMURHEX**

Les incidents répertoriés concernent l'ICPE :

- 4 janvier 1975 : rejet de 87 kg d' $UF_6$  dans l'atmosphère suite à la défaillance du robinet pointeau d'un conteneur en fin de remplissage.
- 1<sup>er</sup> juillet 1977 : rejet de 7 tonnes d' $UF_6$  liquide à l'extérieur suite à l'arrachage du robinet pointeau d'un conteneur contenant 8,8 tonnes d' $UF_6$  liquide en cours de refroidissement.
- de fin 1976 à début 1977 de fortes concentrations en uranium naturel ont été mesurées dans la nappe proche de la zone de la butte de l'INBS.

Par ailleurs, plusieurs incidents ont été liés à des fuites de tuyauteries enterrées de transfert d'effluents reliant différentes installations de l'établissement COMURHEX ou ce dernier à la STEC, notamment les 29 août 1995, 11 avril 1997 (13 m<sup>3</sup> à 70 µg/L) et 10 septembre 2004 (8 m<sup>3</sup> à 160 µg/L)). Le dernier incident de ce type déclaré par COMURHEX date du 3 juin 2008.

D'autres incidents non portés à la connaissance de l'IRSN ont pu se produire sur l'établissement de COMURHEX.

## **EURODIF**

- 10 septembre 1989 : fuite de 400 kg d'UF<sub>6</sub> (270 kg d'U, dont 10 kg à l'extérieur d'un bâtiment annexe).
- Fuites récurrentes du réseau primaire (EC) de refroidissement des échangeurs UF<sub>6</sub>, fonctionnant avec de l'eau borée (tétraborate de potassium). Ces fuites ont entraîné des disséminations de bore dans le sol et dans la nappe ou des rejets d'eau borée dans la Gaffière, soit par le réseau de collecte des fuites raccordé au réseau des eaux pluviales, soit par l'intermédiaire du circuit secondaire (à une pression inférieure à celle du primaire), qui rejette en continu dans la Gaffière (fonctionnement normal). Ainsi, sur la période septembre-octobre 2007, les rejets de bore dans l'environnement ont été de l'ordre de 2,8 tonnes.
- Fuites récurrentes des réseaux de fluides caloporteurs du procédé utilisant le perchloréthylène (PCE) et le trichloréthylène (TCE), à l'origine des marquages du sol et de la nappe en PCE et TCE.

## **SOCATRI**

- Début des années 1990 : fuite d'une cuve, et de la cuvette de rétention associée, contenant une solution de traitement de surface à base de nickel et de chrome, ayant entraîné une forte pollution du sol et de la nappe (plusieurs mg/L de Cr dans la nappe). Des pompages à fort débit dans la nappe, à proximité de la fuite, ont permis de récupérer une partie de la matière (1 500 kg de Cr) ; la zone polluée est sous surveillance continue.
- 7 juillet 2008 : fuite d'une cuve contenant une solution uranifère et de la cuvette de rétention associée, ayant entraîné la dissémination dans le sol et dans les eaux de surface d'environ 70 kg d'uranium.
- Fuites récurrentes (détectées) du réseau de rejet des effluents après traitement dans le canal (réseau KR). Ce réseau, ancien, est enterré, ce qui ne permet pas la détection des petites fuites. Il est en cours de remplacement.

# EADS/SODERN (SOCIETE D'ETUDES ET DE REALISATION NUCLEAIRE) A LIMEIL-BREVANNES (INBS)

## Description du site / Nature des activités exercées

La SODERN est implantée, au sud-est de Paris, sur la commune de Limeil-Brévannes dans l'Essonne. Elle a pour activité principale l'étude, le développement et la fabrication de sources neutroniques nécessaires au fonctionnement des armes nucléaires. A cette activité s'ajoute la fabrication :

- de sources neutroniques utilisées dans des générateurs neutroniques (GN) destinés à des applications industrielles (analyseurs de cru cimentier, analyseurs de charbon, sondes minières...);
- de « cibles neutroniques » utilisées dans des accélérateurs de particules ;
- d'équipements et de systèmes destinés à la détection nucléaire.

Les sources et les cibles neutroniques fabriquées par la SODERN (implantées ou non dans des générateurs neutroniques) sont constituées de disques métalliques sur lesquels est déposée une quantité contrôlée de deutérium ou de tritium. Les sources et les cibles neutroniques fabriquées par la SODERN peuvent contenir de quelques GBq à quelques centaines de GBq de tritium.

## Radionucléides présents dans les installations

Le seul radionucléide manipulé susceptible d'être rejeté dans l'environnement est le tritium, utilisé pour la fabrication des GN.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'INBS SODERN procède à des rejets gazeux de tritium (sous forme de gaz HT ou de vapeur d'eau HTO) et ne procède à aucun rejet liquide. Cependant, l'INBS SODERN ne fait l'objet d'aucune autorisation de rejet d'effluents radioactifs et chimiques gazeux. Elle bénéficie d'une autorisation de détention et d'utilisation de radioéléments artificiels (REA) délivrée par le DSND (autorisation F500003 par lettre DSND/2007-181 du 3 avril 2007). Cette autorisation fixe principalement à :

- 345 TBq la quantité de tritium détenue sous forme de sources scellées,
- 55,5 TBq la quantité de tritium détenue sous forme de sources non scellées,
- 37 GBq la quantité d'américium 241 détenue sous forme de sources scellées.

Par la demande d'autorisation de rejets et de prélèvements d'eau (DARPE) du 4 avril 2002, l'exploitant a sollicité une autorisation de rejets gazeux de tritium de 15 TBq/an. Le dossier DARPE doit être mis à jour dans le cadre de la révision du référentiel de sûreté.

L'activité annuelle de tritium rejetée de 2004 à 2007 est présentée dans le tableau ci-après.

	2004	2005	2006	2007
Activité rejetée (TBq)	1,2	0,86	1,25	0,91

L'INBS SODERN procède au dosage du tritium dans l'eau de pluie et dans l'air.

Les dosages du tritium dans l'eau de pluie sont réalisés en 4 points (4 pluviomètres). En 2007, l'activité volumique maximale enregistrée a été de 14 Bq/l.

Les dosages du tritium dans l'air sont effectués par 2 barboteurs. En 2007, l'activité volumique maximale enregistrée a été de 1,9 Bq/m<sup>3</sup>.

### Entreposages de déchets anciens

L'IRSN n'a pas connaissance d'entreposage de déchets anciens. Les déchets solides (papiers, gants, outillages, pièces métalliques, pompes, déchets technologiques) résultant de l'exploitation de l'installation peuvent être contaminés par du tritium ou activés (moins d'une dizaine de fûts de déchets sont produits annuellement).

### Événement principaux liés à des rejets

Aucun évènement relatif à des rejets anormaux n'est actuellement connu de l'IRSN.

# SOMANU A MAUBEUGE

## Description du site / Nature des activités exercées

L'atelier de maintenance nucléaire de la société SOMANU (INB n° 143) est implanté sur une parcelle d'environ 4,5 hectares de la zone industrielle de Grévaux-les-Guides, située dans la partie ouest de la commune de Maubeuge. Il assure la réparation, l'entretien et l'expertise de matériels contaminés ou activés provenant principalement de réacteurs nucléaires. L'installation possède deux bâtiments « actifs » :

- un bâtiment « atelier », dans lequel sont effectuées les interventions sur les matériels contaminés ou activés,
- un bâtiment d'entreposage de matériels radioactifs dit «bâtiment d'entreposage chaud» (BEC), dans lequel sont placés les matériels en attente de traitement ou d'expédition.

Il convient de mentionner également la présence d'une aire bétonnée dite «dalle extérieure», servant à l'entreposage de conteneurs de transport vides ou contenant des outillages très faiblement contaminés.

## Radionucléides présents dans les installations

Les radionucléides présents dans l'installation sont composés majoritairement de produits d'activation (<sup>58</sup>Co, <sup>60</sup>Co et dans une moindre mesure <sup>54</sup>Mn) avec des traces de produits de fission (<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs...) et de transuraniens.

## Autorisations de rejets d'effluents radioactifs

L'installation ne possède pas d'autorisation de rejets d'effluents gazeux. Les dispositions d'exploitation prévoient l'arrêt immédiat de la ventilation en cas de détection d'une contamination en aval de la dernière barrière de filtration THE (seuil de réglage de la balise : 3 Bq/m<sup>3</sup>).

L'installation ne rejette que des effluents non radioactifs (eaux pluviales, eaux de drainage...) et des effluents douteux (eaux de lavage des sols, de linge...). Les valeurs limites associées sont fixées par l'arrêté du 7 août 1986 publié au Journal Officiel du 28 août 1986 ; ce sont les suivantes :

	Valeur limite
Activité annuelle bêta-gamma (pour les radionucléides autres que le potassium 40 et le radium)	0,4 GBq 1 kBq/L
Activité volumique bêta-gamma	0,4 Bq/L
Activité volumique hebdomadaire moyenne ajoutée calculée après dilution totale des effluents dans la Flamenne	40 Bq/L
Activité volumique du tritium dans la Flamenne en aval du point de rejet	Aucun
Emetteurs alpha	2,5 m <sup>3</sup> /h
Débit de rejet	

Les effluents radioactifs liquides provenant des interventions sur des matériels contaminés ou activés sont évacués vers un autre site (CEA/Saclay) et traités dans une station de traitement d'effluents liquides.

## Entreposages anciens de déchets

Selon SOMANU, il n'y a pas d'entreposage de déchets anciens sur le site.

### Événement principaux liés à des rejets

Le prélèvement d'aérosols effectué du 19 au 20 novembre 2007 par la station de prélèvement sur filtre de l'IRSN, implantée à côté de la station de prélèvement de l'atelier SOMANU, a mis en évidence une faible contamination de l'air par du cobalt 60, voisine de  $1,4 \text{ Bq/m}^3$ . Pour la période considérée :

- les résultats de la station de l'atelier SOMANU sont restés inférieurs à la limite de détection du cobalt 60 (environ  $0,4 \text{ Bq/m}^3$ ),
- l'exploitation de l'installation n'a enregistré aucun problème particulier,
- les stations de prélèvement ne se trouvaient pas sous le vent venant de l'installation.

Les informations disponibles à ce jour ne permettent donc pas d'établir une corrélation entre l'exploitation de l'installation et la faible contamination atmosphérique ponctuelle détectée à proximité de celle-ci. Cette contamination pourrait être due à la remise en suspension d'un « point » de contamination ancien au voisinage de la station de prélèvement de l'IRSN.

## ANNEXE 2 - FICHES DESCRIPTIVES DES NAPPES PHREATIQUES AUTOUR DES SITES NUCLEAIRES

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE BELLEVILLE-SUR-LOIRE

## Contexte hydrogéologique

La nappe phréatique s'écoule dans les alluvions sablo-graveleuses anciennes de la Loire et les Sables de la Puisaye sous-jacents. Ces deux formations, hydrauliquement connectées, forment un seul aquifère. Au droit du bâtiment réacteur 1, l'épaisseur des alluvions anciennes est d'environ 9 m et de 8 m pour les sables. En partie inférieure de l'aquifère, les argiles de Myennes, épaisses d'environ 40 m, présentent une perméabilité nettement plus faible.

Les tranches sont entourées d'une enceinte géotechnique ancrée en moyenne de 0,5 m dans les sables de la Puisaye. Des brèches ont été ouvertes dans l'enceinte pour permettre le passage de conduites. Les brèches ouvertes pour les conduites d'amenée d'eau brute et les conduites reliant l'îlot nucléaire aux réfrigérants ont été refermées par des murs en parpaing. Les tranchées creusées pour ces conduites peuvent néanmoins constituer des zones d'écoulements préférentiels. Par contre peu d'informations sont disponibles concernant la localisation des brèches ouvertes pour les conduites de rejet ; leur étanchéité n'a pas été reconstituée. Par ailleurs, les tranchées creusées pour les conduites peuvent constituer une zone d'écoulement préférentiel.

Au droit du site, en période de basses et moyennes eaux, la nappe est drainée par la Loire et par le ruisseau la Balance qui longe le côté nord-ouest du site, depuis les coteaux vers la Loire. Les écoulements se font du sud vers le nord en basses eaux, et parallèlement au fleuve pendant les moyennes eaux. La nappe présente une direction d'écoulement et des cotes comparables à l'extérieur et à l'intérieur de l'enceinte. Les vitesses d'écoulement sont de l'ordre de 2 m/j à l'intérieur de l'enceinte et varient selon les zones de 1 m/j à 8 m/j en-dehors de l'enceinte géotechnique.

En période de crue, la Loire et le canal d'amenée alimentent la nappe. L'écoulement prend une direction est-ouest. L'enceinte, contournée par le nord et le sud, se remplit par les côtés nord, sud et est, préférentiellement via les brèches. A la décrue, elle se vide par les côtés nord et est. L'enceinte joue un rôle non négligeable mais modéré : elle constitue un obstacle amortissant les variations du niveau de la nappe en cas de variation brutale du débit de la Loire, sans isoler la nappe au droit du site.

Les "cibles" à protéger sont le canal d'amenée, le ruisseau la Balance, la Loire et le captage d'eau du site (au nord du poste 400 000V).

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 5 piézomètres sur le site. EDF dispose en outre de 13 piézomètres complémentaires utilisés pour le suivi piézométrique.

La surveillance réglementaire porte, pour les piézomètres réglementaires, sur :

- l'activité (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ), avec une fréquence de prélèvement mensuelle,
- la chimie (hydrocarbures), avec une fréquence de prélèvement annuelle.

## Résultats de la surveillance

Une contamination de la nappe par du tritium a été observée, à la suite d'une fuite, survenue en 2000, d'une bache de stockage d'effluents vers un puisard associé, lui-même fuyard. Un pompage a été mis en place pour dépolluer la nappe ; ce dispositif a été interrompu en 2004, l'activité du tritium étant proche du seuil de détection. Une surveillance hebdomadaire a été maintenue.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DU BLAYAIS

## Contexte hydrogéologique

Quatre aquifères sont présents sous le site :

- la nappe des graves quaternaires (A1), dont l'épaisseur varie entre 2 m et 12 m, est une nappe captive sous une couche de limons imperméables d'environ 14 m d'épaisseur. Sa perméabilité est importante. Les écoulements semblent converger vers le centre du marais entourant le site : trois crêtes piézométriques sont observées (i) à l'est, où la nappe est alimentée par la nappe des coteaux, (ii) à l'ouest, en bordure de l'estuaire où les écoulements ouest-est pourraient être imputables à une surpression des nappes sous-jacentes, (iii) et au sud ;
- la nappe du sommet de l'Eocène (A2), épaisse d'environ 20 m au droit du site, circule dans plusieurs faciès (sables grossiers, calcaires marneux, argiles), recouverts d'un niveau de marno-calcaire lui conférant un caractère captif. La présence de niveaux marneux rend cette formation semi-perméable ;
- la nappe des sables éocènes (A3) a une épaisseur moyenne de 40 m au droit du site. Elle est captive entre des argiles sableuses de l'Eocène au toit et des argiles noires de l'Eocène inférieur au mur ;
- la nappe du Crétacé (A4) est captive sous les argiles sableuses tertiaires.

Les deux nappes inférieures (A3, A4) sont peu susceptibles d'être atteintes par une contamination, du fait qu'elles sont profondes et en charge par rapport aux nappes A1 et A2.

Le site du Blayais, localisé sur la rive droite de la Gironde, a longtemps été considéré comme un site de bord de mer ; la mer étant l'exutoire de la nappe, l'impact d'une éventuelle pollution serait négligeable du fait d'un effet de dilution extrêmement important. Cependant, les écoulements sont mal connus pour les aquifères A1 et A2, et des éléments (piézométrie avant travaux) montrent que, pour l'aquifère A1, ils pourraient ne pas être dirigés vers la Gironde, d'où la nécessité de conduire des études complémentaires.

Par ailleurs, le recouvrement de limons semble assurer une étanchéité entre la Gironde et les nappes. Cependant les niveaux des nappes sont influencés par la marée.

Une enceinte géotechnique, d'une hauteur totale moyenne de 31 m, est ancrée dans les marno-calcaires du sommet de l'Eocène. Le dispositif est complété par 24 puits filtrants profonds de 31,5 m, disposés à l'intérieur de l'enceinte et évacuant les débits de fuite par la paroi. Les nappes à l'intérieur de l'enceinte (remblais et graves) ne sont pas influencées par la marée. Le faible nombre de piézomètres ne permet pas de connaître les directions d'écoulement. Les niveaux des nappes A1 et A2 diffèrent à l'intérieur et à l'extérieur de l'enceinte, selon les emplacements et selon les saisons.

La faible connaissance des écoulements ne permet pas d'identifier les "cibles" à protéger, de la Gironde ou des marais, vers lesquels semblaient converger les écoulements avant la construction du CNPE.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance comporte actuellement 13 piézomètres. Cinq piézomètres réglementaires atteignent la nappe A1 et sont répartis à l'extérieur (3) et à l'intérieur (2) de l'enceinte. Les piézomètres complémentaires sont répartis entre l'extérieur et l'intérieur de l'enceinte.

Pour les cinq piézomètres réglementaires, la surveillance porte sur les radionucléides (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ) avec une fréquence de prélèvement mensuelle.

## Résultats de la surveillance

En 1988, une canalisation d'amenée d'eau s'est rompue provoquant une inondation de la salle des machines (tranches 3-4) et une contamination de la nappe en chlorures (eau de la Gironde) à l'intérieur

de l'enceinte. A cette occasion, un autre marquage par des chlorures a été décelé à l'extérieur de l'enceinte géotechnique, probablement dû à une fuite de la conduite plusieurs mois avant la rupture.

