

Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité

**Rapport CRIIRAD N°07-68
Expertise 2006 / Phase 2
Tome 2 / Sols et relevés radiométriques**

**Situation radiologique de la mine d'uranium de
Saint-Pierre (Cantal) et de son environnement**

**Volet exposition externe et
Caractérisation radiologique des sols**

**Etude réalisée par le Laboratoire de la CRIIRAD
avec le soutien financier du Conseil Régional d'Auvergne
et du Conseil Général du Cantal**

Edition du 24 octobre 2007

Responsable d'étude : Bruno CHAREYRON (ingénieur en physique nucléaire)

Rédaction : Thierry CONSTANTIN-BLANC (ingénieur environnement) et Bruno CHAREYRON

Missions de terrain : juillet 2006, octobre 2006 et janvier 2007 effectuées par :

Christian COURBON, technicien spécialisé et

Thierry CONSTANTIN-BLANC, ingénieur environnement (octobre 2006)

Préparation des échantillons : Jocelyne RIBOUET, préparatrice

Analyses par spectrométrie gamma : Stéphane PATRIGEON, technicien métrologue

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD
471, Avenue Victor Hugo, 26000 Valence
☎ 04 75 41 82 50 ☎ 04 75 81 26 48**

SOMMAIRE

1. SYNTHÈSE	3
2. CONTEXTE ET OBJECTIFS	7
3. ORGANISATION DES MISSIONS DE TERRAIN	14
4. METHODOLOGIE.....	15
4.1. MESURES RADIAMÉTRIQUES ET PRÉLEVEMENTS	15
4.2. ANALYSES EN SPECTROMÉTRIE GAMMA.....	17
5. MESURES RADIAMÉTRIQUES ET PRÉLEVEMENTS D'ÉCHANTILLONS.....	18
5.1. LOCALISATION DES SECTEURS ÉTUDIÉS.....	18
5.1.1. MILIEU A PRIORI NON PERTURBÉ PAR L'EXPLOITATION.....	18
5.1.2. ANCIEN SITE MINIER.....	20
5.2. MILIEU A PRIORI NON PERTURBÉ PAR L'EXPLOITATION	22
5.2.1. MESURES DE FLUX GAMMA ET DE DÉBIT DE DOSE SUR POINTS FIXES.....	22
5.2.2. PRÉLEVEMENT D'ÉCHANTILLONS	23
5.3. SECTEUR BÂTI DU LOTISSEMENT COMMUNAL	24
5.3.1. PROSPECTION RADIAMÉTRIQUE.....	26
5.3.2. MESURES DE FLUX GAMMA ET DE DÉBIT DE DOSE SUR POINTS FIXES.....	27
5.3.3. PLAN COMPTEUR.....	28
5.3.4. CAROTTAGE DE SOL	31
5.4. PARCELLE ZI 12, DITE « PARCELLE GEREMY ».....	32
5.4.1. MESURES DE FLUX GAMMA ET DE DÉBIT DE DOSE SUR POINTS FIXES.....	34
5.4.2. PLAN COMPTEUR.....	35
5.4.3. CAROTTAGE DE SOL	39
5.5. PARCELLE ZD 65 « BUREAUX - USINE ».....	40
5.5.1. PROSPECTION RADIAMÉTRIQUE.....	41
5.5.2. MESURES DE FLUX GAMMA ET DE DÉBIT DE DOSE SUR POINTS FIXES.....	42
5.5.3. MESURES SUIVANT DES LIGNES MÈTRES.....	43
5.5.4. CAROTTAGE DE SOL ET PRÉLEVEMENT D'ÉCHANTILLONS	45
5.6. BOIS AU NORD DU STAND DE TIR (PARCELLE ZD 105).....	48
5.6.1. PROSPECTION RADIAMÉTRIQUE	48
5.6.2. MESURES DE FLUX GAMMA ET DE DÉBIT DE DOSE SUR POINTS FIXES.....	49
5.6.3. CAROTTAGE DE SOL	50
5.7. SECTEUR NORD CAMPING (PARCELLE ZD 100- PARCELLE ZD 69)	51
5.7.1. PROSPECTION RADIAMÉTRIQUE.....	51
5.7.2. MESURES DE FLUX GAMMA ET DE DÉBIT DE DOSE SUR POINTS FIXES.....	52
5.7.3. CAROTTAGE DE SOL ET PRÉLEVEMENT D'ÉCHANTILLONS	52
5.8. TERRAIN DE FOOTBALL.....	55
5.8.1. RAPPEL : MESURES RADIAMÉTRIQUES CRIIRAD DE JUILLET 2003	55
5.8.2. MESURES DE FLUX GAMMA ET DE DÉBIT DE DOSE SUR POINT FIXE (JANVIER 2007)	55
5.8.3. CAROTTAGE DE SOL	56
5.9. SECTEUR DE L'ANCIEN CONCASSEUR DE MINÉRAI.....	58
5.9.1. PROSPECTION RADIAMÉTRIQUE.....	58

5.9.2. MESURES DE FLUX GAMMA ET DE DEBIT DE DOSE SUR POINTS FIXES.....	60
5.10. SECTEUR DE LA RESERVE D'EAU (PROSPECTION RADIOMETRIQUE).....	61
5.11. RECAPITULATIF DES MESURES RADIOMETRIQUES SUR POINTS FIXES	64
5.12. RECAPITULATIF DES MESURES ET DES ESTIMATIONS DE DEBIT DE DOSE	66
5.13. CARACTERISATION RADIOLOGIQUE DES SOLS	67
5.14. RECAPITULATIF DES ECHANTILLONS PRELEVES.....	67
5.15. SELECTION ET TRAITEMENT DES ECHANTILLONS.....	69
5.16. RESULTATS DES ANALYSES EN SPECTROMETRIE GAMMA.....	72
5.17. NATURE DES ECHANTILLONS DE SOLS.....	75
5.17.1. MATERIAUX DONT LA CHAINE DE L'URANIUM 238 EST A L'EQUILIBRE.....	75
5.17.2. MATERIAUX PRESENTANT UN DEFICIT EN URANIUM (TYPE RESIDUS)	76
5.17.3. MATERIAUX PRESENTANT UN EXCES EN URANIUM	78

1. SYNTHÈSE

Le présent rapport traite des investigations réalisées par la CRIIRAD au cours de la phase 2 de l'expertise du site de Saint-Pierre sur le **volet exposition externe** et la **caractérisation radiologique des sols**.

Les résultats des prospections radiométriques, et la description des prélèvements de sols sont traités par secteur géographique (chapitres 5.2 à 5.10).

Les résultats de l'ensemble des analyses radiologiques des sols sont regroupés, pour tous les secteurs au chapitre 5.13.

1 / Exposition externe anormalement élevée

Les investigations réalisées par la CRIIRAD au cours des missions de juillet 2006, octobre 2006 et janvier 2007 montrent que, sur tous les secteurs étudiés (parcelles soumises à servitudes et parcelles non soumises à servitudes), de nombreuses zones présentent des niveaux de flux gamma¹ et de débit de dose nettement supérieurs à ceux pouvant être mesurés dans un environnement non perturbé par l'ancienne exploitation minière (le niveau moyen « naturel » est estimé à 0,2 µSv/h).

La présence de points actifs (plus de 1 µSv/h au contact du sol) est également mise en évidence dans tous les secteurs étudiés. Ces points « chauds » sont dus à la présence de matériaux radioactifs généralement enfouis à faible profondeur ou présents en surface. Ils sont mis en évidence par des relevés radiométriques réalisés au contact du sol et sont parfois indétectables à 0,5 m de hauteur.

Dans la mesure où monsieur le Maire de Saint-Pierre n'a pas donné à la CRIIRAD l'autorisation d'effectuer des sondages à la pelle mécanique (parcelle Gérémy, terrain nord camping), il n'est pas possible de se prononcer sur l'existence de contaminations en profondeur. En effet la présence de déchets radioactifs liés à l'exploitation minière sous quelques dizaines de centimètres de terres ne serait probablement pas détectée en surface au moyen d'un compteur Geiger.

Parmi les secteurs étudiés 3 exemples sont détaillés ci-dessous. Nous renvoyons le lecteur au corps du rapport pour l'ensemble des résultats sur les autres parcelles étudiées et qui présentent également des anomalies radiométriques importantes (concasseur, nord camping, nord stand de tir, réserve d'eau, terrain de football).

- Au niveau de la villa centrale du **lotissement communal** le débit de dose moyen mesuré à 0,5 m du sol au droit de la pelouse située entre la villa et la clôture nord est de **0,53 µSv/h** (0,31 à 0,85 µSv/h) soit une exposition ajoutée de 0,33 µSv/h.

Le débit de dose au contact du sol peut être nettement plus élevé (1,62 µSv/h). Cette irradiation est liée à la présence dans le sol, à quelques centimètres de profondeur, d'un matériau sableux radioactif qui présente les caractéristiques d'un résidu d'extraction de l'uranium (Uranium 238 = 680 Bq/kg / radium 226 = 12 000 Bq/kg).

- Au niveau de la **parcelle Gérémy** les débits de dose à 0,5 m sont en moyenne sur les secteurs étudiés de **0,29 µSv/h** (zone proche de l'ancien secteur exploité) et **0,31 µSv/h** (parcours du puits Gérémy au plan d'eau), avec des zones plus ponctuelles où l'on mesure 0,63 µSv/h.

Le débit de dose au contact du sol peut être nettement plus élevé (4,4 µSv/h). Un échantillonnage de sol a révélé la présence en surface d'un matériau compact qui présente en première approche les caractéristiques d'un résidu d'extraction de l'uranium (Uranium 238 = 45 000 Bq/kg / radium 226 = 362 200 Bq/kg).

¹ Sur de nombreuses zones le flux gamma dépasse, au contact et à 0,5 m du sol, la valeur de 1 000 c/s DG5, soit plus de 5 fois la valeur moyenne mesurée dans l'environnement non perturbé par l'exploitation (183 c/s au contact et 178 c/s à 0,5 m du sol).

- Au niveau de la **parcelle ZD 65** (anciens bureaux de l'usine d'extraction de l'uranium) les débits de dose à 0,5 m sont en moyenne sur 3 parcours métrés de **0,52 à 0,65 µSv/h** et peuvent atteindre localement 1 µSv/h.

Le débit de dose au contact du sol peut être nettement plus élevé (1,9 µSv/h). Un échantillonnage de sol a révélé la présence en surface d'un matériau argileux de couleur jaune qui présente en première approche les caractéristiques d'un concentré uranifère de type « yellow cake » (Uranium 238 = 3,5 millions de Bq/kg).

2 / Présence de matériaux radioactifs issus de l'exploitation de l'uranium

Les analyses en spectrométrie gamma des échantillons de « sols » prélevés sur le site de Saint-Pierre mettent en évidence des activités en radioéléments de la chaîne de l'uranium 238 très nettement supérieures à celles des échantillons de référence.

La CRIIRAD a en effet mesuré jusqu'à **3 500 000 Bq/kg en uranium 238** et jusqu'à **362 000 Bq/kg en radium 226**, alors que ces 2 radioéléments ont une activité moyenne inférieure à 100 Bq/kg dans les échantillons de référence prélevés dans des terrains non perturbés par l'exploitation.

Les caractéristiques radiologiques de ces matériaux montrent qu'ils sont constitués par des substances issues de l'exploitation minière.

Il s'agit :

1/ de **résidus de traitement de minerai de l'uranium** sur les terrains :

- de la parcelle « Gérémy » (362 000 Bq/kg en radium 226),
- du lotissement communal (12 000 Bq/kg en radium 226),
- de la parcelle ZD 100 au nord du camping municipal (76 000 Bq/kg en radium 226),
- du terrain de football (47 700 Bq/kg en radium 226).

2/ de **concentré d'uranium** sur le terrain de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium (3 500 000 Bq/kg en uranium 238).

3/ de **stériles ou de minerai pauvre** dans le bois au nord du stand de tir (uranium 238 : 20 500 Bq/kg et 29 000 Bq/kg en radium 226).

L'activité massique en radium 226 de la plupart de ces matériaux peut largement dépasser **10 000 Bq/kg** c'est-à-dire excéder les seuils d'exemption définis par la directive Euratom 96/29 et intégrés au **Code de la Santé Publique**.