En 1988, une pollution par du tritium a été découverte à l'occasion de travaux. Une étude en 1999 a conclu (i) à l'absence d'autres radionucléides, (ii) au caractère limité de la zone de contamination qui ne concerne que les premiers mètres de la zone saturée et (iii) à l'identification de la voie de propagation de la pollution (puits et réseau d'eaux pluviales). Une dépollution par pompage était en cours en 2003.

En septembre 1997, une pollution par du tritium a été décelée dans la nappe A1 à l'intérieur de l'enceinte géotechnique. Elle a résulté du déboitement d'une manchette utilisée pour le transfert d'une bâche d'eau d'appoint au circuit primaire.

L'inondation du site provoquée par la tempête de décembre 1999 a entraîné une augmentation des teneurs en chlorures dans la nappe A1 (intérieur et extérieur de l'enceinte géotechnique) et la dilution de la pollution en tritium.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE BUGEY

## Contexte hydrogéologique

Deux aquifères superficiels se trouvent au droit du site.

La nappe des alluvions varie entre 6 m et 10 m d'épaisseur. La perméabilité de la formation est élevée (entre  $3.10^{-3}$  m/s et  $3.10^{-2}$  m/s).

La nappe profonde, dite de la molasse, est en charge de quelques décimètres à plus d'un mètre par rapport au niveau moyen de la nappe superficielle. La molasse atteint une épaisseur d'environ 100 m. L'écoulement de la nappe profonde, mal connu, semble ascendant et dirigé vers le Rhône. La perméabilité de l'aquifère semble faible ( $10^{-7}$  m/s).

Seule la nappe superficielle est susceptible d'être le vecteur d'une contamination accidentelle.

Les remblais, constitués d'alluvions compactées, ont une perméabilité estimée entre  $10^{-4}$  m/s et  $5.10^{-3}$  m/s. Dans certaines zones, des voies privilégiées d'écoulement ont été constatées, résultant probablement d'un entrainement des fines des remblais. La perméabilité peut y être très importante ( $10^{-3}$  m/s à  $10^{-2}$  m/s).

Des enceintes géotechniques sont ancrées dans la molasse et respectivement disposées autour des tranches 1, 2-3, 4-5 et de la station de pompage. Elles présentent de nombreuses brèches localisées pour la plupart dans la partie est. Pendant les travaux, le rabattement était assuré par 20 puits creusés jusqu'aux molasses.

La nappe des alluvions, le plus souvent drainée par le Rhône hors crues, s'écoule du nord-ouest vers le sud-est.

A l'extérieur des enceintes géotechniques, la nappe superficielle s'écoule depuis les terres vers le Rhône, hors période de crue. Le coin nord-ouest de l'enceinte des tranches 4-5 sépare les écoulements : une partie rejoint le Rhône au nord de la centrale, l'autre partie longe la façade ouest des différentes enceintes puis rejoint le Rhône en passant soit entre les enceintes de la tranche 1 et des tranches 2-3, soit au sud de la tranche 1. Le fleuve peut alimenter la nappe pendant les crues très fortes.

Le comportement de la nappe superficielle à l'intérieur des enceintes géotechniques est propre à chaque enceinte. Généralement, le drainage, d'autant plus important que le débit du Rhône est faible, se fait par l'est côté fleuve, principalement par les brèches et un peu à travers ou par-dessous les enceintes. En situation de forte crue, l'écoulement peut s'inverser temporairement. L'écoulement doit contourner les bâtiments lorsqu'ils sont ancrés dans la molasse.

Les vitesses de transfert sont, à l'image des perméabilités observées, très variables selon les zones, de l'ordre de 1 m/j à 40 m/j, et peuvent atteindre localement 100 m/j.

Le Rhône constitue la principale "cible" d'une pollution éventuelle. De nombreux captages d'eau potable existent le long du Rhône à l'aval du site, soit dans la nappe alluviale soit directement dans le Rhône.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comprend 9 piézomètres, répartis à l'extérieur des enceintes ainsi que dans les enceintes des tranches 2-3, des tranches 4-5 et de la station de pompage. EDF dispose de 2 piézomètres complémentaires.

Pour les neuf piézomètres réglementaires, la surveillance porte sur les radionucléides (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ) avec une fréquence de prélèvement mensuelle.

## Résultats de la surveillance

Une contamination de la nappe par du tritium a été observée localement (1 piézomètre) en 1984. Pour y remédier, des fuites de tuyauteries reliant des rétentions ont été traitées.

Une pollution au tétrachlorure de carbone provenant de la zone industrielle à l'amont de la centrale est observée depuis l'été 2000.

En juillet 2008, des hydrocarbures ont été détectés dans le sol (au droit de Bugey 1). Des actions sont en cours.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CATTENOM

## Contexte hydrogéologique

Trois formations aquifères sont présentes au droit du site de Cattenom :

- la nappe du Domérien est une nappe de fissures dans des marnes. Le mur de l'aquifère est constitué par des marnes grises, saines et compactes. La nappe est captive, sous des argiles, et artésienne dans les points bas ; elle est libre dans les zones hautes. Sous le site, la perméabilité de la nappe est estimée à  $10^{-5}$  m/s ;
- la nappe de la plaine alluviale de la Moselle est localisée entre le site (hors emprise actuelle) et la Moselle. La puissance moyenne des alluvions est d'environ 3 m, leur perméabilité globale de  $10^{-3}$  m/s. Le mur de l'aquifère est constitué par un niveau marneux ;
- la nappe de l'Hettangien profonde et captive n'a aucune incidence sur l'hydrogéologie du site.

La construction de la centrale n'a pas nécessité la mise en place d'une enceinte géotechnique. Un système de drainage profond autour des bâtiments permet de les protéger des remontées de la nappe : des remblais perméables le long des bâtiments et en fond de fouilles sont en contact avec les collecteurs drainants. Les eaux prélevées par deux réseaux indépendants (tranches 1-2 et 3-4) sont reprises par des stations de relevage et envoyées dans les bassins d'alimentation et de reprise puis rejetées dans la Moselle.

Un réseau de drainage superficiel recueille les ruissellements pluviaux à la périphérie du site puis les rejette gravitairement dans la Tenche.

La nappe du Domérien se déverse dans la nappe de la plaine alluviale, elle-même drainée par la Moselle. D'un point de vue hydrodynamique, ces aquifères de perméabilités et de puissances différentes ne forment qu'une nappe.

Le site est ceinturé par des collines dessinant le bassin versant du ruisseau de la Tenche, qui rejoint la Moselle.

Au droit du CNPE, une nappe locale, dont l'emprise correspond à la plate-forme actuelle, est limitée par le réseau de drainage. Le transfert d'une pollution ne se ferait donc pas par la nappe mais par les réseaux de drainage profond ou superficiel avant d'être rejeté vers la Moselle ou la Tenche.

A l'aval, la Tenche draine les nappes. A l'ouest, les nappes s'écoulent depuis les collines et sont drainées par les ruisseaux de Warpich et de Koeking jusqu'à la Moselle. A l'est, le Mirgenbach draine les nappes. Au sud le contre-canal en rive gauche de la Moselle est alimenté par la nappe des alluvions à l'amont du barrage de Koenigsmacker puis à l'aval la nappe converge vers la première boucle de la Moselle.

La retenue du Mirgenbach, dont le niveau normal est supérieur à la cote du CNPE, n'alimente pas la nappe au droit du site, sauf le long des canalisations de la liaison SEL (pour un faible débit).

Les "cibles" à protéger sont le Vallon de la Tenche, la Moselle et la plaine alluviale où se trouvent les champs captants de la ville de Cattenom.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 5 piézomètres, dont 3 sur le site. La surveillance porte sur les radionucléides (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ) avec une fréquence de prélèvement mensuelle.

En 2003, à l'issue de l'instruction de la DARPE de Cattenom, l'IRSN relevait que, compte-tenu de l'hydrogéologie du site et du rabattement permanent de la nappe, aucun des cinq piézomètres réglementaires n'était situé en aval hydrogéologique des principales installations susceptibles d'être à l'origine d'un rejet accidentel, et donc à même de détecter une éventuelle contamination de la nappe issue de ces structures. Les évolutions apportées au dispositif de surveillance d'EDF sont examinées dans le cadre de la préparation de la réunion du groupe permanent dédiée à la gestion des effluents.

### Résultats de la surveillance

En avril 2003, puis en décembre 2006, du tritium a été détecté dans la nappe à proximité des réservoirs de stockage d'effluents. En décembre 2006, l'eau du puits N2 contenait 60 Bq/L de tritium. En mars 2007, l'activité volumique mesurée était à 45 Bq/L. L'étanchéité du fond du réservoir a été renforcée à l'automne 2007. La teneur a diminué progressivement depuis les travaux et est désormais inférieure à la limite de détection.

La présence de cuivre et de zinc a été notée dans des puits ne faisant pas partie du réseau de surveillance réglementaire, à proximité des aéroréfrigérants.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CHINON

## Contexte hydrogéologique

Au droit du site, la nappe baigne les alluvions anciennes (sablo-graveleuses et éventuellement argiles cénomaniennes) et les calcaires fracturés. Au sud de la Loire, la nappe est drainée par le fleuve et la Vienne ; au nord, s'écoule la Loire. A l'amont du site, le fleuve alimente la nappe et les écoulements se font dans la direction sud-sud-est/nord-nord-ouest et à l'aval du site, les écoulements se font dans la direction est-ouest.

Les variations importantes du niveau du fleuve (jusqu'à 4 m) influencent la nappe où une montée de 3 m en quelques jours peut être observée lors d'une crue. Les écoulements peuvent alors s'inverser.

La perméabilité, médiocre, de l'aquifère en général diminue avec la profondeur, avec  $2,2 \cdot 10^{-4}$  m/s à  $10^{-3}$  m/s pour les alluvions anciennes, environ  $10^{-11}$  m/s pour une couche argileuse lorsqu'elle est présente, et de  $4 \cdot 10^{-3}$  m/s à  $10^{-6}$  m/s dans les formations calcaires successives. Le mur étanche est constitué par les marnes de l'Oxfordien, à environ 45 m de profondeur.

La vitesse d'écoulement est de l'ordre de 1 m/j à 2 m/j. Cependant l'hétérogénéité des faciès rend difficile la prédiction de la propagation d'une pollution.

Le rabattement de la nappe pour la construction de la centrale a été réalisé par une ceinture de puits filtrants et des rigoles de colature. L'arrêt des pompages a permis à la nappe de retrouver son fonctionnement naturel. La mise en place d'une enceinte géotechnique n'a pas été nécessaire.

En dehors des épisodes de variation rapide du débit de la Loire, la nappe est relativement plate au droit du site, drainée par les canaux d'amenée. En période de montée rapide du niveau de la Loire, l'alimentation de la nappe se fait par le fleuve et par les canaux.

Les "cibles" à protéger sont les canaux d'amenée Chinon A et B, la Loire et les pompages permanents ( $2 \times 35$  m<sup>3</sup>/h) qui alimentent le site en eau potable.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 12 piézomètres. EDF dispose en outre de 4 piézomètres complémentaires mis en place à la suite d'incidents afin d'en suivre les impacts potentiels.

La surveillance réglementaire porte sur :

- les radionucléides (tritium,  $\beta$  global, <sup>40</sup>K) avec une fréquence de prélèvement mensuelle,
- et/ou (selon les points) la qualité chimique, avec une fréquence de prélèvement annuelle.

## Résultats de la surveillance

Des marquages par du tritium, pouvant atteindre quelques centaines de Bq/L, ont été occasionnellement observés dans les eaux de la nappe phréatique immédiatement à l'aval de l'émissaire de rejet d'effluents liquides. Ces marquages sont provoqués par la réalimentation de la nappe par l'eau la Loire lorsque celle-ci est en crue, alors que l'effluent rejeté n'est pas encore entièrement dilué dans le fleuve. En 1999, EDF a modifié son dispositif de rejet afin d'éviter ces marquages, qui n'ont plus été observés depuis.

En 1979, une contamination de la nappe par du tritium, détectée dans un puits d'eau potable (N3) a été provoquée par une importante fuite d'une ancienne canalisation de rejet.

Depuis 1995, les traces résiduelles d'une pollution en tétrachloréthylène sont mesurées dans le puits N3, dont la production d'eau potable a été arrêtée.

Depuis 2003, des polluants (hydrocarbures, détergents) ont été détectés ponctuellement sur certains piézomètres. Parallèlement, des incidents (avarie d'un transformateur en 2003, déversements d'huile en 2003 et 2004) ont déclenché un suivi spécifique de la nappe. En outre depuis qu'une pollution en hydrocarbures du sol situé sous l'ancien local chaudière de Chinon A3-D a été détectée en 2006, deux

piézomètres ont été mis en place entre la zone polluée et le canal d'amenée afin d'assurer une surveillance physico-chimique supplémentaire de la nappe.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CHOOZ

## Contexte hydrogéologique

Deux aquifères se trouvent au droit du site :

- la nappe des alluvions modernes constitue un aquifère productif, limité à l'est par un coteau schisteux et entouré au nord, à l'ouest et au sud par la Meuse qui forment un méandre. L'épaisseur des alluvions est comprise entre 2 m et 10 m. La nappe est limitée à sa partie supérieure par des limons argileux qui peuvent localement, le long du cours d'eau, lui conférer un caractère captif. Les perméabilités, variables, sont élevées au nord du site ( $2 \cdot 10^{-3}$  m/s à  $1,5 \cdot 10^{-2}$  m/s), diminuent vers la Meuse et sont plus faibles au sud ( $3 \cdot 10^{-4}$  m/s à  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s). La perméabilité élevée facilite l'influence des crues sur la nappe ;
- la nappe des schistes circule dans la partie fissurée de cette unité géologique. La perméabilité, plus faible, est évaluée entre  $10^{-4}$  m/s pour la partie fissurée, estimée à une dizaine de mètres d'épaisseur, et  $10^{-6}$  m/s pour la partie saine. Il est admis que cet aquifère constitue le substratum étanche de la nappe alluviale avec laquelle il communique.

Une enceinte géotechnique traverse les alluvions et est ancrée à 1 m dans les schistes. Elle présente trois côtés, avec une ouverture à l'est, vers le coteau. La présence de brèches est possible, cependant compte-tenu de leurs profondeurs, les écoulements de la nappe ne devraient pas être influencés, en dehors des hautes eaux exceptionnelles. Un contournement de l'enceinte par en dessous, via les schistes altérés est possible. L'état actuel de l'enceinte n'est pas connu.

Hors période de crue, la nappe alluviale est drainée par la Meuse, les directions d'écoulement étant radiales du coteau vers la plaine. A l'intérieur de l'enceinte, la nappe, quasiment plate, est drainée par la nappe extérieure - vis-à-vis de laquelle elle est légèrement en charge - sur les trois côtés de l'enceinte. Globalement, la présence de l'enceinte ne perturbe que localement les écoulements, qui la contournent.

Lors des crues inférieures à  $600 \text{ m}^3/\text{s}$ , la plaine alluviale est alimentée au nord et à l'ouest par le fleuve, qui conserve son caractère drainant au sud. Les crues supérieures à  $750 \text{ m}^3/\text{s}$  génèrent une alimentation de l'aquifère également par le sud : la nappe de la plaine, alimentée de toutes parts, dessine une dépression. De même, la nappe à l'intérieur de l'enceinte se retrouve passagèrement à un niveau inférieur à l'extérieur. L'enceinte amortit quelque peu l'effet des crues sur la nappe intérieure.

Lors de la décrue, les écoulements rivière-nappe s'inversent pour retrouver la configuration hors crue, avec des gradients transitoirement plus élevés.

Dans toutes les configurations, la nappe est alimentée à l'est par le coteau.

Enfin, de nombreux réseaux enterrés peuvent constituer des cheminements préférentiels.

Il est à noter que la constitution des remblais constituant la plate-forme et de ceux en dehors du périmètre de l'enceinte est mal connue. Les écoulements ne sont donc pas clairement identifiés dans ces terrains.

La nappe des alluvions constitue le seul "vecteur" d'une pollution éventuelle vers la Meuse.

La "cible" à protéger est donc la Meuse. Quatre puits sont présents en bord de Meuse, à l'aval du site, en Belgique. Compte-tenu du débit d'exhaure de la nappe par rapport à celui de la Meuse, même à l'étiage, une éventuelle pollution serait naturellement diluée.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 6 piézomètres, avec un prélèvement mensuel pour suivi radiologique (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ). EDF dispose en outre de 7 piézomètres complémentaires, dont 5 font l'objet d'un suivi des contaminations chimiques et radiologiques.

### Résultats de la surveillance

En décembre 2001, une pollution par des hydrocarbures a été détectée uniquement dans un piézomètre (N6). L'origine de cette pollution n'a pu être formellement identifiée, malgré des analyses complémentaires et la réalisation de travaux sur une canalisation voisine véhiculant des hydrocarbures. Un pompage a été mis en place dans le piézomètre N6. En 2003, l'extraction était encore en cours ; les quantités de polluant ne semblaient pas avoir diminué. Des investigations sont menées.