A noter que ces seuils sont de **1 000 Bq/kg** pour l'uranium 238 en équilibre avec ses descendants (seuil largement dépassé pour les matériaux prélevés au nord du stand de tir).

Ces matériaux nécessitent la mise en œuvre de mesures de radioprotection des populations. Au sens de la réglementation française, ils doivent être rangés dans la catégorie des **déchets radioactifs** de type TFA à vie longue, et pour certains en catégorie FA à vie longue.

Parmi ces terrains, seul le terrain de football est répertorié comme lieu de stockage de résidus radioactifs dans les documents transmis à l'administration (dossier de cessation d'activité SMJ). C'est également le seul dont les parcelles sont soumises à des servitudes.

3 / Absence de confinement de déchets radioactifs

Ces déchets radioactifs sont présents à de faibles profondeurs, parfois même à la surface des sols, que se soit sur des parcelles soumises ou non soumises à des servitudes et qui sont en tout état de cause libres d'accès ou remises dans le domaine public.

Parcelles non soumises à servitudes

Dès les **premiers centimètres du sol**, les analyses réalisées par la CRIIRAD révèlent des activités supérieures de plusieurs ordres de grandeur à celles des sols de référence pour les radioéléments de la chaîne de l'uranium 238.

Sur les terrains non soumis à des servitudes, on remarque notamment :

- les fragments de **résidus de lixiviation** dans la strate 0-10 cm sur la parcelle Gérémy,
- l'amas de résidus de lixiviation « enfoui » à environ 1 cm de la surface, sur le terrain nord-camping,
- la couche de **concentré d'uranium** entre environ 8 et 10 cm de la surface du sol de la pelouse devant les anciens bureaux.

Ces matériaux sont susceptibles d'être facilement manipulés par une personne séjournant sur ces lieux, particulièrement pour les terrains situés à proximité du camping municipal (secteur nord camping).

Pour le **lotissement communal** on note la **présence de résidus à faible profondeur dans le sol d'un terrain bâti**. Ces résidus sont mis en évidence au sein de la strate 20-30 cm et leur présence est suspectée dès les premiers centimètres du sol par les relevés de flux gamma réalisés au laboratoire (85 à 110 c/s SPP2 au contact de la strate 0-10 cm pour un bruit de fond de 45 c/s).

Dans le sol du **bois au nord du stand de tir**, les analyses révèlent la présence de **stériles ou de minerai marginal** au sein de la couche 20-30 cm et les contrôles radiométriques au laboratoire suggèrent, là aussi, la présence de ces matériaux dans la première strate du sol (220 à 300 c/s SPP2 au contact pour un bruit de fond de 45 c/s).

Le cas du terrain de football

Parmi les terrains contrôlés par la CRIIRAD et dont le sol contient manifestement des déchets radioactifs, le terrain de football est le seul pour lequel, d'après le dossier SMJ, des **servitudes** sont **inscrites à l'acte de cession**.

Pour autant, ces précautions sont loin d'être suffisantes. En effet, les analyses montrent la **quasi absence de couche de couverture, les résidus radioactifs étant présents dès la première strate du sol**.

Ceci est en contradiction avec ce qui est mentionné dans l'étude IPSN de 1986 où l'on peut lire que les résidus sont recouverts de 30 cm de terre et de 50 cm de scories.

Cette situation est d'autant plus problématique que les servitudes imposées par l'administration ont notamment été prises afin d'assurer l'intégrité de la couche de couverture (cf. Convention de servitudes du 10 juillet 1996, où l'on peut lire : « *L'utilisation des terrains par quelque personne physique ou morale, publique ou privée, devra toujours être compatible avec la présence de résidus de traitement des minerais radioactifs dans le sol, et ne devra en aucun cas remettre en cause l'état de la couche de couverture destinée à atténuer la transmission des rayonnements dans l'atmosphère* »).

On notera par ailleurs lors du carottage CRIIRAD la présence d'eau en subsurface. Cette eau est donc au contact de résidus radioactifs issus de procédés de lixiviation et s'écoule naturellement en direction du plan d'eau. Ceci dénote des conditions de non confinement de déchets radioactifs.

En résumé :

1/ Sur l'ensemble des terrains où la CRIIRAD a réalisé des mesures radiométriques, les relevés montrent un niveau d'irradiation gamma anormalement élevé, ainsi que la présence de nombreux points « chauds ».

2/ Sur l'ensemble des terrains où la CRIIRAD a prélevé des échantillons, les analyses ont révélé :

- la présence de matériaux radioactifs issus de l'exploitation sur des terrains non soumis à des servitudes. Ces déchets d'exploitation n'ont été répertoriés ni par l'exploitant ni par les précédentes études,
- la faible profondeur à laquelle ces matériaux radioactifs sont présents, y compris sur le terrain réaménagé du stade de football où la quasi absence de couche de couverture révèle la mauvaise qualité du réaménagement et l'insuffisance des précautions prises pour assurer une réduction du risque radiologique.
- Une situation d'absence de confinement de déchets radioactifs dans le domaine public.

3 / L'ensemble de ces résultats permet d'affirmer que l'héritage minier induit des risques radiologiques significatifs pour la population.

La quantification de ces risques nécessite de prendre en compte toutes les voies d'exposition (exposition externe, inhalation de radon et poussières, ingestion d'eau et d'aliments contaminés) et de construire des scénarii d'exposition. Ce travail devrait être effectué dans le cadre de la Phase 3. On peut d'ores et déjà relever dans le cas du lotissement que l'exposition externe ajoutée est supérieure à 0,3 µSv/h.

Ceci conduit pour une présence de 5 minutes par jour à une dose annuelle supérieure à la valeur de 10 microSieverts par an, valeur au dessus de laquelle la directive Euratom de mai 1996 considère que l'impact d'une pratique n'est pas négligeable sur le plan de la radioprotection. Un temps de présence de 8 heures par jour conduit à une exposition externe cumulée sur l'année supérieure à la dose maximale annuelle admissible de 1 000 microSieverts par an (sans compter les expositions internes par ingestion et inhalation).

Note : dans le cas de certains secteurs comme le terrain de football, le lotissement communal, le terrain au nord du camping, les abords de la parcelle ZD 65, le bois au nord du stand de tir, etc..l'exposition ajoutée est même supérieure par endroits à 0,7 microSievert par heure à 1 mètre au dessus du sol.

L'exposition annuelle ajoutée est donc supérieure à 1 milliSievert par an pour une présence de 4 heures par jour toute l'année (4 heures * 0,7 microSievert par heure * 365 jours = plus de 1000 microSieverts par an = plus de 1 milliSievert par an), et ceci pour la seule voie d'exposition « externe ».

Si l'on tient compte des expositions ajoutées par les autres voies d'exposition (inhalation de gaz radon, ingestion d'eau ou aliments contaminés), la limite maximale annuelle admissible de 1 milliSievert par an pourrait même être dépassée avec un taux de fréquentation beaucoup plus faible.

Il faut souligner par ailleurs que l'arrêté préfectoral de 1986 disposait en son article 3.3 que le débit d'équivalent de dose reçu par une personne supposée présente sur les lieux, n'excéderait en aucun point 0,5 rem par an, c'est-à-dire 5 milliSieverts par an, pour un facteur d'occupation de 1.

Cette prescription est donc dépassée puisque que l'exposition horaire ajoutée dépasse en de nombreux secteurs 0,57 microSieverts par heure et l'exposition horaire totale dépasse 0,77 microSieverts par heure.

2. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Introduction

L'expertise du site de Saint-Pierre a été décomposée en 3 phases.

La phase 1 consistait en une étude documentaire et la réalisation de repérages préliminaires sur le terrain. La phase 2 avait pour objet d'effectuer des études complémentaires afin de combler certaines lacunes identifiées lors de la phase 1. La phase 3 consistera à interpréter l'ensemble des données et à formuler des recommandations.

Le rapport **CRIIRAD N°06-27** présentait les résultats de la phase 1 de l'étude en ce qui concerne le volet estimation du niveau de **rayonnement gamma** et **caractérisation radiologique des sols**.

Au cours de la phase 1 de la présente expertise, l'analyse du dossier de cessation d'activité de l'exploitant avait permis de montrer que les données disponibles ne permettaient pas d'évaluer de façon correcte l'exposition externe.

Il était notamment remarqué :

- l'absence de stations de référence dans l'environnement du site,
- une couverture partielle des terrains concernés par l'ancienne mine par les mesures radiométriques présentées par l'exploitant (plan compteur),
- un manque de représentativité des dosimètres installés sur le site dans le cadre de la surveillance radiologique de l'environnement.

Ces deux derniers points étaient confirmés par les résultats des mesures radiométriques préliminaires effectuées par la CRIIRAD en juillet 2003 et les 8 et 9 mars 2006 qui montraient que des niveaux de flux gamma élevés pouvaient être détectés dans de nombreux secteurs de l'ancien site minier et de son environnement.

Le tableau T0 pages 11 et 12, dresse la liste des parcelles non soumises à servitudes mais liées ou ayant trait à l'ancienne activité minière (propriété de l'exploitant, ancienne zone d'exploitation, stockages de matériaux).

Ce tableau a été compilé par la CRIIRAD à partir des informations regroupées dans le dossier SMJ.

La CRIIRAD a recommandé que les mesures radiométriques de phase 2 portent en priorité sur des **parcelles non soumises à servitudes**, déjà rétrocédées à la commune ou pouvant l'être à cours terme, et pour lesquelles il existait une suspicion de contamination liée aux activités d'extraction de l'uranium, soit sur la base de l'étude documentaire, soit à l'issue des repérages de terrain effectués antérieurement par la CRIIRAD.

Définition des objectifs et de la méthodologie

Les recommandations respectives de l'IRSN et de la CRIIRAD pour la conduite de la phase 2 sont détaillées dans le compte rendu de la réunion de coordination IRSN-CRIIRAD intervenue le 11 mai 2006 à la DRIRE de Clermont-Ferrand.

Il est reproduit ci-dessous :

« Ce compte rendu a pour objet de rendre compte du contenu des débats et de constituer une base de propositions communes pour présentation à la CLI du 19 mai 2006. Il a été rédigé par la CRIIRAD (B. Chareyron) et validé par l'IRSN.

La présentation de ces propositions lors de la réunion de la CLI, le 19 mai 2006, a conduit à des arbitrages sur deux points particuliers. Ils sont mentionnés ci-après sous la forme d'encadrés.

0 / Problématique des servitudes

La DRIRE remercie les participants et rappelle qu'elle ne participe à la réunion qu'en temps que « facilitateur ». Elle indique qu'il faut prendre le temps de conduire une expertise approfondie.

La CRIIRAD fait part de son inquiétude concernant les risques que de nouveaux projets d'aménagement ou de construction ne soient réalisés, avant que les diagnostics radiologiques ne soient effectués, sur des parcelles pouvant présenter des risques radiologiques et qui ne font pas actuellement l'objet de servitudes (par exemple la parcelle Gérémy).

En effet, lors de la visite de terrain du 8 mars 2006, les associations locales ont indiqué à la CRIIRAD que la modification du PLU (en cours d'étude) prévoyait que la parcelle Gérémy puisse être constructible. Monsieur le maire a confirmé ce point à la CRIIRAD.

L'IRSN estime que cette problématique ne constitue pas un objectif direct pour la phase 2 de la tierce-expertise et relève plutôt selon elle des recommandations à émettre pour améliorer le suivi et la surveillance du site à l'issue de la 3^{ème} phase. Dans la mesure où la CRIIRAD perçoit une utilité à ce que ce point soit abordé dès maintenant, l'IRSN n'y voit cependant aucune difficulté.

La DRIRE propose que ce point soit clairement abordé lors de la CLI du 19 mai 2006 et rappelle que la liste actuelle des parcelles soumises à servitudes est bien celle de la convention du 10 juillet 1996.

La DRIRE se dit prête à revoir l'arrêté de 1996 et à examiner toute proposition de servitudes conservatoires sur des terrains susceptibles de présenter un risque radiologique et où des projets de constructions pourraient être envisagés.

1 / Exposition Externe

Liste des secteurs

Compte tenu de lacunes dans les plans compteur fournis par l'exploitant, l'IRSN avait identifié le besoin de compléter les données radiométriques sur la bande allant du stand de tir à la parcelle Marion et incluant le premier site d'entreposage de produits de curage du plan d'eau.

Compte tenu des lacunes identifiées dans la documentation existante et des résultats de la mission de terrain du 8 et 9 mars 2006, la CRIIRAD a recommandé que soient réalisées des mesures radiométriques approfondies (plan compteur) sur 14 secteurs spécifiques (cf. note CRIIRAD N°06-27, page 31).

Pour des raisons budgétaires la CRIIRAD ne pourra effectuer les contrôles directement que sur 2 à 5 de ces secteurs.

Les parcelles à contrôler proposées par la CRIIRAD sont discutées une à une. Pour certains de ces secteurs (secteur terrain de football et lotissement, secteur concasseur, secteur réserve d'eau), l'IRSN n'estime pas utile de faire de nouvelles mesures compte-tenu des objectifs spécifiques de la tierce-expertise et considère que les données disponibles sont a priori suffisantes pour apprécier l'impact lié aux usages sur les zones concernées.

Un accord est finalement trouvé sur la liste des zones à étudier et la contribution de chaque organisme est définie en fonction des contraintes budgétaires, de l'intérêt accordé à la problématique posée par la parcelle et des moyens techniques et outils dont dispose chaque organisme :

1. Partie nord de la parcelle N°100 (Camping) et parcelle 69 (au nord du Camping), (parcelle N°100 déjà rétrocédée à la municipalité, sans servitudes) / Carto. CRIIRAD,
2. Camping municipal, sud parcelle N°100, déjà rétrocédée, sans servitudes / Carto. IRSN,
3. Parement digue et secteur rejet Nord (dont parcelles N°71 et N°24) / balayage ponctuel par IRSN,
4. Ancienne zone d'exploitation à l'est village : portion non incluse sur plan compteur de l'exploitant / Carto. IRSN,

5. Lotissement communal (parcelles N°60 et 61) / Carto CRIIRAD sur parcelles bâties et carto. IRSN sur abords extérieur,
6. Terrain foot (parcelles N°50 et 53) / carto IRSN,
7. Stand de tir (parcelle N°104, rétrocedée sans servitudes et N°105 non rétrocedée (?) sans servitudes) / Carto CRIIRAD jusqu'au chemin nord,
8. Entre stand tir et terrain foot / carto IRSN,
9. Parcelle Marion / Carto IRSN,
10. Parcelle Gérémy / carto déjà réalisée par l'IRSN en janvier 2006,
11. Zone marécageuse sur site, amont chenal radium / balayage ponctuel IRSN le long du chenal.
12. Pourtour de la réserve eau / Balayage ponctuel CRIIRAD,
13. Secteur du concasseur / Balayage ponctuel CRIIRAD,
14. Fossé dans un pré en bordure de la route de Chaissac, au nord-ouest de la parcelle Marion : balayage ponctuel CRIIRAD.

Nota bene : par balayage ponctuel, il convient d'entendre un cheminement libre sur la zone d'intérêt avec relevé des gammes de valeurs rencontrées et description des anomalies rencontrées par leur localisation sur un plan ou une carte, une mesure au contact et une estimation indicative de leur superficie.

Par ailleurs, la CRIIRAD pourra procéder à un repérage par un balayage aléatoire sur les abords et dans l'environnement du site minier, certains secteurs n'ayant pas été prospectés jusqu'à présent (cf. note CRIIRAD N°06-27, page 29).

Méthodologie

*L'IRSN utilise en terrain découvert une sonde Saphymo couplée à un GPS et portée à dos d'homme, qui permet l'établissement de plans compteurs (**système SOCRATE**) exprimés en nSv/h à 50 cm de hauteur.*

*L'IRSN a ainsi effectué, les 18-19 janvier 2006, à la demande d'AREVA, une cartographie du débit de dose gamma à **50 cm du sol** sur le pourtour immédiat du plan d'eau incluant la parcelle Gérémy. La précision spatiale est de l'ordre du mètre. L'opérateur effectue des passages selon des lignes distantes de 1 mètre. Le système fonctionne bien en terrain découvert et permet de couvrir environ 1,5 hectare par jour.*

Post réunion, l'IRSN précise que pour la cartographie des zones retenues le pas de maille sera adapté en fonction de la vitesse réelle d'avancement et des difficultés pratiques rencontrées sur le terrain mais également des enjeux associés à chacune des zones (une maille serrée (de l'ordre d'un mètre) apparaît plus utile pour le camping que pour le terrain de foot ou la parcelle Marion et plus encore que pour la zone de dépôt au nord du stand de tir).

*La **CRIIRAD effectuera les plans compteur en mode manuel** avec une maille minimale de 5 m par 5 m et un balayage rapide à l'intérieur de chaque maille pour déceler d'éventuels points chauds. La CRIIRAD recommandait d'effectuer des mesures à 1 mètre du sol et au contact. Les mesures CRIIRAD seront effectuées à **50 cm du sol** pour être en cohérence avec les mesures de l'IRSN.*

Les mesures CRIIRAD seront exprimées en coups par seconde au DG5 et pourront être converties en débit de dose au moyen d'une courbe de corrélation. Ce principe est accepté par l'IRSN. Cette courbe établie sur un autre site minier sera validée en 4 stations sur le site de Saint-Pierre. Des mesures seront effectuées également au niveau des stations fixes du réseau d'autocontrôle de l'exploitant pour comparaison.

L'IRSN accepte le principe consistant à utiliser des mesures de débit de dose instantanées pour les calculs d'impact dosimétrique tout en signalant les précautions qu'il conviendra de prendre dans le choix des valeurs pour s'assurer de la représentativité et du réalisme des calculs. Ni l'IRSN, ni la CRIIRAD ne prévoient donc l'implantation de dosifilms pour mesures de l'exposition externe intégrée sur plusieurs mois.

*La CRIIRAD insiste sur l'importance d'effectuer des mesures à distance du sol mais aussi **au contact** sur certains points chauds afin de mieux estimer les risques radiologiques (cf. note CRIIRAD 06-27).*

Les points les plus actifs seront repérés au moyen d'un piquetage et leurs coordonnées GPS relevées (points pour lesquels le flux gamma DG5 à 50 cm dépasse 1 000 c/s DG5).

L'IRSN prévoit également de relever la position des anomalies radiométriques rencontrées lors des balayages qu'il effectuera sur les diverses zones. Pour chaque anomalie, seront également mentionnés une estimation de son extension et un résultat de débit de dose au contact.

Echantillonnages de solides

*En certains sites, a priori le pourtour du lotissement, le secteur du camping, le stand de tir, voire la parcelle Gérémy, la **CRIIRAD** réalisera **des prélèvements de sol superficiel**, voire des sondages à la tarière (possibilité de descendre à 70 cm), afin de procéder à des analyses par spectrométrie gamma en laboratoire.*

Ces analyses devraient permettre de déterminer l'origine de certains points chauds, en particulier sur des secteurs pour lesquels les cartes officielles ne font pas apparaître de travaux susceptibles d'expliquer les anomalies radiométriques repérées par la CRIIRAD.

L'IRSN ne prévoit pas ce type de contrôle. »

Tableau T0 : Liste des parcelles connues concernées par l'exploitation et non soumises à servitudes d'après les cartes SMJ (figures 9, 12, 13 et 20) / Statut foncier en 1986 et en 2002 (en jaune parcelles contrôlées par la CRIIRAD)

N° de parcelle	Section	Localisation		Servitudes d'après Convention du 10 juillet 1996	Statut en 1986 d'après carte SMJ figure 13	Statut foncier en 2002 d'après carte SMJ figure 20
104	ZD (*)	Stand de tir	Sud ouest du site	Non	Propriété SCUMRA	Rétrocédée
105	ZD (*)	Nord du stand de tir	Sud ouest du site	Non	Propriété SCUMRA	Propriété SMJ
106	ZD (*)	Bordure est du stand de tir	Sud ouest du site	Non	Propriété SCUMRA	Propriété SMJ
85	ZL (*)	Dépôt des matériaux de curage de l'étang	Ouest du site	Non	Propriété SCUMRA	Ni Propriété SMJ / Ni Rétrocédée
55 / 89	ZD (*)	Ancien chemin et bordure en limite de la parcelle Marion	Ouest du site	Non	Propriété SCUMRA	Ni Propriété SMJ / Ni Rétrocédée
48	ZD (*)	Parcelle Marion	Ouest du site	Non	Propriété SCUMRA	Ni Propriété SMJ / Ni Rétrocédée
24	ZD (*)	Contrebas de la digue / "Contrôle des rejets SCUMRA"	Nord du site	Non	Propriété SCUMRA	Propriété SMJ
27	ZD (*)	Station de pompage	Combret	Non	Inconnu, parcelle hors carte	Propriété SMJ
69	ZD (*)	Terrain en bordure est de la digue / Bordure nord de la parcelle du camping	Nord est du site	Non	Propriété SCUMRA	Propriété SMJ
100	ZD (*)	Camping / Ateliers	Est du site	Non	Propriété SCUMRA	Rétrocédée
101	ZD (*)	Triangle en bordure est du site et en bordure sud des ateliers	Est du site	Non	Propriété SCUMRA	Propriété SMJ
65	ZD (*)	Emplacement de l'usine et du décanteur	Est du site	Non	Propriété SCUMRA	Propriété SMJ
c / 2a	ZD (*)	Secteur de la Croix	Sud est du site	Non	Hors domaine foncier SCUMRA	Hors domaine foncier SMJ
50	ZD (*)	Parcelle construite située en limite propriété SMJ	Bourg / Sud est du site	Non	A définir / Lecture délicate sur la carte	Hors domaine foncier SMJ / parcelle bâtie
2a	ZI (*)	Partie de la parcelle située entre les parcelles ZD 48, ZD 61 et ZI 61	Bourg / Sud du site	Non	Hors domaine foncier SCUMRA	Hors domaine foncier SMJ
60	ZI	Lotissement	Sud du site	Non	Propriété SCUMRA	Rétrocédée
12	ZI	Parcelle Gérémy	Est du plan d'eau	Non	N'apparaît pas sur la carte	N'apparaît pas sur la carte

(*) : section la plus probable selon cartes et plans en notre possession

Tableau T0 (suite) : Liste des parcelles connues concernées par l'exploitation et non soumises à servitudes d'après les cartes SMJ (figures 9, 12, 13 et 20) / Utilisation (selon l'exploitant) pendant et après l'exploitation