En décembre 2001, des pollutions par des acides ont été suspectées au droit de certains ouvrages. Les investigations menées ont conduit EDF à considérer que les risques associés à cette pollution étaient très faibles. En 2003, il a été observé que la pollution se poursuivait. Un piézomètre (N6) indiquait en 2004 une présence assez élevée d'ions sulfates dans la nappe.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CIVAUX

## Contexte hydrogéologique

Au droit du site, le système aquifère est constitué par une superposition de trois aquifères :

- à la partie supérieure, la nappe supra-toarcienne du Jurassique (calcaire et dolomie) circule jusque dans les alluvions superficielles de la Vienne. Cette nappe libre, de 70 m de puissance, concerne donc deux réservoirs aux comportements dynamiques différents : les alluvions (porosité d'interstices) et les calcaires et dolomies localement karstifiés (porosité de fissures et de chenaux). Des marnes bleues en constituent le mur. La nappe est alimentée par les coteaux et les précipitations. La perméabilité des alluvions est de  $5.10^{-3}$  m/s. Les perméabilités des calcaires, plus délicates à mesurer du fait de l'hétérogénéité des faciès et de la fracturation, sont comprises entre  $3.10^{-4}$  m/s (calcaires fracturés hors karst) et  $6.10^{-6}$  m/s (calcaires massifs). Des mesures ont montré une vitesse réelle d'écoulement dans les niveaux très karstifiés de 140 m/j ;
- la nappe infra-toarcienne, captive sous les marnes bleues, baigne les grès, dolomies et calcaires liasiques. Elle repose sur le socle cristallin au contact duquel se fait son alimentation ;
- en profondeur, les ressources du socle cristallin sont très localisées dans des zones fracturées ou des zones d'altération.

Seule la partie supérieure de la nappe supra-toarcienne est susceptible de permettre la propagation d'une contamination accidentelle.

Lors de la construction de la centrale, des drains ont été mis en place autour de chaque tranche. L'eau collectée dans un puisard était évacuée par 5 à 6 pompes dans la Vienne. Depuis 1996, plus aucun pompage n'est réalisé sur site.

Les écoulements, complexes, vont des coteaux vers la Vienne et le sud. Pendant les crues, apparaissent des axes de drainage et d'alimentation orientés perpendiculairement à la Vienne.

Une dépression piézométrique est observée autour des îlots nucléaires, probablement due à la présence de fissures ou de karsts. Les drains semblent avoir plusieurs exutoires vers des réseaux karstiques ou des réseaux de fractures.

La nappe est drainée le long d'anciennes fouilles (tuyaux reliant la station de pompage à la Vienne).

Les vitesses de circulation d'eau dans les calcaires vers la Vienne sont élevées, de l'ordre de 20 m/h.

Des études ont permis d'identifier des groupes de piézomètres ayant des comportements hydrauliques corrélés. La majorité d'entre eux est peu ou pas influencée par les variations de la Vienne. Des mesures de conductivité ont permis de distinguer différents faciès (eau de la Vienne, eau des calcaires ou mixtes). Ces faciès ne dépendent cependant pas toujours de la répartition géographique des points, laissant supposer des cheminements particuliers.

La "cible" à protéger est la Vienne.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 7 piézomètres qui font l'objet d'un suivi radiologique mensuel (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ).

## Résultats de la surveillance

Aucun incident ou marquage n'a été rapporté.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE CRUAS-MEYSSE

## Contexte hydrogéologique

Deux formations aquifères sont à distinguer au droit du site :

- la nappe phréatique superficielle circule sur une épaisseur de 3 à 4 m, dans les alluvions très perméables du Rhône. La nappe est alimentée par les écoulements en provenance du coteau, la pluviométrie, le contre-canal et, pour une part importante, les apports de la nappe sous-jacente. Sa perméabilité globale est d'environ  $5.10^{-3}$  m/s ;
- la nappe profonde baigne le substratum calcaire. Les perméabilités sont comprises entre  $10^{-5}$  m/s (calcaire peu fissuré) et  $5.10^{-4}$  m/s (en moyenne dans le calcaire fracturé). Cette nappe n'a probablement pas de plancher bien défini.

Ces deux nappes communiquent largement entre elles. Le contraste de perméabilité entre les deux nappes explique que la nappe profonde, alimentée par les précipitations sur le massif de Cruas ou de Marsanne, reste légèrement en charge par rapport à la nappe superficielle (0,2 à 1 m maximum) et l'alimente.

Des enceintes géotechniques traversent les alluvions avec un faible ancrage dans les calcaires. Trois ouvrages s'appuient les uns sur les autres et entourent respectivement les tranches 1-2, les tranches 3-4 et les stations de pompage. Il existe vraisemblablement des brèches du côté des stations de pompage. D'autres, moins profondes, ont été pratiquées entre les salles des machines et les réfrigérants. Il n'est pas possible de savoir si des dispositions ont été prises pour reconstituer l'étanchéité.

La nappe superficielle, à l'extérieur des enceintes, s'écoule depuis le coteau. Elle est drainée par (i) la Lônnette, ruisseau longeant la plaine côté ouest, (ii) le contre-canal qui contourne le site par l'ouest, et (iii) la partie amont de la Lône de Cruas, ruisseau rejoignant le contre-canal au nord du site. Entre le Rhône et le contre-canal, la nappe est alimentée par le Rhône au niveau du chenal de prise et drainée par le contre-canal. Cependant ce drainage pourrait être peu efficace du fait d'un colmatage du contre-canal, lequel ne jouerait plus son rôle de drain.

A l'extérieur des enceintes, côté Rhône, la nappe profonde a un comportement similaire à celui de la nappe superficielle, alimentée par le Rhône. A l'ouest du contre-canal, les écoulements se font vers la nappe superficielle et selon un axe de drainage parallèle au Rhône, au milieu de la plaine rive droite.

A l'intérieur des enceintes, les écoulements des deux nappes sont mal connus, en raison du faible nombre de points d'observation. La nappe superficielle est vraisemblablement alimentée par la nappe superficielle extérieure, via les brèches, et par remontée de la nappe profonde.

Des vitesses de transfert ont été mesurées, pour la nappe superficielle, à 13,5 m/j à l'extérieur des enceintes et 7 m/j à l'intérieur, et pour la nappe profonde, jusqu'à 27 m/j (10,5 m/j en moyenne). Selon la nappe contaminée, une pollution éventuelle pourrait rejoindre le contre-canal via la nappe superficielle en 43 jours à 54 jours et, via la nappe profonde, où la circulation est plus rapide notamment du fait de l'absence d'enceintes, en 20 jours environ. Un temps de transfert supplémentaire significatif est à prendre en compte si la pollution part de l'intérieur du cuvelage antisismique.

Les "cibles" à protéger sont :

- le captage d'eau potable du site (2 forages) dans la nappe profonde, où se crée localement une dépression entraînant une alimentation par la nappe superficielle,
- dans le cas d'une contamination de la nappe superficielle, le contre-canal, qui en est le principal drain,
- dans le cas d'une contamination de la nappe profonde, d'une part la nappe superficielle puis le contre-canal, d'autre part, via l'axe de drainage puis la nappe superficielle, la Lône et la Lônnette,
- dans tous les cas, le Rhône à l'aval.

La connaissance réduite des écoulements à l'aval du site ne permet pas de préciser les captages d'eau qui pourraient être concernés par une pollution.

### **Dispositif de surveillance**

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 6 piézomètres, dans les alluvions. Ils font l'objet d'un suivi mensuel, avec des mesures radiologiques (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ) et chimiques (hydrocarbures). EDF dispose en outre de piézomètres complémentaires, dont certains ont été mis en place dans le cadre du suivi d'une pollution en tritium.

### **Résultats de la surveillance**

En 2002, une pollution par des hydrocarbures (principalement de gasoil) a été détectée. Elle a atteint le sol et probablement la nappe. Une dépollution a été mise en œuvre.

En octobre 2003, un suivi local de la nappe a été mis en place après un déversement d'eaux huileuses (5 m<sup>3</sup>). Le marquage a été bref avec un maximum de 2 mg/l d'hydrocarbures totaux ; fin novembre 2003, la concentration était inférieure au seuil de détection (0,05 mg/L).

En février 2004, une pollution par du tritium a été détectée dans le forage d'eau potable du site. Ce marquage a atteint un maximum en janvier 2005 avec 3400 Bq/L. Le réseau d'eau potable a connu un maximum de 990 Bq/L. La pollution est due à des défauts d'étanchéité des ouvrages d'entreposage des effluents liquides avant leur rejet dans le Rhône. Depuis les travaux de réparation, la teneur en tritium a diminué progressivement et est inférieure à ce jour à la limite de détection (40 Bq/L).

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE DAMPIERRE-EN-BURLY

## Contexte hydrogéologique

Les nappes en présence au droit du site sont :

- la nappe superficielle baignant les alluvions de la Loire. L'épaisseur mouillée est d'environ 8-9 m au droit des tranches 1-2 et de 4-5 m sous les tranches 3-4. Sous trois des tranches, les alluvions reposent directement sur l'argile à silex, voire directement sur la craie altérée. La perméabilité en grand est estimée à  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s ;
- la nappe des formations tertiaires et de l'argile à silex, ainsi désignée du fait de la grande variabilité latérale des faciès et de la géométrie complexe de ces terrains. La juxtaposition de multiples nappes lenticulaires, communiquant plus ou moins bien entre elles et avec les nappes de la craie et des alluvions, est possible. Les perméabilités des différentes formations sont de  $10^{-3}$  à  $10^{-2}$  m/s pour les calcaires de Gien, de  $10^{-5}$  à  $10^{-3}$  m/s pour l'argile à silex et le poudingue de Gien, selon l'argile présente. Les circulations horizontales peuvent être prépondérantes dans certaines des formations tertiaires ;
- la nappe de la craie altérée circulant dans les fissures de la formation. Localement peuvent apparaître des réseaux karstiques, dont l'absence au droit du site n'a pas pu être démontrée lors des études de reconnaissances. La perméabilité varie fortement en fonction du degré d'altération et de fracturation de la craie ( $10^{-6}$  à  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s, hors conduit karstique). La nappe est en équilibre avec la nappe des alluvions.

Ces nappes communiquent et sont généralement en équilibre entre elles. Elles se distinguent principalement par la perméabilité de leur formation hôte.

Une enceinte géotechnique a été réalisée autour de l'emplacement de la centrale, traversant les alluvions et ancrée dans les formations sous-jacentes. L'intégrité de l'enceinte a été restaurée après la mise en place des canalisations à des profondeurs inférieures au niveau de la nappe. Le dispositif de rabattement a été maintenu en état de fonctionnement.

A l'extérieur de l'enceinte, qui gêne les écoulements, la nappe superficielle est alimentée par les coteaux au nord-est du site. Une légère alimentation se fait par les canaux d'amenée et de rejet, et par la Loire à l'amont du seuil qui la traverse à l'amont du site. Puis, à l'aval du seuil, la Loire draine la nappe, hors période de crue. L'écoulement général de la nappe est orienté nord-est - sud-ouest et est-nord-est - ouest-sud-ouest.

A l'intérieur de l'enceinte, les écoulements suivent une direction est-ouest au droit de la tranche 4 puis s'infléchissent, adoptant une direction SE-NO au droit des tranches 1-2. L'enceinte peut être contournée par en dessous, via la craie altérée par des écoulements verticaux.

Selon un calcul retenant des hypothèses pessimistes, les temps de transfert à la Loire sont estimés entre 77 jours et 309 jours. Le plan d'eau de l'ancienne ballastière, à mi-chemin entre le site et la Loire, serait atteint par la pollution, 26 jours à 116 jours après le début de son transfert dans la nappe. Les vitesses de transfert dans les alluvions sont évaluées entre 2 m/j et 10 m/j.

Les écoulements dans la nappe de la craie sont mal connus. Cependant sa nature karstique peut conduire à des vitesses de plusieurs dizaines, voire centaines de mètres par heure.

Le fonctionnement hydrogéologique fait que toute activité utilisatrice d'eau à l'aval du CNPE est une "cible" si elle prélève dans la nappe profonde. Les activités prélevant dans la nappe superficielle sont moins sensibles du fait de la dilution et des échanges rapides entre les deux systèmes aquifères.

Parmi les "cibles" figurent la Loire, le plan d'eau de l'ancienne ballastière, les canaux d'amenée et de rejet (à leur extrémité ouest) et le puits d'exhaure.

En outre, sont à signaler de nombreux captages d'eau potable dans la nappe superficielle et dans la nappe profonde, des prélèvements pour irrigation et des utilisations industrielles des eaux. Un essai de

traçage a montré que le captage AEP du Gouffre de la ville d'Orléans est touché 24 h après l'injection d'un traceur.

### Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 5 piézomètres, complété par EDF par piézomètres. Des prélèvements d'eau sont réalisés dans chacun de ces piézomètre pour une mesure radiologique mensuelle (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ). Des mesures physicochimiques (paramètres de qualité, ions majeurs, hydrocarbures) sont réalisées trimestriellement sur trois d'entre eux.

### Résultats de la surveillance

Une contamination par du tritium, observée au puits (N6), a augmenté progressivement depuis 1985 puis significativement à partir de 1995. L'activité volumique a atteint un maximum de 930 Bq/L en avril 1999. Depuis 1998, un pompage vise à reprendre cette contamination. Plusieurs ouvrages ont été identifiés comme source possible et ont fait l'objet de travaux de réfection.

En 1996, une contamination par du tritium (N9) a été détectée et associée au débordement d'une bache d'eau de refroidissement des piscines de la tranche 3. Les autres radioéléments présents dans l'effluent étaient le cobalt 58, le cobalt 60, l'argent 110, le césium 134, le césium 137, le manganèse 54, l'antimoine 124 et l'antimoine 125. Un pompage a été mis en place en 1996 et 1997. L'activité volumique, mesurée au maximum à 9900 Bq/L, a progressivement diminué. La fuite a été traitée.

En novembre 2007, la teneur en tritium dans deux piézomètres (N2 et N6) a augmenté sans dépasser 200 Bq/L. Un suivi hebdomadaire a été mis en place, montrant une diminution progressive jusqu'à 100 Bq/L en juin 2008.

A la même période, une fuite d'eaux huileuses dans le réseau d'eaux pluviales a imprégné un volume très limité de sol. Un suivi renforcé de 3 piézomètres pendant 3 mois n'a pas montré de traces d'hydrocarbures.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE FESSENHEIM

## Contexte hydrogéologique

La nappe d'Alsace est la seule nappe présente. Elle baigne les alluvions du Rhin, aquifère relativement homogène à grande échelle, mais présentant des variations locales de perméabilité, notamment en fonction de la profondeur. La perméabilité est comprise entre  $2.10^{-3}$  m/s et, au plus,  $6.10^{-3}$  m/s. Les marnes oligocènes, qui se trouvent à 150 ou 200 m de profondeur, constituent le mur de la nappe. La plaine alluviale est très large (37 km) au droit du site.

Le rabattement de la nappe pendant les travaux de construction a été assuré par un pompage et n'a pas nécessité la mise en place d'une enceinte géotechnique.

Le Grand Canal d'Alsace (GCA), qui constitue la source froide de la centrale, est localisé entre le site et le Rhin. Le Rhin s'écoule à l'est du GCA. Les échanges entre le Rhin et la nappe ne sont pas clairement connus au droit du site.

De manière générale, l'alimentation de la nappe par les canaux (GCA, mais aussi canaux d'amenée et de rejet) qui sont à des niveaux supérieurs, sont limités par la conception des ouvrages, limitant les pertes. A l'aval, au-delà de la limite nord du site, une alimentation de la nappe par le GCA peut se faire par le fond non revêtu.

En étiage, le débit du Rhin est égal au débit réservé. Les écoulements se font vers le Rhin, en direction du nord-est.

En crue (crue du fleuve ou transfert du débit du canal dans le Rhin pour des raisons d'exploitation), la direction des écoulements tend à devenir parallèle au fleuve (N 6° E à N 11° E).

Lors de la décrue, l'angle augmente et peut atteindre une direction N 56 E.

Ces directions d'écoulement "moyennes" nécessiteraient d'être précisées au droit du site. En effet, des mesures de niveaux indiquent que les écoulements pourraient être localement différents.

La vitesse de transfert réelle moyenne est estimée entre 5 m/j et 10 m/j.

Les "cibles" à protéger sont :

- le Rhin, bien qu'il soit difficile d'établir la distance entre le site et le point où se fait le drainage de la nappe par le Rhin,
- des captages d'eau au voisinage du site et à son aval, en particulier en cas de crue prolongée du Rhin.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 7 piézomètres. La surveillance radiologique porte sur les radionucléides (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ) avec une fréquence de prélèvement mensuelle, trimestrielle ou annuelle selon les points.

## Résultats de la surveillance

En 1991, une contamination par du tritium a été détectée lors de la mise en place de 3 piézomètres (N6, N7, N8). L'activité, dont le maximum observé a été en mars 1991 à 430 Bq/L, a diminué jusqu'à être inférieure au seuil de détection en septembre 1991, mais est réapparue pour atteindre 390 Bq/L en février 1992. Des travaux ont été réalisés, notamment la vidange d'une galerie technique où se trouvait de l'eau brute présentant une activité en tritium de 76 000 Bq/L.

En février 1998, 50 m<sup>3</sup> d'eau ont été découverts dans des galeries borgnes (TR1 et TR2). Cette eau contenait plusieurs radioéléments, dont l'argent 110m et dans une moindre mesure le cobalt 60 et le

césium 137. L'étanchéité de ces galeries étant défectueuse, le remblai a été contaminé (activité moyenne de 29,7 Bq/g de matière brute). Aucune pollution de la nappe n'a été détectée.

En février puis mars 1999, une contamination par du tritium a été décelée dans les piézomètres N8, puis N6 et N7. Les investigations étaient en cours en 2003. Entre 2003 et 2008, l'activité volumique en tritium n'a pas dépassé la limite de détection (40 Bq/L) dans ces trois piézomètres.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE FLAMANVILLE

## Contexte hydrogéologique

La "nappe phréatique" locale baigne dans le massif granitique, roche de fondation des îlots nucléaires côté falaise, et le remblai de la plate-forme, côté Manche. La perméabilité du remblai est comprise entre  $10^{-3}$  m/s et  $5.10^{-3}$  m/s. Le rocher a une perméabilité diminuant avec la profondeur, de  $10^{-5}$  m/s sous les salles des machines et  $10^{-6}$  m/s sous les îlots nucléaires, à  $5.10^{-7}$  m/s en profondeur (15 m).

Une enceinte géotechnique a été mise en place pour les travaux de la tranche 3. Cependant des variations de niveau indiquent que des écoulements se font soit au travers de l'enceinte, soit par en dessous. Son étanchéité n'est donc pas acquise.

L'unique piézomètre en place dans la nappe ne permet pas d'avoir une bonne connaissance des écoulements. Par analogie avec le site de Penly, le fonctionnement supposé de la nappe est le suivant.

- en amont du site, dans le granite, la nappe est alimentée par les faibles apports d'eau douce venant du plateau. La nappe est drainée par la Manche ;
- en aval du site, au niveau des remblais, la nappe est alimentée par de faibles apports venant du plateau et, en fonction de la marée, alternativement alimentée et drainée par la mer, via le chenal d'alimentation.

En outre, les ouvrages enterrés sont susceptibles de perturber les écoulements. Les remblais à proximité du chenal d'alimentation sont probablement très perméables.

A titre indicatif, les vitesses de transfert ont été estimées entre 0,5 et 1 m/j pour le granite et entre 8 et 40 m/j pour le remblai.

L'unique "cible" à protéger est la Manche.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 5 piézomètres, dont un seul est sur le site. Les autres piézomètres sont très éloignés du site.

La surveillance porte sur des mesures chimiques (pH, conductivité, COT, DCO, hydrocarbures, composés azotés, métaux lourds, sulfates) et radiologiques (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ). La fréquence de prélèvement est mensuelle pour le piézomètre localisé sur le site ; pour les autres piézomètres, le prélèvement est fait semestriellement pour les radionucléides et annuellement pour la chimie.

## Résultats de la surveillance

Trois pollutions ont été recensées en 1999, deux pollutions par du tritium et une par du cobalt. Aucune pollution n'a été détectée entre 2003 et 2008.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE GOLFECH

## Contexte hydrogéologique

La nappe superficielle baigne les alluvions sablo-graveleuses dont l'épaisseur varie de 5 à 15 m, dont 2 m à 6 m en partie supérieure correspondent à des sédiments plus fins, composés de sables, limons ou argiles.

La nappe est alimentée par (i) les précipitations, (ii) les terrasses alluviales supérieures et (iii) les coteaux molassiques situés au nord-est du site.

Le site est bordé, à l'ouest par la Garonne et au nord par le canal de fuite de l'usine hydroélectrique de Golfech. Le canal de Golfech rejoint la Garonne juste en aval du CNPE. En outre, de nombreux ruisseaux et étangs se trouvent à proximité du site. L'Arrats se jette dans la Garonne 1 km en amont du site.

Au droit du site, les alluvions ont été fortement remaniées avec l'apport de remblais. Les perméabilités des alluvions et des remblais sont mal connues. Avant les travaux, la perméabilité des alluvions présentait un zonage : une large zone de forte perméabilité (de  $10^{-3}$  m/s à  $10^{-2}$  m/s) à l'amont du site ; des zones de perméabilités moyennes ( $\sim 10^{-4}$  m/s) sur les bordures de la Garonne et du canal, ainsi que dans la zone des tranches 1 et 2 ; des zones de perméabilités faibles ( $> 10^{-6}$  m/s), à l'est de la tranche 1 jusqu'à l'ouest des tranches 3-4, où les limons ont une importante épaisseur, et vers l'extrémité aval de la presqu'île où les alluvions peu épaisses laissent place à la molasse parfois dénudée.

La nappe de la molasse, formation sous-jacente, est principalement une juxtaposition de petites nappes dans des lentilles sableuses, communiquant peu entre elles et avec la nappe superficielle. Par conséquent, la molasse peut être considérée comme le substratum étanche de l'aquifère superficiel.

Aucune enceinte géotechnique n'a été mise en œuvre lors des travaux de construction de la centrale.

Les écoulements au droit de la plateforme proviennent de l'est, à travers une "fenêtre" de matériaux perméables, de 300 m de large, non perturbée par les travaux de construction de l'usine hydroélectrique et de la centrale. Cette fenêtre est encadrée par deux zones très peu perméables : au nord-est, l'ancienne fouille de l'usine hydroélectrique remblayée de matériaux quasi-imperméables et, de l'est au sud, des limons décapés sur la zone des îlots nucléaires et stockés dans cette zone afin de limiter l'influence du CNPE sur la nappe "extérieure".

Au niveau de la plateforme, la nappe est perchée entre 1 m et 3 m au-dessus du niveau de la Garonne et du canal.

Les écoulements s'épanouissent ensuite en éventail selon trois axes : le premier vers la Garonne, le second vers le canal et le troisième vers la pointe de la presqu'île, où les écoulements qui ne peuvent pas atteindre la pointe occupée par la molasse, se divisent vers les deux exutoires. Les berges des deux cours d'eau apparaissent relativement colmatées.

La nappe est alimentée par les deux cours d'eau uniquement pendant les crues les plus importantes.

Les vitesses de transfert sont évaluées à environ 5-6 m/j pour l'axe "Garonne" et 7-8 m/j pour l'axe "presqu'île".

Les "cibles" à protéger sont le canal de fuite et la Garonne. Aucun prélèvement d'eau potable, en nappe ou en rivière, n'est effectué par une collectivité, depuis le site jusqu'à 6 km en aval sur la Garonne. Au-delà de cette zone, il est à noter qu'une éventuelle pollution connaîtrait une importante dilution. Serait concernée, à 20 km à l'aval du site, l'alimentation en eau potable de grandes villes (Agen, Marmande) captant soit directement dans la Garonne (6 stations de pompage), soit dans la nappe alluviale (puits dans 8 communes). Les villes d' Agen et de Marmande disposent cependant de forages profonds pouvant alimenter les prélèvements précités. Par ailleurs, la nappe superficielle est très sollicitée pour l'irrigation de nombreuses cultures dans la plaine alluviale.

### Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 5 piézomètres. La surveillance réglementaire porte sur :

- des mesures radiologiques (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ), avec une fréquence de prélèvement mensuelle,
- des mesures chimiques (hydrocarbures, azote total, DCO, chlorures, sulfate, sodium, nitrites, nitrates, phosphates, pH, conductivité), avec une fréquence de prélèvement trimestrielle.

En 2005, à l'issue de l'instruction de la DARPE de Golfech, l'IRSN a souligné qu'un dispositif de surveillance comportant 5 piézomètres était insuffisant compte tenu des différentes localisations des sources possibles de rejet et de la variabilité des directions d'écoulement sur le site. Les évolutions apportées au dispositif de surveillance d'EDF sont examinées dans le cadre de la préparation de la réunion du groupe permanent dédiée à la gestion des effluents.

Concernant l'information relative aux résultats, l'IRSN estimait nécessaire qu'EDF intègre la présentation des résultats de la surveillance radiologique des eaux souterraines dans les rapports annuels de surveillance de l'environnement.

### Résultats de la surveillance

En janvier 2002, un déversement accidentel d'acide sulfurique a rejoint le milieu naturel par l'intermédiaire de deux puisards non étanches. Des mesures dans certains piézomètres du site ont montré des concentrations en sulfates stables et très faibles. L'impact environnemental de l'incident est donc apparu non mesurable, dans la nappe et dans la Garonne.

Aucune pollution n'a été détectée entre 2003 et 2008.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE GRAVELINES

## Contexte hydrogéologique

L'hydrogéologie au droit du site est relativement complexe du fait de la présence de trois aquifères profonds (calcaires carbonifères, craie, sables d'Ostricourt), tous captifs, isolés de la surface. En outre, deux nappes superficielles baignent les formations quaternaires :

- l'aquifère inférieur baigne des sables grossiers (épaisseur 5 m ; perméabilité approximative comprise entre  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s et  $7 \cdot 10^{-4}$  m/s). Au toit, des limons peu perméables ( $10^{-8}$ - $10^{-7}$  m/s) confèrent à la nappe, en charge, un caractère semi-captif ;
- l'aquifère supérieur, au-dessus des limons, baigne deux couches sableuses qui se distinguent uniquement par leur propreté (teneur en phase fine). Leur épaisseur totale atteint 24 m. Leur perméabilité est comprise entre  $0,2 \cdot 10^{-4}$  m/s et  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s pour la couche sableuse inférieure et entre  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s et  $3 \cdot 10^{-4}$  m/s pour la couche supérieure. Des limons intercalés entre ces deux niveaux se présentent sous forme de lentilles au droit du site, ce qui permet aux eaux de ces deux formations d'être en équilibre et de ne former qu'un seul aquifère libre.

Ces formations quaternaires reposent sur l'argile des Flandres, imperméable ( $10^{-9}$  m/s) et épaisse d'environ 100 m. Les remblais au droit du site ont une perméabilité estimée entre  $0,5 \cdot 10^{-4}$  m/s pour les zones très compactes et  $5 \cdot 10^{-4}$  m/s pour les zones lâches.

Des enceintes géotechniques, ancrées de plus d'un mètre dans l'argile des Flandres, ont été mises en place pour chaque paire de tranches. De forme rectangulaire et juxtaposées, ces enceintes sont composées de coulis bentonite-ciment, sans joint, sur les trois côtés vers le continent. La conception du côté longeant le canal d'amenée est plus hétéroclite (paroi moulée, paroi à contreforts...) du fait de la présence des stations de pompage et du rôle de soutènement que les enceintes devaient jouer pendant les travaux. Ces enceintes présentent des défauts d'étanchéité, côté canal d'amenée : les joints entre les panneaux de l'enceinte et les jonctions entre les différentes parties d'ouvrages peuvent constituer des voies d'échange entre la nappe et le canal. Sur les trois autres côtés, l'étanchéité, relativement bonne, pourrait être amoindrie par des défauts (notamment au niveau des raccordements d'angle).

La direction des écoulements diffère selon la localisation de la nappe par rapport aux enceintes géotechniques.

A l'extérieur de ces enceintes, la nappe s'écoule en direction de l'avant-port de Dunkerque en contournant le site, d'abord orientée sud-ouest - nord-est en longeant le côté sud-est de la centrale, puis orientée sud-nord vers l'avant-port.

A l'intérieur des enceintes géotechniques qui isolent relativement la nappe au droit de chaque paire de tranches, le niveau de la nappe est généralement supérieur à celui du canal, lequel joue un rôle de drain. Deux fois par jour, au plus haut des marées, les écoulements s'inversent, le canal alimentant la nappe. Cette alternance génère une légère oscillation du niveau de la nappe et augmente le risque d'érosion interne du remblai ; ce phénomène a déjà été observé et fait l'objet d'un suivi régulier. Côté terre, la nappe extérieure a une cote supérieure à celle de la nappe intérieure, qui s'en trouve alimentée à la faveur des défauts d'étanchéité de l'enceinte. La nappe peut également être alimentée, dans une moindre mesure, par les précipitations et par les fuites (éventuelles) des réseaux d'eau. La nappe soit est plate, soit s'écoule en direction du nord-ouest, depuis l'arrière des salles des machines vers le canal d'amenée. Il est à noter que localement l'écoulement peut être plus complexe : le drainage par le canal n'est pas uniforme (concentré au niveau des défauts d'étanchéité), des zones de remblais mal compactés dessinent des cheminements préférentiels, le génie civil enterré constitue un obstacle aux écoulements qui doivent le contourner.

Un calcul simplifié indique des vitesses de transfert d'une pollution éventuelle de l'ordre du mètre par jour. Localement les enceintes ralentiraient significativement l'avancée d'une pollution.

Le milieu marin est la "cible" à protéger en cas d'incident. Une ferme aquacole est située à proximité du canal de rejet. L'eau de nappe ne fait pas l'objet de prélèvements dans la région.

### Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 8 piézomètres. EDF dispose en outre de 4 piézomètres complémentaires.

Ces points font l'objet d'un suivi radiologique (tritium,  $\beta$ global,  $K^{40}$ ), avec une fréquence de prélèvement mensuelle pour les points réglementaires et trimestrielle pour les points complémentaires.

### Résultats de la surveillance

En février 1984, à la suite de la découverte d'une fuite de la piscine de désactivation, deux piézomètres (N1 puis NY) ont fait l'objet de pompages, jusque fin 1987.

En avril 1986, un déversement accidentel de 600 m<sup>3</sup> d'eau tritiée du réservoir de stockage de l'eau des piscines de la tranche 5 a conduit à une contamination de la nappe à l'intérieur de l'enceinte des tranches 5-6 (80 000 Bq/L de tritium). Un pompage a été mis en place. Les effets de cet événement sont encore perceptibles à ce jour dans certains piézomètres, où l'activité volumique du tritium est d'environ 150 Bq/L.

Au printemps 1990, l'activité du tritium dans le puits N5 (700 Bq/L) est reliée à la présence anormale d'eau contaminée dans une galerie de la tranche 6, due à un défaut d'étanchéité. Des travaux de réparation ont été menés.

En 1991, le dysfonctionnement d'une vanne isolant les circuits de rejet des tranches 3-4 et 5-6 a provoqué le déversement d'eau contaminée dans la zone de stockage des effluents des tranches 5-6.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE NOGENT-SUR-SEINE

## Contexte hydrogéologique

La puissante nappe alluviale de la Seine baigne les alluvions sablo-graveleuses dont l'épaisseur varie entre 2 m et 8 m, ainsi que les 10 à 15 premiers mètres aquifères du substratum crayeux sous-jacent (craie pâtreuse et craie fissurée). La perméabilité des alluvions est comprise entre  $3.10^{-3}$  m/s et  $4.10^{-2}$  m/s. La perméabilité de la craie, mesurée avec difficulté, décroît avec la profondeur ; elle est comprise entre  $1.10^{-4}$  m/s et  $5.10^{-3}$  m/s, pour sa portion aquifère, et entre  $1.10^{-7}$  m/s et  $1.10^{-6}$  m/s pour la craie saine sous-jacente.

La nappe alluviale est alimentée par les coteaux au nord. Elle est drainée par la Seine. Les écoulements peuvent s'inverser pendant les crues ou, comme au niveau du site, sous l'influence d'un barrage-écluse, tel que celui de Nogent à 2 km à l'aval qui rehausse le fleuve de 2 m à 3 m.

Aux environs du site s'écoulent également des noues, petits cours d'eau relativement parallèles au fleuve et drainant la nappe. En outre, des fossés ont été creusés pendant la construction de la centrale.

Trois enceintes géotechniques ont été mises en place, ancrées en moyenne de 5 m dans la craie saine. La première entoure les principaux bâtiments (BR, salles des machines). La deuxième entoure les salles des machines. La troisième entoure les salles des pompes à l'intérieur des salles des machines. Plusieurs brèches ont été faites dans la première enceinte ; l'étanchéité a été partiellement reconstituée par des parpaings scellés.

Les écoulements sont fortement influencés par les enceintes géotechniques et les fosses.

A l'intérieur du site et hors des enceintes, les écoulements sont globalement sud-est - nord-ouest à sud-nord. La nappe est alimentée par la Seine. Le chenal évacuateur de crues, qui impose un potentiel constant au sud du site, alimente la nappe dans sa partie ouest et la draine à son extrémité est. Les fossés artificiels nord et ouest participent au drainage de la nappe, avec une efficacité peut-être amoindrie par un colmatage de leur fond. L'ensemble de ces "drains artificiels" contribue à stabiliser le niveau piézométrique de la nappe au droit du site.

A l'intérieur des enceintes, la nappe est globalement légèrement en charge par rapport à l'extérieur. La nappe est alimentée par les précipitations et, dans une moindre mesure, par la nappe extérieure à l'angle nord-est de la paroi pendant les crues de la Seine et par d'éventuelles fuites des réseaux. Drainée parfois à travers les limites ouest et sud, et partiellement par les côtés nord et est, en phase de décrue de la Seine, elle présente une surface très plate, dont la direction d'écoulement varie en fonction des conditions extérieures (nappe et Seine).

A l'extérieur du site, les bâtiments n'influencent pas significativement les écoulements de la nappe.

Le transfert d'une pollution depuis l'intérieur de l'enceinte vers l'extérieur serait très lent, du fait du temps de franchissement de l'enceinte. A l'extérieur de l'enceinte, la vitesse d'écoulement est estimée entre 1 m/j et 10 m/j.

Les "cibles" à protéger sont la Seine, importante de par son utilisation pour l'alimentation en eau potable et pour l'irrigation agricole, les noues (de Pigny et des Nageoires) et la nappe, vecteurs de transfert d'une pollution vers le fleuve.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 5 piézomètres.

La surveillance réglementaire consiste d'une part, en un suivi radiologique mensuel (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ), d'autre part en un suivi chimique semestriel (pH, conductivité, COT, sulfates, chlorures, hydrocarbures, métaux et polyacrylate).

En 2004, à l'issue de l'instruction de la DARPE de Nogent, l'IRSN estimait que la localisation des points de surveillance était satisfaisante. Par ailleurs, l'IRSN relevait l'absence d'impact notable des rejets autorisés, en termes radiologiques et chimiques, sur la nappe alluviale de la Seine. Il existe toutefois, des anomalies de concentration en chlorures et sulfates associées à un incident déclaré ; pour ce cas, l'IRSN considérait que l'exploitant devrait établir un état des lieux précis et exhaustif (extension de la contamination, paramètres concernés) des conséquences de ce rejet accidentel dans la nappe.