N° de parcelle	Section	Localisation	Incluse dans l'emprise de la zone exploitée d'après carte SMJ figure 12	Stockages d'après carte SMJ figure 13	Observations
104	ZD (*)	Stand de tir	Non	Non	Absence de données sur le plan compteur final SMJ / Niveaux élevés remarqués par la CRIIRAD sur ses abords en 2003 et en mars 2006
105	ZD (*)	Nord du stand de tir	Non	Résidus sur une bande en bordure nord est	Absence de données sur le plan compteur final SMJ / Niveaux élevés remarqués par la CRIIRAD en mars 2006
106	ZD (*)	Bordure est du stand de tir	Non	Non	1 seule valeur sur le plan compteur final SMJ / Niveaux élevés remarqués par la CRIIRAD en mars 2006
85	ZL (*)	Dépôt des matériaux de curage de l'étang	Oui, en partie	Résidus et Marginaux	Données éparses sur le plan compteur final SMJ / Niveaux élevés remarqués par la CRIIRAD en mars 2006 n'apparaissant pas sur le plan compteur
55 / 89	ZD (*)	Ancien chemin et bordure en limite de la parcelle Marion	Oui, en partie	Résidus	
48	ZD (*)	Parcelle Marion	Non	Ancienne aire de stockage des marginaux	
24	ZD (*)	Contrebas de la digue / "Contrôle des rejets SCUMRA"	Non	Non	Absence ou quasi absence de données sur le plan compteur final SMJ
27	ZD (*)	Station de pompage	Inconnu, parcelle hors carte	Inconnu, parcelle hors carte	Non couverte par le plan compteur final SMJ / Niveaux élevés remarqués par la CRIIRAD en mars 2006
69	ZD (*)	Terrain en bordure est de la digue / Bordure nord de la parcelle du camping	Non	Non	Absence ou quasi absence de données sur le plan compteur final SMJ / Proximité du camping
100	ZD (*)	Camping / Ateliers	Non	Non	Mesures extrêmement succinctes sur le plan compteur final SMJ <u>Camping</u> : Zone active repérée par la CRIIRAD en mars 2006 devant le bâtiment des sanitaires <u>Terrain au nord du camping</u> : Niveaux élevés remarqués par la CRIIRAD en mars 2006 / Entreposage de matériaux selon Mr le Maire / <u>Ateliers</u> : Absence de données sur le plan compteur final SMJ / Anciennes activités à risque / Niveaux élevés remarqués par la CRIIRAD en bordure du chemin
101	ZD (*)	Triangle en bordure est du site et en bordure sud des ateliers	Non	Non	Données éparses sur le plan compteur final SMJ
65	ZD (*)	Emplacement de l'usine et du décanteur	Non	Non	Parcelle à risque : présence de boues radioactives possible / Plan compteur final SMJ incomplet / Niveaux élevés remarqués par la CRIIRAD en mars 2006 près des bureaux
c / 2a	ZD (*)	Secteur de la Croix	Oui, en partie	Stériles	Hors domaine foncier SCUMRA et SMJ / En partie dans la zone exploitée / Absence de mesure sur le plan compteur final SMJ
50	ZD (*)	Parcelle construite située en limite propriété SMJ	Oui, en partie	Résidus	Hors domaine foncier SCUMRA et SMJ / En partie dans la zone exploitée / Stockage de résidus / Proximité immédiate d'habitations
2a	ZI (*)	Partie de la parcelle située entre les parcelles ZD 48, ZD 61 et ZI 61	Oui, en partie	Stériles	Hors domaine foncier SMJ / En partie dans la zone exploitée / Stockage de stériles / Proximité d'habitations
60	ZI	Lotissement	Non	Ancienne aire de stockage de terre végétale	Ancienne aire de stockage de terre végétale (d'après carte SMJ) / Niveaux élevés remarqués par la CRIIRAD en mars 2006 n'apparaissant pas sur le plan compteur / Terrain bâti
12	ZI	Parcelle Gérémy	N'apparaît pas sur la carte	N'apparaît pas sur la carte	Ancienne zone exploitée n'apparaissant pas dans les documents SMJ / Stockage de déchets de la mine n'apparaissant dans les documents SMJ / Parcelle non concernée par le plan compteur final SMJ

(*) : section la plus probable selon cartes et plans en notre possession

3. ORGANISATION DES MISSIONS DE TERRAIN

La plupart des données et des échantillons ont été collectés lors de la mission de terrain réalisée par la CRIIRAD du **16 au 20 octobre 2006** par messieurs Christian Courbon, technicien spécialisé, et Thierry Constantin-Blanc, ingénieur environnement.

Cinq secteurs ont été concernés par cette mission (mesures radiométriques, carottages de sols) :

- le secteur du **lotissement communal** (terrains bâtis),
- la parcelle ZI 12 (dite « **parcelle Gérémy** »),
- la parcelle ZD 65 (ancien terrain de **l'usine**),
- la parcelle ZD 105 (bois au **Nord du Stand de Tir**),
- le terrain situé au **nord du Camping** (parcelles ZD 100 et ZD 69).

Au cours de cette mission des mesures radiométriques et des prélèvements de sols ont également été réalisés dans 2 secteurs a priori non perturbés par l'exploitation minière afin de tenir lieu de **références** (Teldes et Buzanges).

En complément à cette campagne, des mesures radiométriques et un carottage de sol ont également été réalisés, le **10 janvier 2007**, sur 3 nouveaux secteurs de l'environnement a priori non perturbé (le Chaumeil, Gioux et Chaissac), afin de disposer d'un nombre plus important de points de **référence**, ainsi que sur le **terrain de football**.

Le présent rapport présente également :

- les mesures radiométriques exploratoires, effectuées au cours de la mission du **24 au 26 juillet 2006**, par monsieur Christian Courbon (CRIIRAD) dans les secteurs de **l'ancien concasseur** de minerai (autour de l'actuel mur d'escalade) et de la **réserve d'eau**,
- les mesures en statique de flux gamma et de débit de dose réalisées aux niveau de 3 dosimètres Algade du réseau de surveillance de l'exploitant, ainsi que les mesures en statique de flux gamma et de débit de dose effectuées aux stations de mesure de flux d'exhalation de radon en juillet 2006 (cf. rapport CRIIRAD N°07-68 / Tome 3 / Radon).

4. METHODOLOGIE

4.1. Mesures radiamétriques et prélèvements

La prospection et les relevés radiamétriques ont été réalisés à l'aide des scintillomètres NOVELEC DG5 et SAPHYMO SPP2 mesurant le flux de rayonnement gamma, au contact et à 0,5 m du sol (voir descriptifs des appareils en [Annexe 1](#)).

Les résultats sont exprimés en coups par seconde (c/s).

Les mesures en mode exploratoire au cours des repérages sont réalisées en dynamique c'est-à-dire sans arrêt lors du déplacement de l'opérateur.

Lorsqu'un point est déterminé comme représentatif d'une zone ou qu'un point particulier est identifié, la mesure est « affinée » : l'opérateur place le scintillomètre sur ce point (au contact ou à 0,5 m du sol) et attend la stabilisation de la mesure (mesures en statique).

Les mesures qui ont permis la réalisation des plans compteurs ont été effectuées à 0,5 m du sol à l'aide du scintillomètre DG5. Le pas de ces mesures est précisé dans le paragraphe traitant de chacun des secteurs concernés. Sur chaque point du maillage, l'opérateur a attendu la stabilisation de la mesure soit un minimum de 15 secondes (mesures en statique).

Les mesures de débit d'équivalent de dose ont été réalisées à l'aide d'un compteur proportionnel Berthold LB123 compensé en énergie et de sa sonde LB 1236, au contact et à 0,5 m du sol.

Ces mesures ont été réalisées en statique sur des points fixes dont le niveau de flux gamma avait été préalablement relevé à l'aide d'un scintillomètre.

A chaque point de contrôle, une série de plusieurs mesures intégrées (3 au minimum) d'une durée de 100 secondes a été réalisée.

Les résultats représentent la moyenne de ces mesures. Ils sont exprimés en microSieverts par heure ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$).

La relation entre les mesures de flux gamma et les valeurs de débit de dose a été établie grâce à des mesures conjointes de ces deux types de mesures sur 23 points de la zone d'étude. Cette relation, présentée en [Annexe 2](#), a été réalisée dans le but d'utiliser un scintillomètre à réponse rapide (Novelec DG5) permettant l'acquisition d'un grand nombre de mesures dans un temps limité. En effet l'utilisation du compteur proportionnel LB123 qui mesure directement le débit de dose nécessite des temps d'acquisition plus longs sur chaque point. Le principe d'utilisation de cette corrélation a été validé lors de la réunion avec la DRIRE et l'IRSN le 11 mai 2006.

La localisation des points de mesure et de prélèvement a été réalisée à l'aide des plans cadastraux et d'un GPS Garmin GPSmap 60CX. Chaque point de prélèvement a fait l'objet de l'enregistrement de ses coordonnées géodésiques pour un traitement cartographique ultérieur.

Les coordonnées de ces points sont reportées dans les rapports d'essais en [Annexe 4](#).

Pour les plans compteurs et les mesures radiamétriques selon des lignes métrées, les mesures de distances ont été réalisées à l'aide d'un topofil et/ou d'un décamètre.

Choix des points d'échantillonnage : tous les points d'échantillonnage ont été déterminés sur la base de repérages radiamétriques préalables.

Pour les stations de référence, ce balayage a permis de vérifier que le point choisi était représentatif du secteur considéré et que les niveaux radiamétriques relevés sur ce secteur étaient homogènes.

Pour les autres points d'échantillonnage, s'agissant de caractériser radiologiquement les sols et la nature des matériaux qui le composent, le prélèvement a été effectué, si possible, sur un point présentant un niveau de flux gamma parmi les plus élevés du secteur étudié.

Toutefois, faute de temps, il n'a pas été possible de balayer, sur chacun des secteurs, l'intégralité des terrains. Il n'est donc pas exclu, que des niveaux radiométriques plus élevés puissent être mesurés.

Les prospections permettant de déterminer l'emplacement des stations d'échantillonnage ont été réalisées avec un scintillomètre tenu au contact (ou à quelques centimètres du sol) afin d'accroître les chances de détection d'un matériau radioactif éventuellement présent dans le sol.

Un balayage à une distance plus élevée (qui permet de mesurer le niveau de rayonnement ambiant) ne permet pas de rendre compte systématiquement de la présence de points chauds à la surface du sol.

En effet, comme la CRIIRAD a pu le constater sur d'autres sites miniers d'extraction de l'uranium et en plusieurs endroits du site de St Pierre, un point particulièrement actif au contact du sol n'exerce pas toujours une influence sur une mesure réalisée à 0,5 m ou à 1 m du sol.

Dans certains cas, au droit d'un point particulièrement actif au contact, le flux gamma mesuré à quelques dizaines de cm du sol peut même être plus faible que le flux gamma mesuré sur une zone du même secteur, sur laquelle il est impossible de localiser de point « chaud ».

Ce phénomène est lié :

- à l'atténuation des rayonnements gamma lors de leur parcours dans l'air,
- à la masse et à l'activité massique du matériau qui provoque l'élévation du niveau de flux gamma (un matériau de petite taille émettant un niveau de flux gamma relativement intense n'est plus systématiquement détectable à partir d'une distance qui peut être de l'ordre de quelques dizaines de centimètres, surtout si le niveau ambiant est déjà élevé).

La méthodologie employée, basée sur les variations de flux gamma à la surface du sol, a cependant ses limites : il suffit que le matériau actif soit enfoui, parfois de quelques centimètres seulement, pour que les rayonnements gamma qu'il émet soient fortement atténués par les matériaux le recouvrant. Dans ce cas, le matériau actif n'induit pas d'élévation du niveau de flux gamma à la surface du sol et ne sera donc pas détectable par le scintillomètre, même tenu au contact du sol.

On gardera donc à l'esprit, que la méthodologie de détection employée - consistant à effectuer des mesures au contact du sol - même si elle permet une détection des points particulièrement actifs nettement meilleure que des mesures réalisées à 0,5 m ou à 1 m du sol, ne permet de localiser des matériaux radioactifs que si ces derniers sont enfouis à une faible profondeur dans le sol.

Il convient de rappeler à ce propos que la proposition de la CRIIRAD de réaliser des sondages plus profonds, au moyen d'une mini pelle mécanique, en particulier au droit de la parcelle nord-camping et de la parcelle Gérémy, n'a pas été acceptée par monsieur le Maire de Saint-Pierre. A défaut ont donc été réalisés des prélèvements au carottier ou à la tarière.

Les prélèvements des sols à caractériser par des analyses en spectrométrie gamma ont été réalisés à l'aide d'un carottier (diamètre de 70 mm) et/ou d'une tarière par strates de 10 cm.

Pour les échantillons de référence (village de Teldes et de Buzanges), seule la strate supérieure (0 -10 cm) a été prélevée.

En certains points, la réalisation des carottes a mis à jour des matériaux particulièrement actifs (cailloux actifs, matière jaune, amas de matériaux). Afin de permettre une meilleure caractérisation de ces matériaux, des prélèvements sélectifs de ces derniers ont été réalisés autour des points de carottage à l'aide d'une pelle.

Les échantillons ont été conditionnés dans des sacs en polyéthylène et bacs en plastique pour leur acheminement au laboratoire.

4.2. Analyses en spectrométrie gamma

Les échantillons de sol ont été analysés par spectrométrie gamma haute résolution (Hp Ge) au laboratoire de la CRIIRAD. Les modalités de traitement et d'analyse des échantillons sont reportées dans les rapports d'essai en [Annexe 4](#).

Sauf dans le cas du terrain de football, une seule strate a été analysée en chaque station, compte tenu des contraintes budgétaires. Il s'agit systématiquement de la strate présentant le niveau de rayonnement gamma le plus élevé.