### **Résultats de la surveillance**

L'acide sulfurique utilisé pour neutraliser les eaux de refroidissement est à l'origine de plusieurs incidents ayant affecté la nappe (1993, 1995, 1996, 1997). Cette série d'incidents a conduit à une augmentation significative de la concentration en sulfates dans la nappe, suscitant des interrogations sur le comportement à long terme du béton des ouvrages de génie civil en contact avec la nappe, les enceintes géotechniques en particulier.

D'autres incidents ont été recensés : pollution de la nappe par des sulfates et de la monochloramine à la suite de fuites d'eau du circuit d'eau de refroidissement (en 2001 et 2002) ou d'un débordement de l'eau de refroidissement (2003), pollution de la nappe par du tritium à la suite d'un débordement d'une bache de stockage d'effluents (2002). En février 2006, une importante fuite du circuit d'eau de refroidissement a provoqué le soulèvement de la dalle de béton du massif des pompes, entraînant une inondation massive des salles des machines. Un réseau de piézomètres a été mis en place pour détecter d'éventuelles fuites des réseaux d'eau de refroidissement vers la nappe.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE PALUEL

## Contexte hydrogéologique

Surplombant la mer, la centrale a été implantée en déblais dans une vailleuse, vallée sèche entaillant la falaise de la craie, perchée au-dessus de la mer. L'hydrogéologie du site est complexe et mal connue. D'un point de vue général, la "nappe de la craie" est une nappe libre. Elle est alimentée par les précipitations sur le plateau et drainée par la mer. Les circulations sont fortement liées à la fracturation, particulièrement importante dans les vailleuses, où des réseaux karstiques se développent préférentiellement. L'influence des marées sur les niveaux de la nappe à l'intérieur des terres est très variable à l'échelle du site.

Il est à noter que le site n'est pas pourvu d'une enceinte géotechnique.

Le faible nombre de piézomètres en place ne permet pas de connaître précisément les écoulements. Du plateau vers la mer, les écoulements suivent l'axe de drainage profond de l'ancienne vailleuse, orienté est-ouest à l'amont puis sud-est - nord-ouest vers l'aval.

La "cible" à protéger est la Manche. Une pollution atteindrait le bassin d'alimentation mais également le platier, via l'exutoire principal des eaux de ruissellement du site. Elle serait alors reprise par la station de pompage puis évacuée à 1 km au large des côtes. Cependant, la complexité des massifs karstiques ne permet pas d'exclure qu'une partie de la pollution prenne un cheminement différent pour être rejetée par une autre résurgence vers la mer.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 5 piézomètres faisant l'objet d'un suivi radiologique mensuel (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ). EDF dispose en outre de 4 piézomètres complémentaires.

## Résultats de la surveillance

En décembre 1997, un débordement de puisards de la zone de stockage des effluents a probablement entraîné une pollution de la nappe par du tritium, avec une activité volumique maximale du rejet de 12 200 Bq/L.

En novembre 2001, un débordement de bâches a déversé 40 m<sup>3</sup> d'effluents radioactifs (72 MBq pour le tritium et 760 MBq pour les autres éléments).

En 2003, l'eau prélevée dans un des piézomètres du site était marquée par des hydrocarbures lessivés sur la voirie.

En 2007, une pollution par de l'huile a été détectée lors de la réhabilitation d'un ancien piézomètre.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE PENLY

## Contexte hydrogéologique

La centrale est localisée au pied de la falaise crayeuse, sur une plateforme taillée en déblai dans la vallée de Penly.

Trois nappes sont présentes au droit du site :

- la nappe supérieure de la craie est une nappe libre de fissures. Elle baigne la craie du Turonien inférieur et le remblai constituant la plateforme. Les lits marneux de la partie inférieure de la craie et surtout la craie marneuse du Cénomaniens supérieur forment le mur de cet aquifère. Cet aquifère peut se présenter sous la forme d'un système karstique, par exemple dans la partie haute du site. Cependant, des investigations ont montré que la présence de conduits karstiques au droit de la centrale était très peu probable. La perméabilité de la craie est évaluée entre  $5 \cdot 10^{-6}$  m/s et  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s dans sa partie décomprimée épaisse de 5 m sous le déblai et de 10 m à 15 m sous le platier, et entre  $10^{-7}$  m/s et  $2 \cdot 10^{-5}$  m/s dans sa partie saine. Ces valeurs ont été déduites de mesures locales et nécessiteraient d'être étayées. En outre, la "craie pâteuse" dans laquelle se fait une partie des écoulements jusqu'à 25 m sous le platier, a une perméabilité, estimée entre  $10^{-3}$  m/s et  $10^{-2}$  m/s. A défaut de mesure, la perméabilité des remblais a été estimée entre  $10^{-3}$  m/s et  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s.
- la nappe inférieure de la craie est une nappe captive de fissures, légèrement artésienne. Elle circule dans les terrains cénomaniens, entre la craie marneuse au toit et des Argiles de Gault au mur.
- la nappe profonde des Sables Verts de l'Albien est une nappe fortement captive, sous les Argiles de Gault.

La nappe superficielle peut être considérée comme fermée hydrauliquement à sa base.

Un drain a été posé pour contrôler les apports du massif et limiter les circulations sous les bâtiments. Ce "drain amont" longe le pied du talus qui remplace la falaise, sur toute la longueur du site. Des stations de relevage sont installées à chaque extrémité du drain.

Une enceinte géotechnique en deux parties a été mise en place. La paroi principale isole des venues de la mer, longeant le bassin d'alimentation et se refermant côté terre sur le "drain amont". Elle traverse les remblais et est ancrée de 2,5 m dans le platier. Elle comprend un tronçon perpendiculaire qui sépare les tranches 1-2 de l'emplacement des tranches 3-4. Une brèche a été faite dans cette coupure à l'entrée du bassin d'alimentation des tranches 1-2. Cette zone n'est donc plus isolée de la mer. L'enceinte autour de l'emplacement des tranches 3-4 est restée étanche. Une paroi secondaire concerne les stations de pompage. Elle se raccorde à la paroi principale.

Les écoulements de la nappe supérieure varient selon la zone considérée :

- au droit des îlots nucléaires, où la plateforme est en déblai, la nappe est alimentée par les apports en eau douce du continent, régulés par le drain amont. Son niveau est peu influencé par les marées ;
- au droit des salles des machines et des stations de pompage, où la plateforme est constituée de remblais, la nappe est alimentée par les eaux douces du massif calcaire et, en fonction de la marée, drainée ou alimentée par le chenal d'alimentation. Cette influence est moindre dans quelques zones où des ouvrages enterrés constituent un obstacle aux écoulements.

Les vitesses de transfert d'un polluant diffèrent selon le terrain considéré : dans la craie en place, les vitesses ont été estimées de 0,01 m/j à 3 m/j ; dans les remblais, les vitesses sont comprises entre 15 m/j et 65 m/j.

La "cible" à protéger est la Manche, via la nappe superficielle.

### Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 5 piézomètres (le cinquième a été ajouté en 2008).

La surveillance réglementaire porte sur :

- les radionucléides (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ), avec une fréquence de prélèvement mensuelle,
- des paramètres physico-chimiques (hydrocarbures, nitrites, nitrates, phosphates, azote, sulfates, chlorures, CTO, DCO, conductivité, pH...), à raison de six à dix mesures par an.

### Résultats de la surveillance

Des traces d'hydrocarbures ont été détectées dans un piézomètre ne faisant pas partie du dispositif de surveillance au cours d'une campagne de mesures en 2000, puis en 2003. La concentration maximale observée est de 0,56 mg/L. Des investigations pour identifier l'origine de cette pollution étaient en cours en 2003.

En février 2006, EDF a signalé la présence ponctuelle de césium 137 dans l'eau d'un des puits du site. Elle n'a plus été détectée depuis.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE SAINT-ALBAN - SAINT MAURICE

## Contexte hydrogéologique

La nappe au droit du site baigne dans les alluvions sablo-graveleuses du Rhône, épaisses d'environ 17 m. La perméabilité en grand de l'aquifère est estimée entre  $3.10^{-3}$  m/s et  $6.10^{-3}$  m/s. Le plancher de la nappe est constitué par des dépôts marneux d'une perméabilité très faible ( $10^{-9}$  m/s à  $10^{-10}$  m/s).

Sous les radiers des bâtiments réacteur, une couche de remblais constitués d'alluvions sablo-graveleuses compactées, a été mise en place sur une épaisseur comprise entre 30 cm et 50 cm.

La construction de la centrale n'a pas nécessité la mise en place d'une enceinte géotechnique. Cinq puits de rabattement ont été utilisés pour la mise hors d'eau des fouilles.

Au droit du site, la nappe s'écoule dans la direction ouest-est. Elle est délimitée, à l'ouest, côté Rhône, par le canal d'amenée qui l'alimente faiblement et, à l'est, par la dérivation du contre-canal CNR, qui ceinture le site et draine la nappe. Les échanges avec le canal d'amenée sont modérés du fait du colmatage des berges. Les relations entre la nappe et le canal de rejet, du fait de sa conception étanche, sont considérées inexistantes. Les crues du Rhône ne semblent pas perturber la piézométrie de la nappe au droit du site.

Au-delà de la zone encadrée par la dérivation du contre-canal autour du site, la nappe alluviale a conservé son fonctionnement naturel : alimentée par la terrasse alluviale à l'est et drainée par le contre-canal, elle s'écoule d'est en ouest.

La vitesse de transfert d'une pollution a été évaluée entre 4 m/j et 35 m/j.

Les "cibles" à protéger sont la nappe alluviale, le contre-canal et le Rhône, dans lequel le contre-canal se déverse. Les captages d'alimentation en eau potable les plus proches sont au sud sud-est du site, à une distance de 2 km (communes de Saint Alban du Rhône et de Saint Maurice l'Exil). D'autres sont présents plus en aval.

Il est à noter qu'une décharge "hors site" est localisée au sud-est de l'installation. Cette décharge ne contiendrait que des déchets inertes. Elle ne fait pas l'objet d'un suivi quant à son impact éventuel sur les eaux souterraines.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 9 piézomètres. EDF dispose en outre de 7 piézomètres complémentaires.

La surveillance réglementaire porte sur :

- les radionucléides (activités tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ), avec une fréquence de prélèvement mensuelle,
- des paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, MES,  $\text{DBO}_5$ , azote Kjeldahl, Cl,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_4$ , Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn) avec une fréquence de prélèvement trimestrielle.

## Résultats de la surveillance

De 1999 à 2003, des incidents ont entraîné un impact sur la nappe, d'après les documents de l'exploitant. En particulier, en septembre 2001, une vanne de drain du dégazeur du circuit d'appoint d'eau au circuit primaire a, par un défaut d'étanchéité, libéré du tritium, du cobalt 60 et de l'argent 110m. En juin 2002, une bache de stockage d'effluents a débordé. Le polluant est le tritium.

Les incidents ont été suivis d'actions notamment en termes de surveillance et de dépollution.

Cependant l'IRSN ne dispose pas de mesures permettant d'apprécier le marquage de la nappe associé à ces incidents.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DE SAINT-LAURENT-DES-EAUX

## Contexte hydrogéologique

Trois nappes sont à considérer au droit du site :

- la nappe superficielle baigne les alluvions de la Loire. L'épaisseur de cette formation est d'environ 6 m. Sa perméabilité est estimée à  $5.10^{-3}$  m/s ;
- la "nappe" des marno-calcaires de Pithiviers-Morancez et du haut Eocène inférieur, est mal connue. Elle est peu puissante et circule dans les joints et les fissures de la formation. Elle semble suivre l'évolution de la nappe alluviale et semble plus réactive que celle-ci aux montées de crues de la Loire. Elle communique a priori tant avec la nappe superficielle qu'avec la nappe profonde. Cependant les circulations horizontales restent prépondérantes. Ces formations ont une épaisseur totale de 14 m en moyenne. La perméabilité reflète l'hétérogénéité de ces formations, variant entre  $2.10^{-4}$  m/s (calcaire fissuré perméable) et  $10^{-7}$  m/s (marnes imperméables) ;
- la nappe "profonde", de la base de l'Eocène inférieur, de l'argile à silex et de la craie altérée est artésienne. L'aquifère, mal connu, fait l'objet de pompages intensifs qui, au cours des années 1990, sont devenus supérieurs à sa capacité de réalimentation. A ce jour, la nappe demeure en charge vis-à-vis de la nappe marno-calcaire, ce qui se traduit par un écoulement ascendant. Elle est donc très peu exposée à un risque de contamination. La perméabilité de la craie a été évaluée entre  $10^{-10}$  m/s pour la matrice et  $5.10^{-4}$  m/s pour les horizons productifs.

Deux enceintes géotechniques ont été mises en place autour de Saint Laurent A et Saint Laurent B.

L'enceinte de Saint Laurent B traverse les alluvions et est ancrée dans les marnes et calcaires de Pithiviers-Morancez sur 1 m environ. Initialement continue et fermée, l'enceinte de Saint Laurent B a été ouverte par des brèches. Certaines ont fait l'objet d'une restauration de l'étanchéité (argiles compactées), d'autres non ; ainsi le coin sud-est de l'enceinte, qui empiétait sur l'emprise du canal de prise, constitue aujourd'hui la voie principale de communication hydraulique entre l'intérieur et l'extérieur de l'enceinte géotechnique.

Depuis 1992, des pompages ont été mis en place à l'intérieur de l'enceinte de Saint Laurent B, à partir du dispositif de rabattement datant des travaux de construction. Ce dispositif comprend 13 puits filtrants encore en état à ce jour, un drain à la périphérie du site aujourd'hui enterré et deux puits d'exhaure. Le pompage se fait en discontinu, sur la base des niveaux haut et bas qui définissent respectivement son déclenchement et son arrêt. L'eau pompée est rejetée en Loire.

Le site est localisé sur une presqu'île, entourée au nord et à l'ouest par un méandre de la Loire et au sud-est par le canal de prise qui se prolonge par un lac artificiel.

A l'extérieur de l'enceinte géotechnique de Saint Laurent B, la nappe des alluvions est alimentée par le canal d'amenée et drainée par la Loire, suivant des directions d'écoulement en éventail. A proximité de l'enceinte de Saint Laurent B, la direction est sud-est - nord-ouest. En montée de crue, la nappe des alluvions monte moins vite et moins haut que le fleuve et le canal qui l'alimentent. En décrue, elle a également une dynamique moindre et se retrouve "suspendue" entre le fleuve et le canal qui la drainent. Par ailleurs, les relations entre les nappes superficielles et marno-calcaire sont mal connues. Selon le faciès prédominant des marno-calcaires à l'interface, il peut y avoir continuité entre les deux aquifères (faciès calcaire) ou deux aquifères distincts (faciès marneux).

A l'intérieur de l'enceinte géotechnique, la nappe alluviale est alimentée par la brèche au coin sud-est. Il est à noter que les pompages mis en place en 1992 abaissent le niveau piézométrique de la nappe à l'intérieur de l'enceinte et à sa périphérie immédiate (au nord). Les écoulements se font de l'extérieur vers l'intérieur de l'enceinte. Il est à noter qu'avant la mise en place des pompages, l'eau circulait du sud-est au nord-ouest, ressortant de l'enceinte à travers et en-dessous ses parois nord et ouest. En

outre, lors des crues de la Loire, la nappe était alimentée par l'extérieur, par la brèche et à travers et en-dessous les parois de l'enceinte ; en décrue, les écoulements s'inversaient.

L'IRSN ne dispose pas d'informations relatives à la nappe à l'intérieur de l'enceinte de Saint Laurent A.

Un calcul avec des hypothèses pessimistes (notamment contexte de décrue) estime à 22 jours le temps de transfert d'une pollution de l'intérieur de l'enceinte à la Loire.

Les "cibles" à protéger sont la nappe alluviale, la nappe marno-calcaire et la Loire. La Loire constitue la source d'alimentation en eau potable de la ville de Blois, à l'aval du site. L'irrigation puise ses ressources principalement dans la nappe profonde, et dans une moindre mesure, dans la nappe alluviale et dans le fleuve. Des étangs voisins du site sont utilisés pour des activités de chasse et de pêche.

### **Dispositif de surveillance**

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 15 piézomètres qui font l'objet de mesures radiologiques (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ), avec une fréquence de prélèvement mensuelle, trimestrielle ou annuelle, selon les points. Pour neuf d'entre eux, une mesure de paramètres physico-chimiques (pH, conductivité, COT, DCO, hydrocarbures, composés azotés, métaux totaux, chlorures, sulfates) est faite annuellement.

### **Résultats de la surveillance**

En 2003, une fuite de fioul a été découverte dans la zone de Saint Laurent A. Le sol et la nappe sont contaminés. Les travaux de dépollution ont été planifiés pour s'achever en 2010, parallèlement aux opérations de démantèlement de Saint-Laurent A.

En août 2008, un dépôt de PCB a été identifié à l'emplacement des anciennes chaudières auxiliaires. Des investigations sont en cours pour caractériser ce dépôt et évaluer son éventuel impact.

# CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE (CNPE) DU TRICASTIN

## Contexte hydrogéologique

La nappe phréatique s'écoule dans les alluvions sablo-graveleuses du Rhône d'une dizaine de mètres d'épaisseur et très perméables. L'aquifère est limité à sa base par une couche de marnes d'une centaine de mètres d'épaisseur et peu perméable et, latéralement, par le Rhône à l'ouest et le canal de Donzère-Mondragon à l'est. Une couche de limons peu perméables recouvre les alluvions ; la nappe est captive sous ces limons en amont du site, et libre à l'aval où l'épaisseur des limons est moins importante.

Les tranches sont entourées d'une enceinte géotechnique relativement étanche ; un système de pompage permet le rabattement du niveau de la nappe à l'intérieur de l'enceinte. Ce dispositif est utilisé pour maintenir en permanence un niveau de la nappe plus bas à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'enceinte. Ceci empêche qu'une pollution de la nappe au niveau des tranches atteigne la nappe à l'extérieur de l'enceinte. Il est à noter que les alluvions et remblais à l'intérieur de l'enceinte ont une perméabilité d'environ  $3.10^{-3}$  m/s.

A l'extérieur de l'enceinte géotechnique, la nappe est alimentée par le canal et, dans une moindre mesure, le contre-canal, dont les berges se colmatent progressivement, les eaux de surface et les précipitations. La nappe est drainée par de nombreux ruisseaux et par le fleuve. Les écoulements sont orientés du nord-est vers le sud-ouest, voire est-ouest au droit du site.

A l'intérieur de l'enceinte, la nappe est contrôlée par le dispositif de pompage.

Les "cibles" à protéger sont le canal de Donzère-Mondragon et le contre-canal. Le forage d'alimentation en eau potable du site (N4), localisé au sud, n'est plus une "cible" depuis que l'eau potable du site est fournie par le réseau de la commune de Bollène.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire comporte 5 piézomètres situés à l'extérieur (4) et à l'intérieur (1) de l'enceinte géotechnique. EDF dispose par ailleurs de 32 piézomètres répartis à l'intérieur (31) et à l'extérieur (1) du site. La surveillance réglementaire porte :

- pour les 5 piézomètres réglementaires et avec une fréquence de prélèvement mensuelle, sur :
  - o l'activité volumique (tritium,  $\beta$  global,  $^{40}\text{K}$ ) pour l'eau filtrée,
  - o les activités  $\beta$  global volumique et massique pour les matières en suspension.
- pour un dispositif complémentaire de 10 piézomètres, activé en cas de besoin et avec une fréquence de prélèvement hebdomadaire voire journalière, sur l'activité du tritium (voir ci - après).

En 2006, à l'issue de l'instruction de la DARPE du Tricastin, l'IRSN soulignait que le dispositif de surveillance réglementaire devrait être réexaminé pour tenir compte des spécificités hydrogéologiques du site et du risque de contamination des eaux souterraines par le tritium, en s'appuyant notamment sur un état des lieux précis et exhaustif des conséquences des rejets accidentels dans la nappe. L'IRSN relevait cependant que la pollution de la nappe par du tritium demeurait confinée à l'intérieur de l'enceinte géotechnique et n'avait pas d'incidence sur la nappe à l'extérieur. Les évolutions apportées au dispositif de surveillance d'EDF sont examinées dans le cadre de la préparation de la réunion du groupe permanent dédiée à la gestion des effluents.

### Résultats de la surveillance

Entre 1984 et 2001, des pollutions par du tritium ont été observées à de nombreuses reprises dans dix piézomètres situés à l'intérieur de l'enceinte géotechnique. Plusieurs origines (réseau de galeries, cuvelages, réservoirs d'effluents avant rejet) ont été identifiées et traitées. Le pompage de la nappe à l'intérieur de l'enceinte conduit à la résorption des pollutions. Ainsi, en 1991, une fuite lors d'une vidange d'une bache de stockage d'effluents a généré une pollution par du tritium (activité maximale : quelques milliers de becquerels par litre) ; en 2008, il ne reste plus de traces de cette pollution.

En 2005 et 2007, des activités maximales de tritium de 4 100 Bq/L puis 1900 Bq/L ont été observées. L'origine, un défaut d'étanchéité d'un réservoir d'effluents radioactifs notamment, a été identifiée et traitée. L'activité observée dans la nappe a diminué en deçà de 100 Bq/L.

En février 2008, une activité de 100 Bq/L à 150 Bq/L a été détectée dans la nappe à l'intérieur de l'enceinte. Des investigations sont en cours.

# ANCIENNE CENTRALE NUCLEAIRE DE BRENNILIS

## Contexte hydrogéologique

L'ancienne centrale de Brennilis est bordée au nord et à l'est par la rivière l'Ellez, dont l'ancien cours passe sous les remblais de la plateforme. Le sous-sol du site est constitué de remblais, d'alluvions, d'arènes granitiques, de granites altéré et sain. La nappe au droit du site circule essentiellement dans les arènes et les remblais, mais également dans les alluvions et le granite altéré. Localement, les alluvions et les arènes peuvent présenter des zones argileuses dans les parties superficielles des terrains, conférant localement un caractère artésien à la nappe.

Les remblais ont une perméabilité supérieure à  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s. Les alluvions hétérogènes présentent des perméabilités variant entre moins de  $10^{-8}$  m/s et plus de  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s. La perméabilité des arènes est d'environ  $3 \cdot 10^{-5}$  m/s. Les granites altérés ont des perméabilités comprises entre  $4 \cdot 10^{-5}$  m/s et  $2 \cdot 10^{-4}$  m/s. Enfin, le granite sain présente une perméabilité très faible, inférieure à  $10^{-8}$  m/s.

En 2001, EDF a obtenu l'autorisation de mettre en place un pompage de rabattement de la nappe, en vue des travaux de « déconstruction » de la centrale et notamment de l'excavation d'une partie du sol contaminé. Une demande d'arrêt de ce pompage a fait l'objet d'une instruction de la part de l'IRSN en 2007 et 2008 (cf. ci-dessous).

Les écoulements suivent une direction sud-nord, depuis le point haut du site au sud, vers l'Ellez qui draine l'aquifère. Suivant cette direction, l'épaisseur de l'arène formée par altération du granite diminue, entraînant une baisse de la transmissivité de l'aquifère et un effet de barrage aux écoulements. Il est à noter qu'une partie des écoulements pourrait se faire dans le granite altéré et le granite sain, de l'ouest vers l'est, en direction de l'Ellez, à la faveur de fractures sub-verticales.

## Dispositif de surveillance

La demande d'arrêt du pompage de rabattement s'est accompagnée notamment de la proposition d'un dispositif de surveillance des eaux souterraines permettant d'évaluer l'impact de cet arrêt sur la nappe, compte tenu de la contamination du sol. EDF a proposé d'utiliser des puits et piézomètres existants en aval hydraulique et d'ajouter deux piézomètres, dont l'un à l'amont. Le suivi radiologique projeté porterait sur le tritium, le potassium 40, l'activité  $\beta$  globale et la spectrométrie  $\gamma$ . Le dispositif serait allégé voire supprimé en cas d'absence d'élément significatif au cours des premiers mois.

Cette demande a fait l'objet d'une instruction en 2007 et 2008 par l'IRSN qui, d'une part a validé le choix des piézomètres, d'autre part a préconisé :

- une fréquence mensuelle, adaptée aux vitesses d'écoulement, pour le contrôle de la piézométrie et des activités ;
- un bilan après une année de surveillance afin, le cas échéant, d'ajuster le dispositif de surveillance.

En outre, l'IRSN a estimé qu'un bilan des mesures de surveillance des eaux souterraines devrait être intégré dans les bilans annuels de sûreté.

## Résultats de la surveillance

Les prélèvements réalisés au cours des cinq dernières années n'ont pas montré de marquage des eaux par une pollution chimique ou radiologique.

# ANCIEN SURGENERATEUR SUPERPHENIX A CREYS-MALVILLE

## Contexte hydrogéologique

La nappe phréatique circule dans les alluvions du Rhône. Cet aquifère est recouvert par une formation superficielle constituée de limons et d'argiles, ou de remblais. Les alluvions ont une perméabilité de l'ordre de  $5.10^{-3}$  m/s à  $10^{-2}$  m/s et leur épaisseur, de vingt mètres en moyenne, varie entre quelques mètres et trente mètres.

La nappe est alimentée par les précipitations et par les apports des coteaux au sud-ouest du site. Elle est drainée par le Rhône. Elle s'écoule globalement du sud-ouest vers le nord-est.

## Dispositif de surveillance

Le réseau de surveillance réglementaire de la nappe comprend 6 piézomètres, dont 5 font l'objet d'un suivi radiologique mensuel (activité du tritium, activité  $\beta$  global et activité du potassium 40) et 1 fait l'objet d'un suivi radiologique semestriel (activité du tritium, activité  $\beta$  global et activité du potassium 40). Parmi ces ouvrages, deux sont exploités pour la surveillance de l'Installation de découpage et de transit des déchets TFA (IDT TFA).

En 2004, à l'issue de l'instruction de la DARPE de Creys-Malville, l'IRSN soulignait que des évolutions du dispositif de surveillance seraient à prévoir, compte-tenu notamment de l'impact d'un pompage dont la mise en exploitation était programmée pour mi-2005. L'IRSN estimait que, dans ce cadre, il conviendrait qu'EDF intègre une surveillance de la nappe "en amont" des installations du site et au niveau des ouvrages de pompage.

## Résultats de la surveillance

Les contrôles n'ont pas mis en évidence de pollution de la nappe.

# CENTRE CEA DE CADARACHE

## Contexte hydrogéologique

Le substratum du site de Cadarache est formé par des calcaires du Crétacé qui constituent les reliefs actuels. Dans de vastes secteurs, le massif calcaire est recouvert par des formations détritiques du Miocène (Tertiaire) et du Quaternaire qui constituent le remplissage de paléo-vallées. La vallée du ruisseau de la Bête occupe la principale de ces paléo vallées, elle entaille le substratum calcaire sur plus d'une centaine de mètres de profondeur.

Deux aquifères qui se distinguent par des propriétés hydrogéologiques très différentes sont le siège des écoulements de la nappe phréatique.

L'aquifère supérieur est constitué par les formations détritiques du Miocène et du Quaternaire. Il présente une porosité d'interstice et une perméabilité relativement faible. L'ordre de grandeur des vitesses d'écoulement de l'eau varie dans une gamme allant de 1 m/an à 1 m/j. La nappe est alimentée principalement par les précipitations ; localement et durant certaines périodes, elle est alimentée par la nappe des calcaires. Ses exutoires sont le ruisseau de la Bête, notamment au niveau des sources de la Grande Bastide, la Durance et la nappe des calcaires sous-jacente.

Le second aquifère est constitué par les calcaires. L'eau s'écoule dans un réseau complexe de fissures et de cavités élargies par dissolution des carbonates (karst). Les vitesses d'écoulement de l'eau dans ce milieu sont donc extrêmement variables et peuvent atteindre 10 m/h. La nappe est alimentée par les précipitations et, en période de basses eaux, par la nappe du Miocène/Quaternaire ainsi que par les pertes des ruisseaux de la Bête et de l'Abéou. Ses exutoires sont la Durance, les sources de la Grande Bastide (par l'intermédiaire de l'aquifère Miocène/Quaternaire), les ruisseaux de la Bête et de l'Abéou ainsi que des sources temporaires. Il est à noter que les directions d'écoulement de cette nappe peuvent évoluer fortement en fonction du niveau de remplissage de l'aquifère. De plus, la capacité de détection d'une pollution par des prélèvements dans un piézomètre dépend de la manière dont cet ouvrage traverse les discontinuités du massif dans lesquelles s'écoule l'eau.

## Dispositif de surveillance

La surveillance de la nappe phréatique s'écoulant dans les deux aquifères s'appuie sur l'exploitation d'un réseau de 39 piézomètres réglementaires. De plus, une surveillance est exercée dans 67 piézomètres d'un réseau complémentaire. Les prélèvements sont effectués mensuellement pour le réseau de surveillance réglementaire et pour certains ouvrages du réseau complémentaire (les autres ouvrages faisant l'objet de prélèvements à un rythme plus variable). Les analyses portent systématiquement sur les activités volumiques  $\alpha$  global,  $\beta$  global et du tritium dans l'eau filtrée. En fonction de l'historique des quelques secteurs présentant une pollution, des paramètres supplémentaires sont surveillés, dont notamment le strontium 90.

Dans le cadre de la préparation des arrêtés de rejets, l'IRSN s'est attaché principalement à vérifier que les ouvrages de la surveillance réglementaire permettraient de surveiller l'impact des activités des installations sur les nappes à l'extérieur du site compte tenu en particulier des difficultés associées à la surveillance de la nappe des calcaires. Il est à noter que l'amélioration des connaissances des écoulements dans cet aquifère complexe apportée par les études mises en œuvre par l'exploitant devrait permettre d'optimiser la surveillance.

Pour ce qui concerne la capacité des dispositifs de surveillance à caractériser les pollutions locales anciennes et à détecter rapidement une nouvelle contamination éventuelle de la nappe, les examens des dossiers de sûreté ont été l'occasion de l'identification de quelques lacunes que l'exploitant s'est engagé à corriger.

## Résultats de la surveillance

Il n'est pas constaté de pollution à l'extérieur du centre. La nappe phréatique présente par contre une pollution ou un marquage dans 5 secteurs dont 4 sont liés à des INB (INB 56 tranchées et parc d'entreposage de déchets, INB 37 et INB 24). Ces derniers ont fait l'objet d'un examen par l'IRSN. Ces pollutions sont principalement dues au tritium et, dans certains cas, à du strontium 90 et dans une

moindre mesure à des émetteurs  $\alpha$ . Elles ont présenté au cours des dernières années des évolutions lentes et, pour l'une d'entre elles, une tendance nette à la résorption.

# CENTRE CEA DE GRENOBLE

## Contexte hydrogéologique

La nappe phréatique s'écoule dans les alluvions de l'Isère et du Drac, dont la confluence est située à proximité du site, en aval. Cet aquifère de 10 à 20 mètres d'épaisseur est limité à sa base par un substratum argileux très faiblement perméable. La perméabilité des alluvions est forte à très forte ( $10^{-3}$  à  $10^{-2}$  m/s), la vitesse d'écoulement de l'eau de la nappe est de l'ordre de 10 m/j. La nappe est en relation étroite avec le Drac, qui l'alimente, et l'Isère qui constitue un de ses exutoires. L'autre exutoire notable de la nappe est un dispositif de drainage « drains EDF » mis en place le long des cours d'eau pour réduire la remontée du niveau de la nappe à la suite de la construction du barrage de Saint-Egrève situé en aval de la confluence. La direction d'écoulement générale est orientée vers le nord. Elle est modifiée localement par des pompages destinés au rabattement de la nappe ou aux prélèvements d'eau à usage industriel.

## Dispositif de surveillance

La surveillance réglementaire des eaux souterraines s'appuie sur des contrôles effectués sur une quinzaine de points du site : puits, piézomètres, puits de pompage et drains EDF. La surveillance réglementaire consiste en des mesures des activités volumiques  $\alpha$  global,  $\beta$  global, de l'uranium et du tritium, ainsi qu'une spectrométrie gamma et un dosage du potassium. La fréquence de prélèvement est mensuelle.

## Résultats de la surveillance

L'IRSN ne dispose pas d'informations sur les résultats de la surveillance réglementaire de la nappe phréatique.

# CENTRE CEA DE SACLAY

## Contexte hydrogéologique

Deux niveaux d'aquifère se distinguent.

L'aquifère profond des Sables de Fontainebleau, de 60 m d'épaisseur, limité à sa base par les Marnes à huitres peu perméables, possède une perméabilité horizontale de  $10^{-4}$  à  $10^{-5}$  m/s. En première approximation, la vitesse d'écoulement de l'eau de la nappe est de l'ordre de 10 m/an. La nappe s'écoule du nord vers le sud. Au droit du site, elle est notamment alimentée par 73 puits aux sables créés lors de l'aménagement du site pour assainir et drainer le sous-sol des installations. Les exutoires de cette nappe, en aval du site, sont constitués par des sources situées sur les versants sud et ouest du plateau de Saclay - vallées de l'Yvette et de la Mérantaise. Une dizaine de captages sont référencés comme ouvrages prélevant l'eau de la nappe des Sables de Fontainebleau (vocation agricole ou industrielle). Depuis la fin 2006, le Centre d'Essais des Propulseurs a fortement réduit son pompage dans la nappe et ne l'exploite plus pour ses besoins en eau potable.

L'aquifère superficiel constitué par les Argiles à meulière, siège de nappes perchées, se situe dans des niveaux sablo-limoneux peu perméables ( $10^{-7}$  à  $10^{-8}$  m/s) d'extension et de profondeur variables, alimentés par la pluie, sans sens d'écoulement stable. Pour certaines INB, des dispositifs pour maîtriser le contact des installations et des nappes perchées ont été installés : puits aux sables, enceinte géotechnique (bâtiment 114 de l'INB 72) ou réseau drainant (projet STELLA). Ces deux derniers dispositifs devraient empêcher qu'une pollution n'atteigne la nappe. Des captages privés peuvent exploiter localement la nappe superficielle.

## Dispositif de surveillance

Le programme de surveillance réglementaire des nappes est constitué :

- pour la nappe superficielle, d'un réseau de 3 piézomètres à l'intérieur du centre (prélèvements mensuels pour l'un, trimestriels pour les autres) et de 4 à l'extérieur (prélèvements trimestriels pour l'un, annuels pour les autres) ;
- pour la nappe des Sables de Fontainebleau, d'un réseau de 9 piézomètres (prélèvements mensuels) à l'intérieur du centre et de 11 points à l'extérieur (forages ou sources suivis trimestriellement, semestriellement ou annuellement).