Sauf mention contraire indiquée dans le rapport d'essai, les échantillons ont subi le traitement suivant : tri, dessiccation en étuve à 105°C, tamisage à 2 mm, conditionnement de la fraction inférieure à 2 mm en géométrie normalisée (Pétri ou Petit Pétri). Dans le cas des échantillons de la parcelle Gérémy, du terrain au nord du camping et de la matière jaune de la parcelle ZD 65, les échantillons ont été conditionnés sans dessiccation pour des raisons de radioprotection.

L'arrêté du 11 août 2006 fixant la liste des laboratoires agréés par le ministre chargé de l'environnement et par le ministre chargé de la santé pour les mesures de la radioactivité de l'environnement atteste que le laboratoire de la **CRIIRAD est agréé** jusqu'au 31 décembre 2008 pour tous les agréments métrologiques qu'il a demandés :

1 / Les eaux : émetteurs gamma < 100 keV, et > 100 keV et tritium.

2 / **Les sols : uranium et descendants, thorium et descendants, Ra 226 et descendants, Ra 228 et descendants.**

3 / Les matrices biologiques : émetteurs gamma < 100 keV et > 100 keV.

Sauf mention contraire dans les rapports d'essai, les comptages par spectrométrie gamma ont été effectués **à l'équilibre**, soit plus de 21 jours après conditionnement, de manière à pouvoir évaluer le radium 226 sur ses descendants plomb 214 et bismuth 214 (après 21 jours, l'équilibre entre le radium 226 et ses deux descendants est rétabli à 98 %).

La spectrométrie gamma permet de détecter et de quantifier de nombreux radionucléides naturels (potassium 40 et descendants de l'uranium 238, de l'uranium 235 et du thorium 232) et artificiels² (césium 137, cobalt 60, iode 131, américium 241, etc....).

Afin de tenir compte, au mieux, du problème de **l'auto-atténuation**³ les rendements de détection, pour les échantillons de type terre et sédiments, ont été affinés à partir du comptage d'un matériau de référence UTS4 (résidu d'extraction de l'uranium) fourni par le CANMET (Canada). Des facteurs de recalage ont également été appliqués au protactinium 234^m et à l'uranium 235. Il convient néanmoins de garder à l'esprit que pour certains échantillons très denses (matière jaune de la parcelle ZD 65), l'auto-atténuation reste très significative comme le montre le déséquilibre Th 234 / Pa 234^m.

Afin d'alléger les commentaires concernant les résultats des analyses, ne sont évoqués ci-après que⁴ les résultats concernant l'uranium 238 (et dans une moindre mesure l'uranium 235) et ses descendants.

² Afin d'alléger la présentation des résultats, dans les rapports d'essai, les limites de détection obtenues pour les radionucléides artificiels émetteurs gamma non détectés ne sont pas reportées, sauf et de façon systématique, pour les césiums 134 et 137.

³ C'est-à-dire du fait que, pour des matériaux très denses, les activités des radionucléides dont les raies gamma sont à basse énergie (moins de 100 keV) sont susceptibles d'être sous estimées (ceci concerne en particulier le plomb 210, le thorium 234 et le thorium 230).

⁴ Dans les échantillons analysés, les teneurs en radionucléides naturels de la chaîne du **thorium 232** (< 32 à 96 Bq/kg pour l'actinium 228) sont le plus souvent du même ordre de grandeur que la moyenne de l'écorce terrestre (40 Bq/kg). On ne remarque pas de différences significatives entre les échantillons de référence et les échantillons prélevés sur les parcelles a priori concernées par l'exploitation minière.

Les teneurs en **potassium 40** (< 290 à 1 540 Bq/kg) sont dans certains cas supérieures à la moyenne de l'écorce terrestre (300 à 600 Bq/kg) sans toutefois être anormales.

Parmi les **radionucléides artificiels émetteurs gamma**, seul le césium 137 (période physique égale à 30 ans) a été détecté avec une activité supérieure aux limites de détection dans 3 échantillons (15,7 Bq/kg sec à 33 Bq/kg sec). Il s'agit des 2 échantillons de référence et de l'échantillon STADE 0-10. Notons qu'il s'agit dans tous les cas de la couche superficielle des sols (strate de 0 à 10 cm). Cette contamination a très probablement pour origine des dépôts atmosphériques consécutifs aux essais militaires des années 50-60 et à l'accident de la centrale de Tchernobyl en 1986.

5. MESURES RADIAMÉTRIQUES ET PRELEVEMENTS D'ÉCHANTILLONS

5.1. Localisation des secteurs étudiés

5.1.1. Milieu a priori non perturbé par l'exploitation

Les points de mesures radiamétriques et de prélèvement des échantillons situés dans l'environnement a priori non perturbé par l'exploitation sont reportés sur la carte C1 ci-dessous.

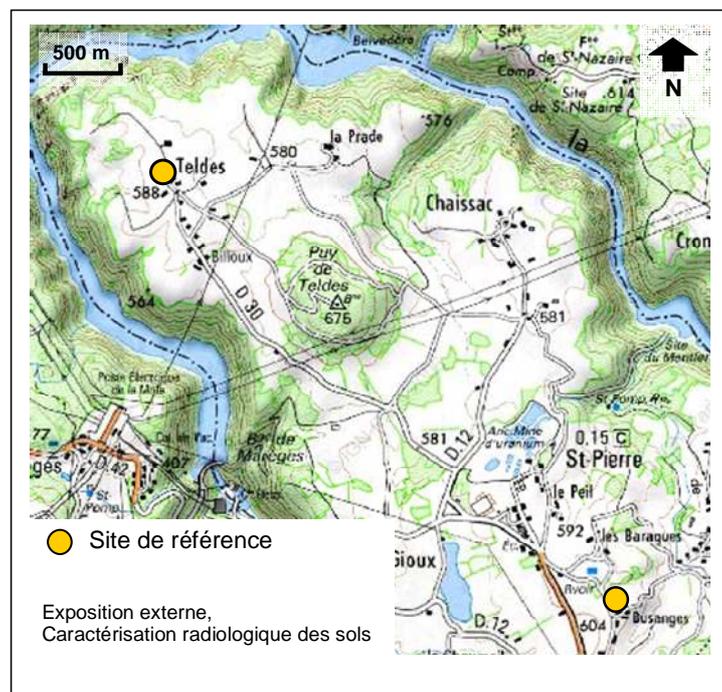
Au cours de la mission d'octobre 2006, 2 sites permettant d'acquérir des mesures radiamétriques de référence ont été sélectionnés.

Il s'agit :

- du site de **Teldes** : 2 points de mesure (flux gamma et débit de dose) situés dans le même contexte géologique que le site de Saint-Pierre (sables oligocènes), sur un terrain privé aux abords d'une villa,
- du site de **Buzanges** : 1 point de mesure (flux gamma et débit de dose) situé sur la pelouse d'une villa.

Ces terrains ont été sélectionnés après avoir vérifié que les niveaux de flux gamma mesurés étaient en accord avec d'autres mesures réalisées dans l'environnement non perturbé proche du site de Saint-Pierre et en les comparant aux données acquises dans le milieu naturel lors de la mission CRIIRAD de mars 2006. Deux échantillons de sol de référence (strates de 0 à 10 cm) ont également été prélevés sur ces deux sites.

Les terrains à substratum basaltique (Puy de Teldes), sur lesquels la CRIIRAD a pu mesurer des valeurs de flux gamma peu élevées (50 à 70 c/s DG5 à 1 m du sol) ont notamment été exclus du choix, afin de ne retenir **comme références que des sites de même contexte géologique que le site de Saint-Pierre**



Carte C1 Localisation des stations de mesure et de prélèvement dans l'environnement a priori non perturbé par l'exploitation minière – mission CRIIRAD d'octobre 2006 (fond cartographique : © IGN Paris 2007)

Par ailleurs, ces 2 stations ont également fait l'objet de mesures de flux d'exhalation de radon (mission de juillet 2006 et d'octobre 2006, voir Rapport CRIIRAD N°07-68 / Tome 3 / Radon).

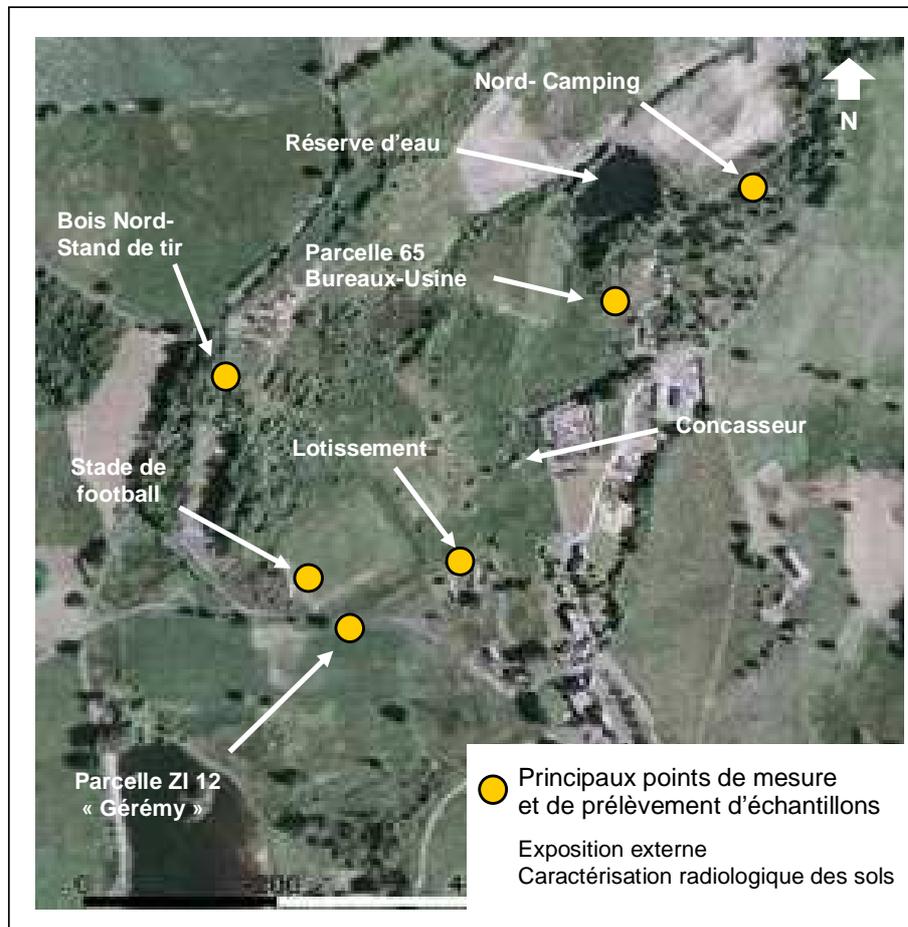
En complément, afin d'améliorer la représentativité des résultats des mesures radiométriques complémentaires (flux gamma et débit de dose) ont été réalisées sur 3 autres stations au cours de la mission de janvier 2007.

Ces stations sont situées dans des prés de pâture ou de fauche :

- à proximité du hameau de **Gioux**,
- à proximité du hameau **Chaumeil**,
- en bordure de la route de **Chaissac**, au niveau du croisement de la route du Mentier.

5.1.2. Ancien site minier

Les secteurs étudiés par la CRIIRAD sont présentés sur la carte C2, ci-dessous.



Carte C2 Localisation des secteurs de mesure et de prélèvement sur l'ancien site minier et dans son proche environnement (photographie aérienne : IGN année 2000 ; © IGN Paris 2007)

Les mesures radiométriques détaillées et les carottages de sol réalisés lors de la mission d'octobre 2006 concernent :

- **les terrains bâtis du lotissement communal**, rétrocédés, en bordure sud de l'ancien site minier et séparés de celui-ci par une bande de terrain pour laquelle (contrairement aux terrains du lotissement) des servitudes en rapport avec l'exploitation ont été établies,
- **la parcelle ZI 12, dite parcelle « Gérémy »**, propriété privée, ancienne zone d'exploitation n'apparaissant pas comme telle dans les documents SMJ transmis à l'administration lors de la cessation d'activité. Le point de carottage de sol est situé à proximité de l'ancienne zone d'exploitation, non déclarée et aujourd'hui remblayée,
- **la parcelle ZD 65**, propriété SMJ en 2001, où étaient implantés l'usine d'extraction du minerai d'uranium, la station de délitage et le décanteur. Ce terrain, sur lequel subsiste le bâtiment des anciens bureaux (mis à disposition de la Mairie) est actuellement entretenu par la commune (pelouse),
- **la parcelle ZD 105**, propriété SMJ en 2001, terrain boisé situé **au nord du Stand de Tir**,
- **au nord du Camping, la parcelle ZD 69** (propriété SMJ en 2001) **et la parcelle ZD 100** (rétrocédée) **dans sa partie nord** (la partie sud de la parcelle étant le terrain occupé par le camping municipal).