Les analyses effectuées varient suivant les ouvrages : activité volumique  $\alpha$  globale et  $\beta$  globale sur l'eau filtrée et les matières en suspension ; activité du tritium et du carbone 14 dans l'eau ; mesures de la conductivité, du pH, du carbone organique total, des anions et des cations.

Ponctuellement, pour certains ouvrages, des analyses ont porté sur des radionucléides spécifiques tels que le cobalt 60 ou le césium 137, ainsi que le radium 228 et le plomb 210.

## Résultats de la surveillance

Pour ce qui concerne l'eau de la nappe des sables de Fontainebleau, un marquage par du tritium est observable sous et autour du site. Le marquage est significativement plus important dans la zone de l'INB n°72, au niveau du forage F44, en raison de la présence de carbone 14 mis en évidence à cet endroit, en plus du tritium (une centaine de Bq/L). Il pourrait s'agir d'infiltrations d'eau provenant de l'étang de Villiers, mais aussi de l'entreposage en puits de l'INB n°72. En 1995 une paroi étanche a été mise en place autour du bâtiment n°114 pour empêcher la présence d'eau souterraine au contact des ouvrages semi-enterrés. L'efficacité actuelle de ce dispositif est en cours d'examen par l'IRSN.

Pour ce qui concerne l'eau de la nappe superficielle, elle est également marquée par du tritium en particulier autour des installations effectuant des rejets atmosphériques de tritium. Il est à noter que plusieurs puits aux sables présentent des marquages des terrains et de l'eau qu'ils contiennent parfois. Ainsi, pour l'INB n°72, le puits 114-2, récemment bouché à 3 mètres de profondeur, présente des

valeurs supérieures au millier de Bq/L ; les relations entre ce marquage superficiel et le marquage en tritium de la nappe des sables de Fontainebleau ne sont pas clairement établies à ce jour. Un marquage par du césium 137 a également été observé en 2005 dans les terrains au fond du puits aux sables 40 (INB n° 35).

Pour ce qui concerne la capacité des dispositifs de surveillance à caractériser les pollutions locales anciennes et à détecter rapidement une nouvelle contamination éventuelle de la nappe, les examens des dossiers de sûreté ont permis l'identification de lacunes, liées notamment à une prise en compte insuffisante des directions locales des écoulements, que le CEA s'est engagé à corriger.

Dans le cadre des examens des dossiers de sûreté, l'IRSN a souligné la nécessité d'améliorer les moyens de surveillance des nappes perchées à proximité immédiate de certaines installations et le fait que les puits aux sables représentent un chemin préférentiel vers la nappe des Sables de Fontainebleau en cas d'incident. Le CEA a entrepris un examen de cette question, en soulignant la difficulté de bien caractériser le fonctionnement des nappes perchées, situées dans des lentilles sédimentaires discontinues.

# CENTRE CEA DE VALDUC

## Contexte hydrogéologique

Le site de Valduc est implanté sur un plateau morcelé par de nombreux vallons ou "combes". Le massif constituant ce plateau est formé de quatre unités stratigraphiques du Secondaire formant une alternance de niveaux calcaires perméables et de niveaux marneux peu perméables.

Les calcaires du Bathonien constituent l'aquifère supérieur. Ce milieu fissuré est le siège d'une nappe perchée limitée à sa base par les marnes du Bajocien supérieur. Les failles affectant le massif et les jeux entre les différents compartiments font que cette limite n'est pas continue. Ainsi, la nappe supérieure peut alimenter, par endroits et de manière importante, la nappe inférieure du Bajocien. Au droit du site, la nappe supérieure est peu épaisse (environ 10 m) et située à une profondeur de 50 à 70 m. Elle est alimentée par l'infiltration des précipitations et drainée par de nombreuses sources, pour la plupart temporaires et localisées en bordure du plateau. Les directions d'écoulement, difficilement caractérisables dans ce milieu fissuré, sont relativement mal connues, en dehors de secteurs où des essais de traçage ont été réalisés. L'eau s'écoule dans les réseaux de fissures, plus ou moins élargies par la dissolution des carbonates (érosion karstique), à une vitesse qui peut atteindre 10 m/h.

Les calcaires du Bajocien constituent l'aquifère inférieur dont la limite imperméable inférieure est formée par les marnes du Toarcien. Dans cet aquifère, également fissuré, s'écoule une nappe alimentée par l'infiltration des eaux de précipitation et celles de la nappe supérieure. Au sud du site, les principaux exutoires de la nappe sont le ru de Noirvau et les sources R III et R IV. La direction supposée de l'écoulement est orientée vers le sud.

Le point de captage d'eau le plus proche est situé à 5 km du CEA/Valduc.

Lors des examens des dossiers de sûreté de différentes installations du site de Valduc, l'IRSN a relevé à plusieurs reprises des lacunes dans le niveau de connaissance de l'hydrogéologie du site, notamment pour ce qui concerne la fissuration du massif et la piézométrie des nappes d'eaux souterraines. Le CEA mène depuis plusieurs années un programme d'étude approfondie de l'hydrogéologie du site.

## Dispositif de surveillance

La surveillance réglementaire des eaux souterraines s'appuie sur des contrôles effectués sur les eaux de 3 sources, d'un ruisseau et d'un étang. De plus, le CEA dispose d'une vingtaine de piézomètres implantés sur le site et dans son environnement. Certains de ces ouvrages sont utilisés pour une surveillance complémentaire. La surveillance réglementaire consiste en des analyses mensuelles des activités volumiques  $\alpha$  global,  $\beta$  global, de l'uranium et du tritium. A l'occasion des examens des dossiers de sûreté de différentes installations du site de Valduc, l'IRSN a relevé à plusieurs reprises que l'implantation des points de surveillance des nappes ne permettrait qu'une détection tardive d'une éventuelle contamination de ces nappes par un rejet sur le sol survenant dans la zone de protection renforcée, alors que cette contamination serait déjà sensible à l'extérieur du site.

## Résultats de la surveillance

Les résultats de la surveillance réglementaire montrent des niveaux significatifs de contamination par le tritium dans l'ensemble des points de surveillance. Aucune anomalie n'apparaît pour les autres paramètres surveillés. Le marquage par le tritium résulte des rejets atmosphériques autorisés, il atteint 100 à 200 Bq/L aux exutoires des nappes s'écoulant sous le site. Il décroît lentement au cours du temps, en particulier du fait de la réduction des rejets atmosphériques de tritium.

# CENTRE DE STOCKAGE DE DECHETS FA/MA DE SOULAINES (ANDRA)

## Contexte hydrogéologique

L'aquifère sur lequel repose ce centre est constitué par des sables argileux de l'Aptien dont la perméabilité est de l'ordre de  $10^{-6}$  m/s. Ces sables reposent sur une couche argileuse épaisse de plusieurs dizaines de mètres. La nappe s'écoule vers le ruisseau des Noues d'Amance et la plus grande partie des écoulements est dirigée vers le nord-ouest. La nappe est drainée par le bassin de recueil des eaux d'orage du centre, dont le parement amont, non étanchéifié, entaille l'aquifère. Ensuite ces eaux sont, après contrôle, rejetées dans le ruisseau des Noues d'Amance. La vitesse des écoulements de la nappe est, en moyenne, de l'ordre de 100 m/an.

## Dispositif de surveillance

Le plan réglementaire de surveillance du centre comprend, actuellement, une vingtaine de piézomètres implantés dans les sables de l'Aptien et 2 piézomètres captant les niveaux profonds (sous l'argile) du Barrémien et du Portlandien. D'autres piézomètres captant l'aquifère des sables de l'Aptien (une soixantaine environ) peuvent faire l'objet de mesures en cas de besoin.

Les mesures effectuées en routine dans le cadre du plan réglementaire de surveillance concernent les paramètres suivants : activité volumique  $\alpha$  globale,  $\beta$  globale et  $^3\text{H}$ , pH et teneurs en potassium sur eau filtrée ainsi que des analyses physico-chimiques. En cas de besoin, des analyses radiochimiques pourraient être effectuées.

## Résultats de la surveillance

Le seul marquage des eaux de la nappe observé se traduit par l'observation épisodique (durant une période de l'ordre de 1 à 2 ans) de pics de tritium à de très faibles niveaux, de l'ordre de la dizaine de Bq/L, dans certains piézomètres. La présence de tritium à de tels niveaux avait déjà été mise en évidence dans les eaux de la nappe avant la mise en actif de ce centre. Il est donc difficile, actuellement, de savoir si ce léger marquage est lié à une émanation diffuse de tritium hors des ouvrages de stockage ou à un apport atmosphérique dont l'origine reste à préciser. L'évolution de ce marquage pourrait peut-être permettre de discriminer ces deux hypothèses.

## FBFC A ROMANS-SUR-ISERE

### Contexte hydrogéologique

La nappe phréatique circule, au droit du centre de la ville de Romans, dans les alluvions grossières du quaternaire (perméabilité  $1.10^{-4}$  m/s à  $10^{-3}$  m/s) et, au droit du site FBFC, dans la formation molassique sous-jacente (perméabilité  $1.10^{-6}$  m/s à  $5.10^{-5}$  m/s). Le toit de la nappe se trouve entre 10 et 14 mètres de profondeur.

La nappe est alimentée par l'infiltration des eaux pluviales et drainée par l'Isère. Selon des relevés piézométriques, la limite nord du site coïnciderait avec la ligne de partage des eaux souterraines : au nord de cette ligne, la nappe s'écoulerait du sud-est vers le nord-ouest, en direction de forages AEP de Romans. Au sud de cette ligne, les eaux souterraines s'écouleraient du nord-nord-est vers le sud-sud-ouest, vers l'Isère. Il est à noter que, lors du réexamen de sûreté de l'INB 63 en 2006, l'IRSN avait relevé des incertitudes concernant la position de la ligne de partage des eaux et les directions d'écoulement au nord du site, en particulier pour ce qui concerne la période des basses eaux : le site pourrait se trouver dans le bassin versant hydrogéologique des captages pour l'alimentation en eau potable de Romans. L'exploitant s'est engagé à réaliser un suivi mensuel de la piézométrie afin de lever cette incertitude.

Les vitesses d'écoulement dans la nappe ont été évaluées entre 10 m/j et 20 m/j.

A proximité du site, la nappe phréatique est captée pour l'alimentation en eau potable des communes de Romans-sur-Isère (Etournelles et Tricot) et de Saint-Paul-les-Romans (Balmas). Il existe également quelques forages à usage industriel ou à usage privé (arrosage).

### Dispositif de surveillance

La surveillance des eaux souterraines s'appuie sur l'exploitation de 6 piézomètres. Les prélèvements sont effectués mensuellement. Les analyses portent sur les concentrations en fluorures et en uranium total.

A l'issue de l'instruction du rapport de sûreté de l'INB 63, l'IRSN a estimé que le réseau de surveillance était insuffisant et devait être complété par un nouveau piézomètre dans l'angle nord-ouest du site, afin d'améliorer la surveillance en amont des captages pour l'alimentation en eau potable de Romans, et au moins d'un nouveau piézomètre en aval immédiat des parcs à déchets.

### Résultats de la surveillance

Pour la période de 1993 à 2003, les teneurs en uranium total sont restées inférieures à la limite de détection de 15 µg/L. Depuis 2004, la limite de détection est de 0,2 µg/l. Les teneurs varient entre 0,3 et 2 µg/L selon les points considérés.

Les teneurs en fluorures mesurées au cours des premiers mois de 2006 étaient comprises entre 60 µg/L et 90 µg/L pour les différents points.

L'IRSN relevait, à l'issue de l'instruction du rapport de sûreté de l'INB 63, qu'une étude des pollutions des sols était programmée pour 2006. L'IRSN estimait nécessaire que, sur la base des résultats de cette étude, l'exploitant réexamine la liste des paramètres surveillés pour les deux INB.

# SICN A VEUREY-VOROIZE

## Contexte hydrogéologique

La nappe phréatique s'écoule dans les alluvions de l'Isère. Cet aquifère est recouvert par une formation superficielle d'un à cinq mètres d'épaisseur, constituée de remblais et de limons. La formation superficielle présente localement une faible perméabilité et limite les infiltrations d'eau depuis la surface. Cependant, des puits perdus ont été créés lors de l'aménagement du site pour permettre l'évacuation des eaux pluviales. Ces ouvrages facilitent l'infiltration vers la nappe. L'aquifère, d'une dizaine de mètres d'épaisseur, est limité à sa base par un substratum argileux très faiblement perméable. Il est caractérisé par un coefficient de perméabilité élevé ( $10^{-3}$  m/s). La nappe est en relation étroite avec l'Isère qui constitue son exutoire. En première approximation, la vitesse d'écoulement de l'eau de la nappe est de l'ordre de 10 m/j. La direction d'écoulement générale est orientée vers le nord-nord-est. Sur le site et dans son environnement proche, elle est influencée par des puits de pompage à usage industriel.

## Dispositif de surveillance

Un bilan a été établi en 2005 pour les aires extérieures dans le cadre du démantèlement des INB 65 et 90. Il s'appuie sur l'exploitation de 10 piézomètres implantés sur le site et ayant tous fait l'objet de prélèvements d'échantillon lors de 5 campagnes entre 2002 et 2005. Les analyses effectuées sur ces échantillons ont porté sur la mesure des concentrations en uranium et d'autres polluants chimiques. Dans le cadre du démantèlement des installations, l'exploitant prévoyait, en 2005, de maintenir une surveillance semestrielle au niveau de ces points. L'IRSN a conclu son examen du dossier sur le besoin de quelques compléments à ce projet de surveillance.

## Résultats de la surveillance

Les résultats des campagnes de mesure ont montré des concentrations en uranium allant de niveaux inférieurs aux limites de détection (1 µg/L) jusqu'à 430 µg/L. La nappe est polluée dans deux zones du site. Pour l'ensemble des points présentant une pollution, une décroissance notable des concentrations (d'un facteur supérieur à trois) est observée sur la période d'investigation de trois ans.

## SITE NUCLEAIRE DE LA HAGUE (AREVA-NC)

### Contexte hydrogéologique

La nappe phréatique s'écoule dans un aquifère d'épaisseur variable (20 à 30 m) correspondant majoritairement à la partie altérée du substratum de nature schisteuse ou gréseuse. La perméabilité de la roche altérée est faible ( $10^{-7}$  à  $10^{-9}$  m/s), mais la vitesse d'écoulement peut atteindre très localement 10 m/h du fait de la présence de failles ou de fractures. L'alimentation par les eaux pluviales et la circulation des eaux souterraines sont fortement perturbées sur l'ensemble du site, par les terrassements et les aménagements effectués depuis la création. Les réseaux de drainage profonds, installés pour maîtriser le contact de bâtiments avec la nappe, provoquent un rabattement très important de la nappe qui conditionne très fortement les directions d'écoulement. Trois zones hydrogéologiques principales sont mises en évidence ; elles mènent toutes à la mer soit vers le nord, soit vers le sud.

La nappe est drainée par 7 bassins versants alimentant des petites rivières. Les éventuels forages privés situés à proximité du site peuvent être considérés comme une autre "cible".

### Dispositif de surveillance

La surveillance réglementaire de la nappe s'appuie sur un réseau de 53 ouvrages à l'intérieur du site et d'une douzaine à proximité du site qui sont suivis mensuellement et dont certains sont équipés d'un système de mesure en temps réel (suivi de la hauteur de la nappe). Ce dispositif est complété par un ensemble d'environ 150 ouvrages suivis régulièrement par l'exploitant. D'autres ouvrages peuvent être utilisés en cas de pollution (ouvrages dits « dormants »).

Les analyses radiochimiques minimales pour les forages situés sur le site, portent sur l'activité volumique  $\alpha$  globale,  $\beta$  globale et du tritium, le marquage en potassium. Cinq ouvrages font l'objet d'une surveillance du strontium 90.

Semestriellement, des analyses radiochimiques complémentaires portent, en plus des paramètres précédents, sur l'activité  $\beta$  des matières en suspension des forages, des sources et des cours d'eau situés à proximité du site.

Au travers de l'examen de dossiers de sûreté, l'IRSN a généralement relevé la qualité des moyens de surveillance radiologique.

### Résultats de la surveillance

Les résultats de surveillance du site AREVA-NC de la Hague permettent d'identifier la présence de radionucléides émetteurs  $\alpha/\beta$  ou de tritium, dans les eaux souterraines de six zones du centre. Ce marquage de la nappe est généralement attribué à des origines plus ou moins connues en relation avec le fonctionnement du centre.

Au travers de l'examen de dossiers de sûreté, l'IRSN a parfois relevé une exploitation insuffisante des résultats de la surveillance conduisant à des incertitudes quant à l'origine de pollutions décelées sur le site.

Le tableau ci-dessous fournit plus précisément une description du marquage radiologique de la nappe phréatique et des eaux superficielles associées aux entreposages anciens de déchets.