Aucune servitude ni restriction d'usage ne sont actuellement en vigueur sur ces terrains. Ils sont pourtant tous situés dans des secteurs concernés, officiellement ou non, par l'exploitation de l'uranium.

Dans ces secteurs, la CRIIRAD a réalisé :

- **des carottages** (strates de 10 cm) et des **prélèvements d'échantillons** pour analyse en spectrométrie gamma, **afin de caractériser radiologiquement les sols,**
- **des mesures en statique de flux gamma et de débit de dose** aux points de prélèvement des échantillons de sols, ainsi que sur d'autres points d'intérêt,
- **des mesures métrées de flux gamma selon des parcours rectilignes ou des plans compteur au sein de zones « ateliers »** sur les secteurs du lotissement communal, de la parcelle Gérémy et du terrain de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium.

En complément, un **carottage de sol et des mesures radiamétriques** ont été réalisées par la CRIIRAD en janvier 2007 sur le **terrain du Stade de Football**, rétrocédé à la commune et soumis à des servitudes.

Par ailleurs, des **mesures radiamétriques exploratoires** ont été réalisées par la CRIIRAD en juillet 2006 dans les secteurs de **l'ancien concasseur de minerai et de la réserve d'eau.**

5.2. Milieu a priori non perturbé par l'exploitation

5.2.1. Mesures de flux gamma et de débit de dose sur points fixes

Des mesures de flux gamma et de débit de dose ont été réalisées dans le milieu a priori non perturbé par l'exploitation dans plusieurs secteurs de l'environnement de St Pierre.

Chaque point de mesure a été déterminé après un balayage radiamétrique permettant de vérifier l'homogénéité du flux gamma du terrain. Les résultats figurent dans le tableau 1, ci-dessous.

Tableau 1 : Milieu a priori non perturbé par l'exploitation et les stockages de déchets, mesures de débit de dose et de flux gamma en statique (NM : Non mesuré)

Localisation	Notes	Mesures radiamétriques au contact du sol			Mesures radiamétriques à 0,5 m du sol	
		Flux gamma SPP 2 (C/S)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)
Teldes (campagne oct. 2006)	Terrain privé / Pelouse Point de mesure du flux d'exhalation de radon et de prélèvement Réf Sol TE	NM	165	0,17	160	0,18
	Idem / à 3 m du point de prélèvement	NM	170	0,18	170	0,18
Buzanges (campagne oct. 2006)	Terrain privé / Pelouse Point de mesure du flux d'exhalation de radon et de prélèvement Réf Sol BU	NM	190	0,23 (juillet 2006)	175	0,21 (juillet 2006)
Le Chaumeil (campagne janv. 2007)	Terrain privé / Pré	NM	180	0,19	180	0,19
Gioux (campagne janv. 2007)	Terrain privé / Pré	NM	200	0,22	200	0,22
Chaissac (campagne janv. 2007)	Terrain privé / Pré en bordure de la route St Pierre-Chaissac, au niveau du croisement routier Teldes-le Mentier	NM	190	0,24	180	0,22

(NM : non mesuré)

Les moyennes des mesures de débit de dose en ces 6 points de référence s'établissent à 0,20 µSv/h tant au contact qu'à 0,5 m du sol.

On retiendra donc que des relevés supérieurs à 0,25 µSv/h sont a priori l'indice d'une situation anormale et qui mérite en tout cas des contrôles affinés (mesures au contact, vérification de la nature des matériaux constitutifs du sol)

Les moyennes des mesures de flux gamma sont de 183 c/s DG5 au contact du sol et de 178 c/s à 0,5 m du sol.

5.2.2. Prélèvement d'échantillons

Des échantillons de sol de référence ont été prélevés par la CRIIRAD au cours de la campagne d'octobre 2006 au village de Teldes et au village de Buzanges.

Village de Teldes

Le prélèvement de sol **Réf Sol TE** a été réalisé le 16 octobre 2006 sur une propriété privée, au point de mesure du flux d'exhalation de radon. L'échantillon de terre (de nature argileuse) a été prélevé sur une profondeur de 10 cm sur un sol herbeux.

Au contact du sol au niveau du point de prélèvement, le flux gamma a été mesuré à 165 c/s DG5 et le débit de dose à 0,17 $\mu\text{Sv/h}$. A 0,5 m du sol, le niveau de flux gamma était de 160 c/s DG5 et le débit de dose de 0,18 $\mu\text{Sv/h}$. Une seconde série de mesures donnant des résultats très proches (cf. tableau 1) a été réalisée à 3 m du point de prélèvement.

Une prospection sur une cinquantaine de mètres autour de ces points donne des mesures de flux gamma instantané comprises entre 150 et 185 c/s, tant au contact qu'à 0,5 m du sol.

Village de Buzanges

Le prélèvement de sol **Réf Sol BU** a été réalisé le 19 octobre 2006 sur une propriété privée (pelouse) sur une profondeur de 10 cm. Cet échantillon a été prélevé à l'endroit où avait été réalisée une mesure de flux d'exhalation de radon en juillet 2006.

Au niveau du point de prélèvement, le flux gamma était de 190 c/s DG5 au contact du sol et de 175 c/s à 0,5 m du sol.

Le débit de dose a été mesuré à 0,23 $\mu\text{Sv/h}$ au contact du sol et à 0,21 $\mu\text{Sv/h}$ à 0,5 m (mesures réalisées en juillet 2006).

5.3. Secteur bâti du lotissement communal

Une prospection radiamétrique a été conduite par la CRIIRAD le 17 octobre 2006, sur les terrains bâtis des **3 villas du lotissement communal** situé en proximité directe de l'ancien site minier (Carte C3 ci-dessous et Photo 1 et 2).

Des relevés radiamétriques plus détaillés (plan compteur) ainsi qu'un carottage de sol ont été réalisés le même jour sur l'un de ces terrains (**parcelle centrale**) dans la mesure où il présentait des anomalies radiamétriques sensiblement plus importantes que les terrains des 2 autres villas.



Carte C3 : Lotissement communal, localisation du point de prélèvement CRIIRAD (© IGN Paris 2007).

Nota : localisation approximative du point de carottage (voir coordonnées GPS en annexe).



Photo 1 : Vue du lotissement depuis l'ancien mur du concasseur de minerai transformé en mur d'escalade. En arrière plan : plan d'eau communal.



Photo 2 : Prélèvement de la carotte A sur le terrain de la villa centrale du lotissement (point de mesure P1). En arrière plan, sur la gauche, mur d'escalade sur l'emplacement de l'ancien concasseur de minerai.

5.3.1. Prospection radiamétrique

Terrain de la villa ouest

Sur le terrain de la villa à l'ouest du lotissement, le flux gamma mesuré au cours d'une prospection rapide varie entre 350 et 750 c/s DG5 à 0,5 m du sol.

On observe un gradient croissant des valeurs du sud au nord, soit de la partie du terrain longeant le chemin communal à la partie bordant la bande de servitude, du côté de l'ancien site minier.

Le flux gamma DG5 à 0,5 m du sol est de l'ordre de :

- 350 à 450 c/s du portail à la villa,
- 400 à 500 c/s au niveau de la villa et
- de 400 à 750 c/s entre la villa et la clôture nord.

Un point particulièrement actif a été repéré devant la porte d'entrée du chenil clôturé sur la partie nord du terrain. Sur ce point le niveau de flux gamma est de **1 150 c/s DG5 au contact du sol et de 750 c/s à 0,5 m du sol**. Notons que, sur cette partie nord, des niveaux de 700 à 750 c/s peuvent être mesurés à 0,5 m du sol sur des surfaces de plusieurs mètres carrés.

Terrain de la villa centrale

Ce terrain a fait l'objet dans un premier temps d'une prospection radiamétrique rapide, puis d'investigations détaillées dans sa partie nord. Ces dernières, incluant un plan compteur et un carottage de sol sont décrites plus loin dans le texte.

Comme pour le terrain de la villa ouest, on observe une élévation du niveau de flux gamma en parcourant cette parcelle du sud au nord (du portail d'entrée vers la clôture longeant la bande de servitude). Les mesures DG5 réalisées à 0,5 m du sol indiquent, en effet :

- 350 à 400 c/s sur la pelouse à proximité directe du portail et de la clôture est,
- 390 à 540 c/s sur la pelouse à l'est de la maison (250 à 300 c/s sur l'allée goudronnée),
- 450 à 700 c/s sur la pelouse au niveau de la villa,
- **500 à 1 300 c/s** sur la pelouse, sur la partie nord du terrain (400 à 470 c/s sur le pourtour de la villa revêtu de dalles).

Terrain de la villa est

Une prospection radiamétrique rapide a été conduite sur le terrain de cette villa. Les valeurs de flux gamma mesurées au DG5 à 0,5 m du sol sur la pelouse sont comprises entre

- 400 et 600 c/s sur la partie sud du terrain et
- **600 et 1 100 c/s** sur la partie nord.

5.3.2. Mesures de flux gamma et de débit de dose sur points fixes

Sur le terrain de la villa située au milieu du lotissement, des mesures de débit de dose au contact et à 0,5 m du sol ont été réalisées, conjointement à des mesures de flux gamma. Ces mesures ont été effectuées :

- au point de prélèvement de la carotte (point P1),
- au sein d'une large zone active, sur un point au niveau « moyen » au contact du sol (par rapport à cette zone), situé à 6 m nord-est de la maison (point P3),
- sur un point particulièrement actif au contact du sol au sein d'une zone au niveau « moyen », à 2,6 m nord-ouest de la villa (point P2, photo 3).

Les résultats, ainsi que les mesures de flux gamma sur un point actif de la villa est, sont reportés dans le tableau 2, ci-dessous.

Tableau 2 : Lotissement communal, mesures de débit de dose et de flux gamma sur points fixes

Localisation	Notes	Mesures radiométriques au contact du sol			Mesures radiométriques à 0,5 m du sol		
		Flux gamma SPP 2 (C/S)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)	
Lotissement communal	Terrain de villa ouest (Mme C.) Pelouse devant la porte de l'enclos à chiens	Point "actif" au contact du sol au sein d'une zone "active"	800	1150	NM	750	NM
	Terrain de la villa centrale (Mr D.) Pelouse à 2,2 m de la clôture nord Point de mesure du flux d'exhalation de radon et de carottage	Point "actif " au contact du sol au sein d'une zone "active" (P 1)	1300	1850	1,21	1400	0,90
	Terrain de la villa centrale (Mr D.) Pelouse à 2,6 m nord de la villa / 1,3 m nord du bord de la terrasse	Point "actif" au contact du sol au sein d'une zone "moyenne" (P 2)	1600	1850	1,62	950	0,62
	Terrain de la villa centrale (Mr D.) Pelouse à 6 m nord-est de la villa	Point "moyen" au contact du sol au sein d'une zone "active" (P 3)	1000	1530	1,14	1300	0,94

(NM : non mesuré).



Photo 3 : Point particulièrement actif (point P2 : 1 850 c/s DG5 au contact) sur la pelouse de la villa centrale à 1 m 30 du bord de la terrasse

Ces mesures mettent en évidence la présence de niveaux radiométriques élevés à proximité directe de l'habitation (point P2 situé à 2,6 m de la villa mesuré à **1,62 $\mu\text{Sv/h}$ au contact** et présence de secteurs où l'exposition externe à 0,5 m du sol dépasse 0,6 $\mu\text{Sv/h}$).