Zone	Piézomètres concernés	Marquage de la nappe phréatique	Origines du marquage	Marquage des eaux superficielles
<b>NORD-OUEST (INB 38)</b>	101 ; 106 ; 110 ; 161 ; 171 ; 173 ; 174 et 500	<u>Radiologique (bêta)</u> L'activité moyenne annuelle bêta maximale mesurée au sein de la zone en 2007 est de 17,2 Bq/l (piézomètre 173).	Entreposage de déchets technologiques en fosses bétonnées (zone nord ouest)	Marquage bêta de l'eau du ruisseau des Landes (valeur moyenne en 2007 : 2,8 Bq/L).
<b>STE2 (INB 38)</b>	225 ; 270 ; 279 ; 280 ; 292 ; 2A3 ; 800 ; 802 ; 2A9 ; 2B1 ; 801	<u>Radiologique (tritium, alpha et bêta)</u> Les activités moyennes maximales mesurées au sein de la zone en 2007 sont : - 973 Bq/L en tritium (PZ 292) - 11,9 Bq/L en activité bêta (PZ 280) - 0,435 Bq/L en activité alpha (PZ 280)	Origines suspectées : évènements anciens survenus dans l'ancienne station de traitement des effluents STE2 (évènements déclarés du 27/10/1978 et du 28/06/1984)	

# CENTRE DE STOCKAGE DE LA MANCHE (CSM - ANDRA)

## Contexte hydrogéologique

L'aquifère sur lequel repose ce centre est constitué de roches fissurées (grès et schistes) dont la partie supérieure est altérée sur une épaisseur variant, selon la nature des roches, entre quelques mètres (grès et quartzites) et une quinzaine de mètres (schistes). La nappe, dont les niveaux sont situés à une dizaine de mètres de profondeur, s'écoule du sud vers le nord, avec une vitesse de l'eau de l'ordre de 1 km/an. Les eaux provenant de ce centre sont drainées vers la rivière Sainte Hélène et le ruisseau du Grand Bel et, pour une infime partie, vers celui des Roteures. Le dispositif de drainage de l'installation EEVSE de l'établissement de la Hague, située au voisinage ouest du centre de stockage, draine les écoulements de la nappe provenant de toute sa partie nord.

## Dispositif de surveillance

Depuis la création de ce centre en 1969, des dispositifs de surveillance de la nappe ont été mis en place et ont évolué, notamment à la suite de la mise en place de la couverture à partir de 1991. Les piézomètres situés à l'intérieur de la zone de stockage ont alors été supprimés et rebouchés (cimentation) et un nouveau réseau a été mis en place à la périphérie du stockage. Actuellement, le plan réglementaire de surveillance comprend 43 piézomètres en bordure du centre et 12 piézomètres à l'extérieur du centre, dont certains sont communs avec l'établissement de La Hague, et auxquels il convient d'ajouter le contrôle des eaux de drainage du bâtiment EEVSE de cet établissement. D'autres piézomètres ne font pas l'objet d'un contrôle régulier mais peuvent être utilisés en cas de besoin.

Les mesures effectuées en routine dans le cadre du plan réglementaire de surveillance concernent les paramètres suivants : activité volumique  $\alpha$  globale,  $\beta$  globale et  $^3\text{H}$ , pH et teneurs en potassium dans l'eau filtrée ainsi que des analyses physico-chimiques. En cas de besoin, des analyses radiochimiques sont effectuées.

## Résultats de la surveillance

Le seul radionucléide artificiel actuellement mis en évidence dans la nappe est le tritium dont les niveaux les plus élevés sont compris entre  $10^3$  Bq/L et  $10^5$  Bq/L à la limite du centre. Ces niveaux décroissent lorsque l'on s'éloigne du centre pour atteindre des valeurs de l'ordre de  $10^2$  Bq/L à quelques centaines de mètres. L'origine de ce tritium est liée à des incidents anciens (1976) et à des relâchements diffus actuels. La mise en place de la couverture a diminué, d'un facteur 100 environ, ces derniers relâchements, mais il subsiste encore un marquage résiduel de l'eau retenue par capillarité dans la porosité des terrains de l'aquifère. La diffusion de ce tritium piégé explique la lenteur de la décroissance des niveaux d'activité du tritium dans la nappe après la mise en place de la couverture.

L'IRSN considère que, malgré la relative complexité (au niveau du détail) des conditions de relâchement du tritium, ces phénomènes ont fait l'objet d'une surveillance de qualité aboutissant à une interprétation cohérente avec l'historique de ce centre. Cette interprétation continue d'être affinée au fur et à mesure des résultats acquis dans le cadre de la surveillance radiologique du centre de stockage de la Manche.

# SITE NUCLEAIRE DE MARCOULE

## Contexte hydrogéologique

La nappe phréatique s'écoule dans les alluvions du Rhône composées de sables et de graviers très perméables (coefficient de perméabilité de l'ordre de  $10^{-3}$  m/s). En première approximation, la vitesse d'écoulement de l'eau de la nappe est de l'ordre de 1 m/j. Les alluvions forment des terrasses successives d'altitude décroissante vers le sud. Le substratum imperméable est constitué par les marnes bleues du Pliocène dont la surface a été modelée par l'érosion fluviale qui a formé des chenaux et des cuestas. Cette morphologie a une incidence très marquée sur les écoulements souterrains en raison de la faible épaisseur générale de la nappe. Ainsi, si la direction générale de l'écoulement est orientée vers la plaine de Codolet au sud, localement on observe des orientations vers l'est ou vers l'ouest liées en particulier à ces chenaux et cuestas. De plus, pour maîtriser des pollutions anciennes, il a été mis en place une paroi géotechnique de 500 m de longueur qui barre localement l'écoulement ainsi que des pompes destinés à capter les polluants.

## Dispositif de surveillance

Les dispositifs de surveillance ont notablement évolué au cours des dix dernières années, à la suite de plusieurs phases d'optimisation. Une approche en deux volets a cependant toujours été maintenue en distinguant une surveillance du site et une surveillance de l'environnement du site. Historiquement un très grand nombre de piézomètres ont été surveillés (plus de 100). Ces dernières années, la surveillance périodique de la nappe s'est appuyée sur une soixantaine d'ouvrages sur le site et sur une douzaine d'ouvrages dans l'environnement du site.

Les analyses portent systématiquement sur les activités volumiques  $\beta$  globale et du tritium dans l'eau filtrée. En fonction de l'historique des secteurs présentant une pollution, des paramètres supplémentaires sont surveillés dont notamment l'activité  $\alpha$  globale, de l'uranium et du strontium 90.

L'IRSN n'a pas examiné dans son ensemble la pertinence de ce dispositif de surveillance en regard des caractéristiques hydrogéologiques du site au cours des 10 dernières années. Pour ce qui concerne la capacité des dispositifs de surveillance à caractériser les pollutions locales anciennes et à détecter rapidement une nouvelle contamination éventuelle de la nappe, les examens des dossiers de sûreté ont été l'occasion de l'identification de lacunes, liées notamment à une prise en compte insuffisante des directions locales des écoulements, que l'exploitant s'est engagé à corriger.

## Résultats de la surveillance

Sur le site et dans son environnement, la nappe phréatique présente un marquage par du tritium. Ce marquage est dû notamment aux apports des infiltrations d'eaux pluviales contaminées par les rejets atmosphériques des installations. Dans plusieurs secteurs du site, la nappe présente des pollutions par des émetteurs  $\alpha$  et  $\beta$  dont notamment l'uranium et le strontium 90. La contamination résiduelle observée est en diminution. Une pollution par du strontium 90, liée à des incidents anciens, est en cours de résorption en aval du site, du fait notamment de pompes en nappe. Dans le cadre des examens de dossiers de sûreté, l'IRSN a parfois relevé des incertitudes quant à l'origine de pollutions décelées sur le site.

# SITE NUCLEAIRE DU TRICASTIN (HORS CNPE)

## Contexte hydrogéologique

L'aquifère dans lequel s'écoule la nappe phréatique est constitué par les alluvions sablo-graveleuses du Rhône qui forment un dépôt quasi-horizontal occupant pratiquement toute la vallée et d'épaisseur généralement comprise entre 5 et 10 mètres. Il est limité à la base par les marnes plaisanciennes et localement recouvert par des limons dont l'épaisseur est au maximum de 4 mètres. La nappe se situe à une profondeur d'environ 2 mètres et peut être localement captive sous les limons.

De manière générale, l'écoulement est orienté du nord vers le sud. Cependant, localement, l'écoulement s'infléchit fortement vers l'est ou l'ouest. Ces irrégularités sont dues notamment aux échanges entre la nappe et les cours d'eau (en particulier la Gaffière dans la partie est du site) et aux pompages en nappe (par exemple au nord-ouest et au sud du site). Les directions générales d'écoulement sont stables dans le temps, les principales modifications pouvant être attribuées à des modifications des régimes de pompage en nappe sur le site.

La vitesse d'écoulement de l'eau peut être estimée à quelques mètres par jour, en ordre de grandeur.

Dans le cadre des examens des dossiers de sûreté, l'IRSN a parfois relevé des insuffisances relatives à la précision des cartes piézométriques disponibles pour le site. L'exploitant a entrepris en 2007 une étude visant à la mise à jour des cartes piézométriques et à l'évolution du modèle hydrodynamique existant qui permet d'étudier les transferts en nappe.

## Dispositif de surveillance

La surveillance réglementaire de la nappe phréatique s'appuie sur l'exploitation de deux réseaux de piézomètres : 15 piézomètres intéressant l'ensemble des installations et une trentaine de piézomètres dédiés plus particulièrement à certaines installations. Il existe un réseau d'une trentaine de piézomètres complémentaires pouvant être utilisés dans le cadre de problématiques particulières (notamment pour le suivi de pollutions). Le premier ensemble fait l'objet de prélèvements mensuels ; pour le second ensemble, la fréquence est variable.

Pour le premier ensemble, les analyses portent systématiquement sur les teneurs en uranium et en fluorures. En fonction de l'historique des secteurs surveillés, des paramètres supplémentaires sont surveillés dont notamment les teneurs en polluants chimiques tels que le chrome, le nickel et le bore. Les mêmes paramètres sont dans l'ensemble mesurés au cas par cas dans le second ensemble.

Dans le cadre de la préparation des arrêtés de rejets, l'IRSN s'est attaché principalement à vérifier que les ouvrages de la surveillance réglementaire permettraient de surveiller l'impact des activités des installations sur les nappes à l'extérieur des sites. Les remarques émises ont été prises en compte dans la définition finale du plan de surveillance. Pour ce qui concerne la capacité des dispositifs de surveillance à caractériser les pollutions locales anciennes et à détecter rapidement une nouvelle contamination éventuelle de la nappe, les examens des dossiers de sûreté ont été l'occasion de l'identification de quelques lacunes que l'exploitant s'est engagé à corriger.

## Résultats de la surveillance

Ne seront abordés ici que les résultats concernant l'uranium, seul élément pouvant présenter un impact radiologique, même si les risques envisageables au vu des résultats sont plus d'ordre chimique que radiologique. Il est cependant à noter que sur le site la nappe est affectée dans plusieurs secteurs du site par des pollutions chimiques.

Le site de COMURHEX présente la pollution la plus importante liée à des rejets successifs en particulier depuis des canalisations défectueuses. Des pollutions atteignant quelques dizaines de microgrammes par litre sont observés au sud du site de COMURHEX, leur lien avec cette installation n'étant pas clairement établi. L'exploitant a déclaré récemment l'identification d'une pollution de quelques dizaines de microgrammes par litre dans la zone « CEA » nord du site.

## ANNEXE 3 - FICHE RELATIVE A LA VALEUR-GUIDE DE REFERENCE PROPOSEE PAR L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (OMS) POUR LA CONCENTRATION EN URANIUM DANS L'EAU DESTINEE A LA CONSOMMATION HUMAINE

(Extrait de l'avis IRSN/DIR/2008-459 du 8 aout 2008 adressé à l'ASN)

Il convient tout d'abord de rappeler que cette valeur-guide a trait au risque de toxicité chimique de l'uranium, et non au risque radiologique résultant d'une exposition à ce métal radioactif. En effet, la teneur en uranium qui conduirait à une dose annuelle de 0,1 millisievert, sur la base d'une consommation quotidienne de deux litres d'eau, est de 120 microgrammes par litre, soit huit fois plus élevée que la valeur guide OMS fixée à 15 microgrammes par litre. Une telle dose, retenue par le code de la santé comme valeur maximale admissible pour l'eau de boisson, représente une fraction d'environ un vingtième de la dose annuelle reçue par la population du fait de la radioactivité naturelle générale.

L'étude de toxicité chimique à la base de cette valeur-guide est considérée par l'OMS (*Guidelines for Drinking-water Quality, WHO Press, World Health Organization, 2006*) comme la plus complète conduite chez l'animal pour une exposition sub-chronique, au cours de laquelle l'uranium a été administré aux espèces et au sexe les plus sensibles. Cette étude a mis en évidence, après administration de nitrate d'uranium dans l'eau de boisson chez le rat, que la concentration la plus faible susceptible d'induire des lésions dégénératives au niveau du tubule contourné proximal du rein était égale à 60 µg/kg/jour (*Gilman et al. 1998*). Il est admis en l'état actuel des connaissances que la néphrite est l'effet primordial résultant de la toxicité chimique de l'uranium chez l'homme. Aucune étude chez l'animal n'a montré d'effet carcinogène de l'uranium.

La concentration journalière admissible de 0,6 µg/kg de poids corporel pour l'homme - à partir de laquelle a été calculée la valeur-guide de 15 µg/L - a été extrapolée en retenant un facteur de protection, arrondi à 100, par rapport au seuil d'apparition des effets observés par l'étude précitée. Ce facteur d'extrapolation est la conjonction de différents facteurs : un facteur 3 pour l'extrapolation de l'animal à l'humain, un facteur 10 pour les différences intra-espèces, 1 pour l'utilisation d'une étude subchronique et 3 pour l'utilisation de l'étude fondée sur le LOAEL (= plus faible dose avec effet nocif observé) et non le NOAEL (= dose sans effet nocif observé).

Les nourrissons et les jeunes enfants sont des sujets *a priori* sensibles compte tenu de leurs caractéristiques biologiques intrinsèques liées à la rapidité de leur croissance et de leur développement dans cette période de la vie, ainsi qu'à l'immaturité de leur système de détoxication.

Le fœtus peut être considéré comme vulnérable car, durant la grossesse, une partie de l'uranium incorporé par la mère traverse la barrière placentaire pour atteindre le fœtus. Il a été montré qu'il n'y a pas d'effet de surconcentration chez le fœtus par rapport à la mère. Néanmoins, le développement du squelette du fœtus favorise la fixation de l'uranium dans l'os, en lieu et place du calcium lors de la formation des cristaux d'hydroxyapatite. Dans le cas d'une contamination *in utero*, 80% de l'uranium se fixe en effet sur le squelette, qui constitue le site de rétention à long terme. Par ailleurs, la déminéralisation des os s'intensifie durant la grossesse, modifiant le métabolisme osseux de la mère, ce qui pourrait contribuer à augmenter la vulnérabilité de la femme enceinte. La population des femmes enceintes constitue donc également une population *a priori* plus vulnérable dans le cas d'une exposition à l'uranium.

Sur la base de la même concentration de référence de 0,6 µg par kg de poids corporel et par jour, l'US-Environmental Protection Agency et le Health Canada ont retenu comme valeurs-guides 30 µg/L et 20 µg/L respectivement. Les trois organismes soulignent que ces valeurs-guides doivent être considérées comme des valeurs provisoires, compte tenu des incertitudes liées aux connaissances scientifiques actuelles, et faire en tant que de besoin l'objet de révisions périodiques.

L'IRSN rejoint cette opinion, en observant que ces valeurs-guides reposent sur une seule étude concernant la toxicité chimique de l'uranium chez l'animal, et que les résultats de cette étude - en ce qui concerne le niveau de concentration corporelle induisant des altérations histologiques au niveau rénal - pourraient être remis en cause par d'autres études. Les connaissances scientifiques actuelles suggèrent qu'un risque supérieur à celui chez l'adulte pourrait exister chez les enfants et le fœtus, sans qu'il soit aujourd'hui possible d'apprécier quantitativement l'augmentation du risque.

L'IRSN note également que la référence à cette valeur-guide pour l'ensemble des membres du public fait aujourd'hui l'objet d'un consensus des experts qui tient compte non seulement des considérations de toxicologie évoquées ci-dessus, mais aussi, sur un plan pratique, des teneurs en uranium dans l'eau naturellement rencontrés dans différentes régions ainsi que des possibilités techniques limitées de traitement de l'eau. A cet égard, les analyses réalisées par le laboratoire de l'IRSN sur des échantillons d'eau d'adduction prélevés dans différentes régions de France témoignent de concentrations naturelles pouvant dépasser régulièrement la valeur de 15 µg/L. A titre indicatif, la valeur médiane observée pour l'ensemble des résultats de l'IRSN est d'environ 0,7 µg/L, et environ 4,5% de ces résultats sont supérieurs à la valeur guide de l'OMS. Des investigations complémentaires, tenant compte notamment des données disponibles *via* le réseau des DDASS, vont être poursuivies par l'IRSN afin d'avoir une connaissance plus complète de la situation à l'échelle du territoire.

En conséquence, l'IRSN estime qu'il n'est pas justifié en l'état actuel des connaissances scientifiques, ni réaliste compte tenu des caractéristiques des eaux distribuées dans certaines régions, de recommander une valeur guide inférieure à celle définie par l'OMS pour des sous-groupes de population donnés. Il est cependant important qu'une information claire puisse être mise à disposition afin de limiter l'usage à des fins alimentaires d'eaux dont la teneur en uranium est chroniquement au dessus de la valeur guide OMS, tout particulièrement pour les femmes enceintes et les jeunes enfants.

Enfin, il convient de rappeler que la valeur-guide de 15 µg/L s'applique uniquement comme seuil de décision vis-à-vis de la consommation humaine d'eau et qu'elle ne constitue pas un indicateur pertinent pour ce qui concerne toute autre utilisation qui peut être faite de cette eau, y compris en matière d'irrigation de cultures, le transfert d'uranium vers l'homme afférent étant considéré comme négligeable.