D'autre part, on remarque qu'une mesure réalisée à 0,5 m du sol n'est pas forcément adaptée pour détecter une anomalie radiométrique significative présente à la surface du sol.

En effet, au point P2 situé à proximité de la villa, la mesure à 0,5 m du sol est de 0,62 $\mu\text{Sv/h}$, soit une valeur inférieure à celle mesurée à la même hauteur au point P3 (0,94 $\mu\text{Sv/h}$ au point P3), tandis qu'au même point P2, le débit de dose mesuré au contact du sol est de 1,62 $\mu\text{Sv/h}$, soit le niveau le plus élevé mesuré sur la parcelle (« seulement » 1,14 $\mu\text{Sv/h}$ en P3).

Au cours de la campagne de juillet 2006, des mesures ont également été réalisées sur la **bande de servitude** entre le lotissement et l'ancien site minier. Au point de mesure du flux d'exhalation de radon, à 80 cm de la clôture séparant la bande de servitude de la maison centrale du lotissement, le débit de dose était de 0,80 $\mu\text{Sv/h}$ au contact du sol et de 0,58 $\mu\text{Sv/h}$ à 0,50 m du sol (flux gamma de 1 030 c/s au contact et de 850 c/s à 0,50 m du sol). On remarquera qu'il s'agit de valeurs moins élevées que celles mesurées en certains points à l'intérieur du terrain bâti alors qu'il n'est – sauf erreur- soumis à aucune servitude

5.3.3. Plan compteur

Un plan compteur a été réalisé par la CRIIRAD sur la partie nord du terrain de la villa centrale (entre la maison et la clôture nord). Les mesures de flux gamma ont été effectuées tous les mètres, à 0,5 m du sol, en suivant des lignes ouest-est espacées de 2 m (soit une maille de 1 X 2 m) (photo 4).



Photo 4 : Mesure de flux gamma à 0,5 m du sol lors de la réalisation du plan compteur sur la partie nord du terrain de la villa centrale.

L'ensemble des mesures de flux gamma (scintillomètre DG5) est reporté en [Annexe 3](#).

Les mesures de flux gamma ont été converties en débit de dose en utilisant la relation présentée en [Annexe 2](#). Les valeurs sont comprises entre **0,31 et 0,85 $\mu\text{Sv/h}$** . La moyenne et la médiane s'établissent à **0,53 $\mu\text{Sv/h}$** .

Une représentation graphique de ces mesures est donnée par les figures 1 et 2 (détail), ci-après.

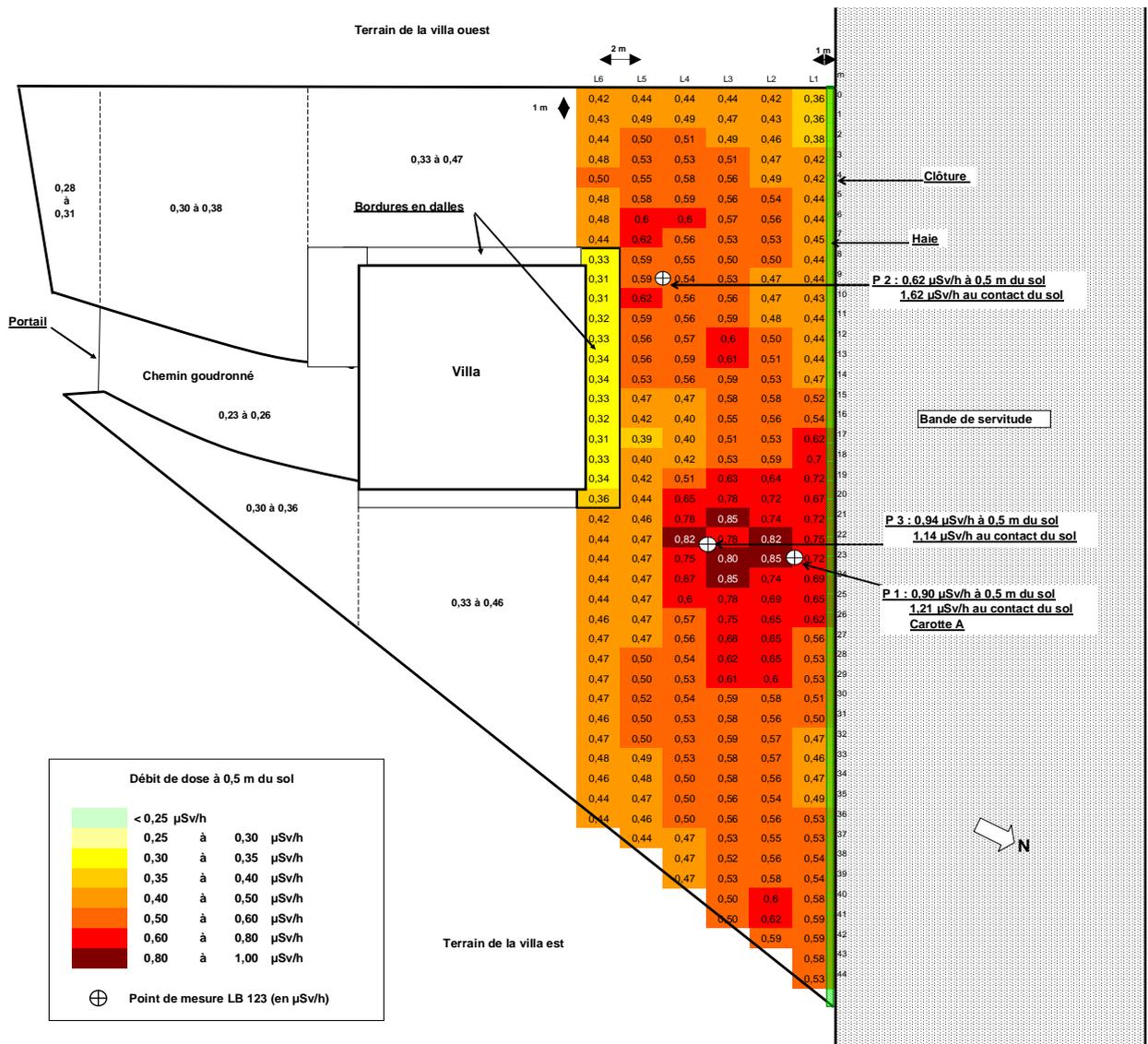


Figure 1 : Plan-compteur sur la partie nord du terrain de la villa centrale du lotissement (maille de 2 m X 1 m), débit de dose à 0,5 m du sol (µSv/h). Valeurs de débit de dose (y) obtenues par conversion des mesures de flux gamma (x) (voir Annexe 2).

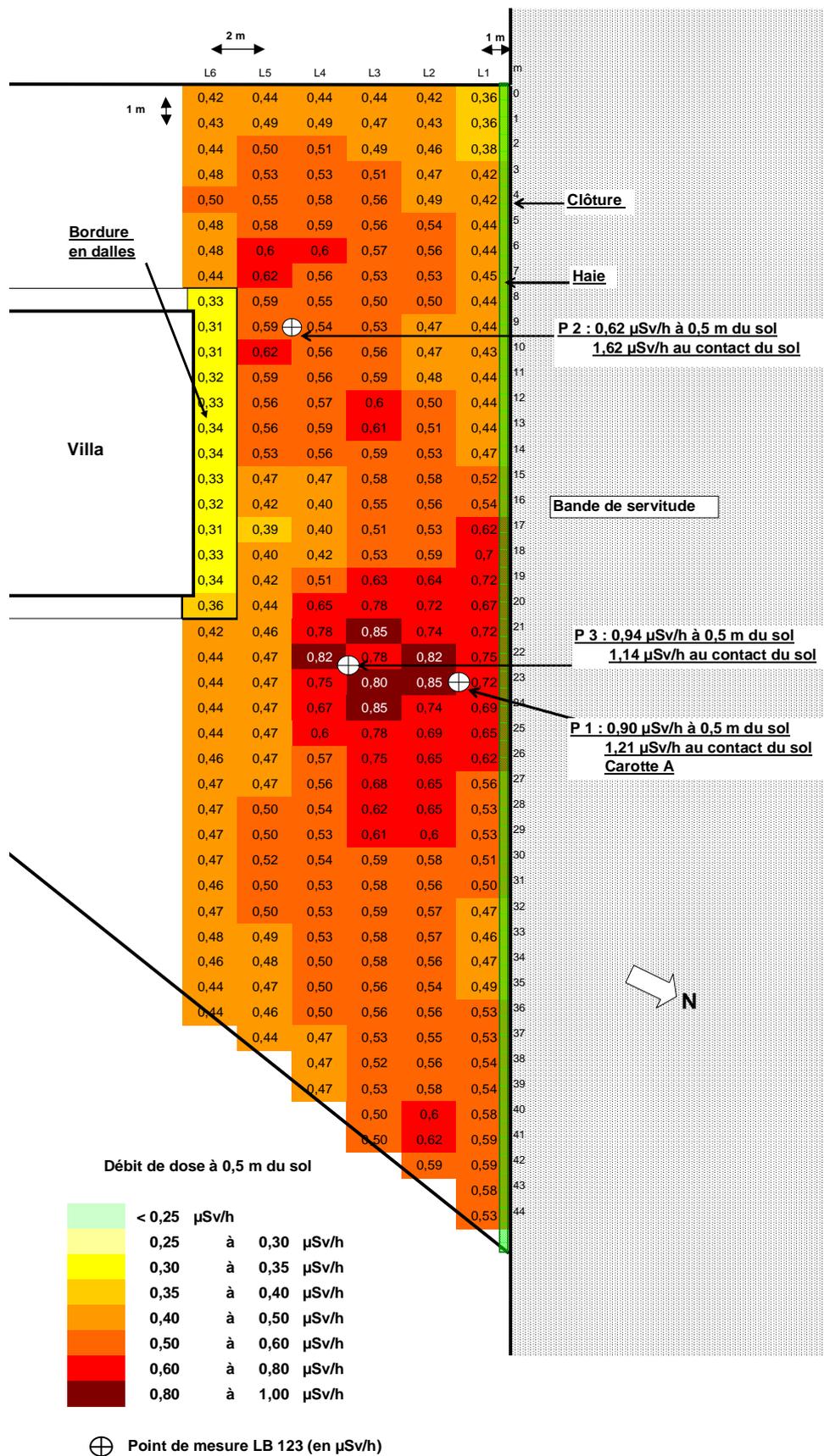


Figure 2 : Détail du plan-compteur sur la partie nord du terrain de la villa centrale du lotissement (maille de 2 m X 1 m), débit de dose à 0,5 m du sol (µSv/h). Valeurs de débit de dose (y) obtenues par conversion des mesures de flux gamma (x) (voir Annexe 2).

5.3.4. Carottage de sol

Un carottage de sol (carotte A) a été réalisé par la CRIIRAD sur le terrain de la villa située au milieu du lotissement. Le point de prélèvement (point de mesure P1), identique à celui où a été réalisée une mesure de flux d'exhalation de radon (cf. Rapport CRIIRAD N°07-68 / Tome 3 / Radon), est situé sur la pelouse, à 2,2 m de la clôture nord, au sein d'une large zone présentant des niveaux radiométriques élevés (photo 2).

Le carottage a été réalisé par strates de 10 cm, jusqu'à une profondeur de 50 cm (échantillons LOT 0-10 à LOT 40-50).

A environ 8 cm de la surface du sol, sous une couche de terre argileuse, un **sable marron clair** présentant un surcroît d'activité gamma décelable au scintillomètre est mis en évidence.

Lors des contrôles radiométriques au laboratoire de la CRIIRAD, le flux gamma au contact de la strate 0-10 cm, dans laquelle ce sable est présent sur une épaisseur de 2 cm, s'est avéré être déjà plus de 2 fois supérieur au bruit de fond (45 c/s SPP2). Dans les mêmes conditions, 330 c/s SPP2 étaient mesurés au contact de la strate 20-30 cm de nature essentiellement sableuse.

Cette **couche de matériaux actifs sableux est présente jusqu'à la profondeur d'environ 35 cm**. Au-delà (sur la profondeur de la carotte) une couche d'argile au niveau de flux gamma notablement plus faible lui succède (75 c/s SPP2 mesurés au laboratoire au contact de la strate 40-50 cm de l'échantillon).

Le détail de la nature des strates est indiqué dans le tableau récapitulatif des prélèvements (paragraphe 5.13).

5.4. Parcelle ZI 12, dite « parcelle Gérémy »

Des mesures de flux gamma et des mesures de débit de dose, ainsi qu'un carottage de sol, ont été réalisés par la CRIIRAD, le 18 et le 19 octobre 2006, sur la parcelle ZI 12, dite « parcelle Gérémy », ancienne zone d'exploitation du minerai d'uranium non déclarée⁵.

Cette parcelle est actuellement la propriété de Mr Salvary, maire de St Pierre, et est utilisée comme pré de pâture pour des chevaux. Un projet de construction de bâtiments à usage d'habitation était en cours sur cette parcelle. La CRIIRAD a demandé à la DRIRE de veiller au gel de ce projet.

Les contrôles réalisés par la CRIIRAD portent sur 2 zones :

- une « zone atelier » de 13 m sur 20 m située en bordure de la route RD 12, à proximité de l'ancienne zone d'exploitation. Il est difficile de déterminer s'il s'agit de la zone exploitée proprement dite ou de son pourtour immédiat.
- en contrebas du « puits Gérémy » (et donc, a priori, en contrebas de l'ancienne zone d'exploitation), entre ce dernier et le fossé Font de Pérou qui longe la clôture sud-ouest de la parcelle.

Des relevés détaillés des valeurs de flux gamma ont été réalisés sur ces 2 zones :

- plan compteur avec une maille de 1 X 1 m sur la zone « atelier »,
- tous les mètres sur 3 lignes distantes de 1 m entre le fossé Font de Pérou et le « puits Gérémy ».

Des mesures en statique de flux gamma et de débit de dose (à l'aide d'un compteur proportionnel) ont également été effectuées.

La carte C4 ci-dessous indique la localisation des zones de mesure.



Carte C4 parcelle ZI 12, localisation des zones de mesure CRIIRAD

⁵ Le dossier SMJ de cessation d'activité ne fait pas état, ni dans le texte, ni sur les cartes délimitant les zones concernées par les travaux miniers, de l'exploitation de cette parcelle. Cependant, des documents fournis par monsieur Haag (association « Nos Enfants et leur Sécurité ») reproduisent des attestations de témoins oculaires indiquant que la parcelle ZI n°12, dite parcelle « Gérémy » a bien été exploitée par la SCUMRA dans les années 80. L'un des témoins précise que le terrain a été creusé sur 14 à 17 mètres pour y extraire le minerai, puis remblayé par les déchets de la mine. Lors de la réunion de la CLI du 26 janvier 2006, Monsieur Andres, de la COGEMA, interrogé sur cette question par M. Haag, a indiqué que les archives qu'il a consultées ne faisaient pas état de l'exploitation de minerai sur cette parcelle. La perte d'informations quelques décennies seulement après exploitation illustre l'incapacité de conserver la mémoire des sites de façon fiable. Lors de la réunion de CLI du 19 mai 2006, M. Lauret, représentant de COGEMA, a finalement reconnu que de l'uranium avait bien été exploité au niveau de la parcelle Gérémy.

(photographie aérienne : IGN année 2000 ; © IGN Paris 2007)

5.4.1. Mesures de flux gamma et de débit de dose sur points fixes

Des mesures de débit de dose et de flux gamma ont été réalisées au contact et à 0,5 m du sol sur plusieurs points de la parcelle :

- au sein de la « zone atelier », au point P1, point de prélèvement de la carotte (point particulièrement actif) et de mesure du flux d'exhalation de radon 222,
- sur un point de la même zone dont le niveau de flux gamma au contact du sol a été déterminé sur le terrain comme niveau « moyen » pour cette zone (point P2),
- en contrebas du « puits Gérémy », sur un point actif au contact du sol situé au sein d'une zone active (point P3),
- sur un point au niveau moyen de la même zone (point P4 : mesures de flux gamma seulement).

Les résultats de ces mesures sont présentés dans le tableau 3, ci-dessous.

Tableau 3 : Parcelle Zi 12 (parcelle Gérémy), mesures de débit de dose et de flux gamma sur points fixes

Localisation	Notes	Mesures radiométriques au contact du sol			Mesures radiométriques à 0,5 m du sol	
		Flux gamma SPP 2 (C/S)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)
Parcelle Zi 12 "Gérémy"	Point actif au contact du sol (P 1) / Point de mesure du flux d'exhalation de radon et carottage (carotte B)	4000	3250	4,4	490	0,37
	Point "moyen" au contact du sol (P 2)	360	550	0,47	480	0,36
	"Talweg" en contre bas du "puits Gérémy" / Zone active à 58 m de la clôture ouest (au droit de la buse Font de Pérou)	NM	1800	1,20	1030	0,63
	"Talweg" en contre bas du "puits Gérémy" / Zone active à 20 m de la clôture ouest (au droit de la buse Font de Pérou)	NM	550	NM	430	NM

(NM : non mesuré)

Au point P1, la présence de matériaux actifs dans le sol induit des niveaux de flux gamma et de débit de dose particulièrement importants au contact du sol (3 250 c/s DG5 et 4,4 µSv/h).

La présence de ce point actif a pourtant une influence très limitée sur les mesures réalisées à 0,5 m du sol (le débit de dose passant de 0,36 µSv/h sur un point moyen (point P2) à 0,37 µSv/h au droit du point P1).

Ceci montre que les mesures à 0,5 m du sol, qui traduisent un niveau ambiant, ne sont pas suffisantes pour mettre en évidence des points chauds résultant de la présence de matériaux très actifs présentant un risque radiologique, comme nous l'avons déjà remarqué dans le secteur du lotissement.

5.4.2. Plan compteur

« Zone atelier » en bordure de l'ancienne zone exploitée

Un plan compteur d'une maille de 1 X 1 m a été réalisé par la CRIIRAD le 18/10/2006 sur la « zone atelier », située en proximité immédiate de l'ancienne zone d'exploitation, en bordure de la route RD 12 (photo 5).

L'ensemble des mesures de flux gamma à 0,5 m du sol (scintillomètre DG5) est reporté en Annexe 3.

Les mesures de flux gamma ont été converties en débit de dose en utilisant la relation présentée en Annexe 2. Ces valeurs sont reportées sur la figure 3, page suivante.

La gamme des valeurs s'étend de **0,24 à 0,38 $\mu\text{Sv/h}$** à 0,5 m du sol avec une **moyenne de 0,29 $\mu\text{Sv/h}$** et une médiane de 0,28 $\mu\text{Sv/h}$.



Photo 5 : Zone atelier sur la parcelle ZI 12 : mesure de flux gamma concomitante à une mesure de flux d'exhalation de radon (appareil au centre de l'image). En arrière plan : plan d'eau communal en contrebas de la parcelle.

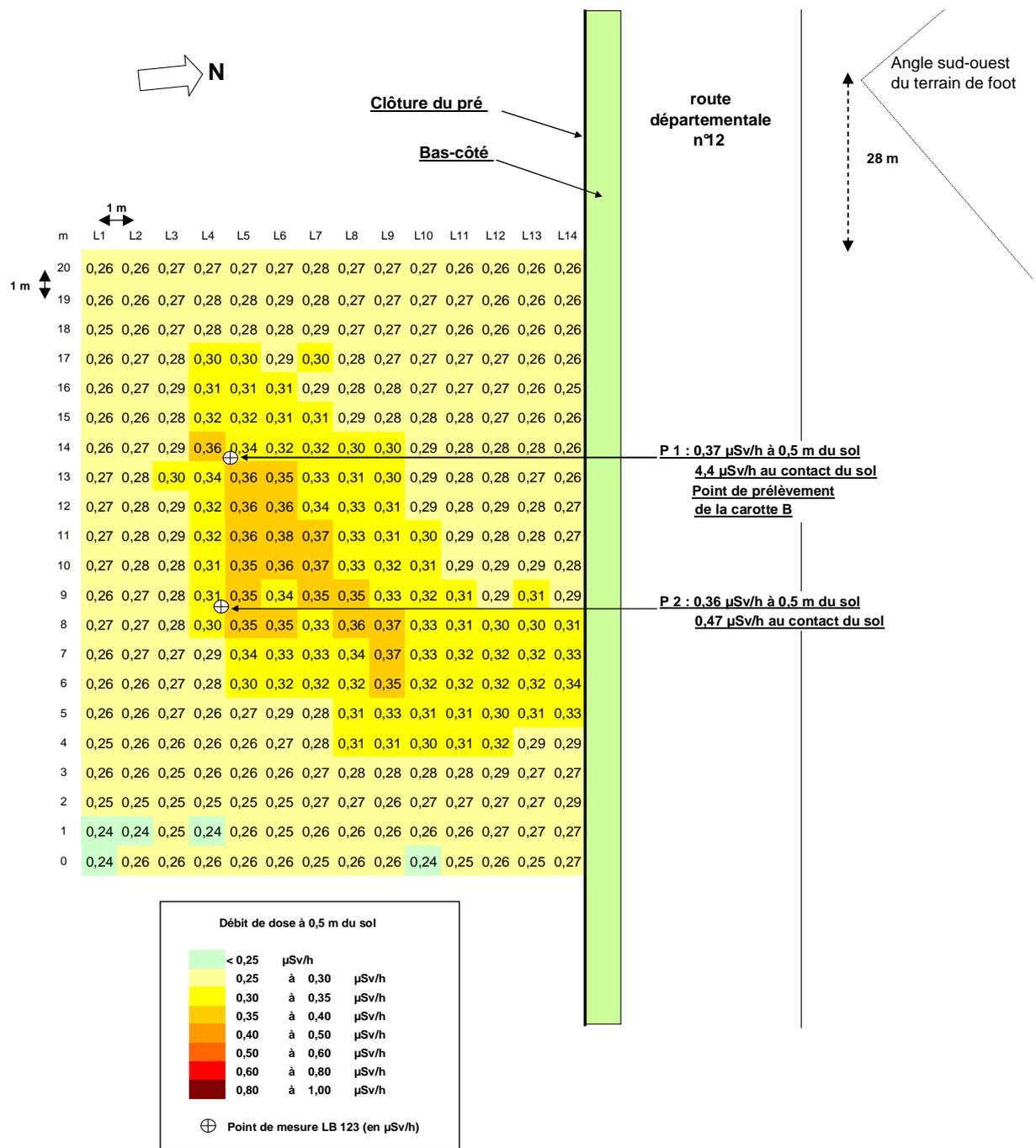


Figure 3 : Plan-compteur sur la « zone atelier » de la parcelle ZI 12, dite parcelle Gérémy, (maille de 1 m X 1 m), débit de dose à 0,5 m du sol (µSv/h). Valeurs de débit de dose (y) obtenues par conversion des mesures de flux gamma (x) (cf. Annexe 2)

Lignes du « puits Gérémy » au fossé de ceinture est du plan d'eau

Des mesures de flux gamma métrées ont été réalisées le 19/10/2006, en contrebas du puits Gérémy suivant 3 lignes parallèles distantes de 1 m allant du « puits » au fossé de ceinture est du plan d'eau (photo 6).

Le parcours suivi passe dans un talweg situé a priori en contrebas de l'ancienne zone exploitée et rejoint la clôture de la parcelle au niveau de l'arrivée Font de Pérou (à 8,5 m au nord-ouest de la buse).

La figure 4 page suivante présente les valeurs de débit de dose calculées à partir des mesures de flux gamma.

Ces valeurs sont comprises entre **0,24 et 0,43 $\mu\text{Sv/h}$** à 0,5 m du sol avec une **moyenne et une médiane de 0,31 $\mu\text{Sv/h}$** .

Ces valeurs ne rendent cependant pas compte de toutes les anomalies radiométriques présentes dans ce secteur : des niveaux plus élevés peuvent être relevés en proximité immédiate, tel le point situé à 6,6 m est de la ligne, où l'on mesure **0,63 $\mu\text{Sv/h}$ à 0,5 m du sol** (cf. mesures sur points fixes, pages précédentes, point P3).



Photo 6 : Parcelle ZI 12 vue depuis le fossé de ceinture est du plan d'eau au niveau de la buse Font de Pérou

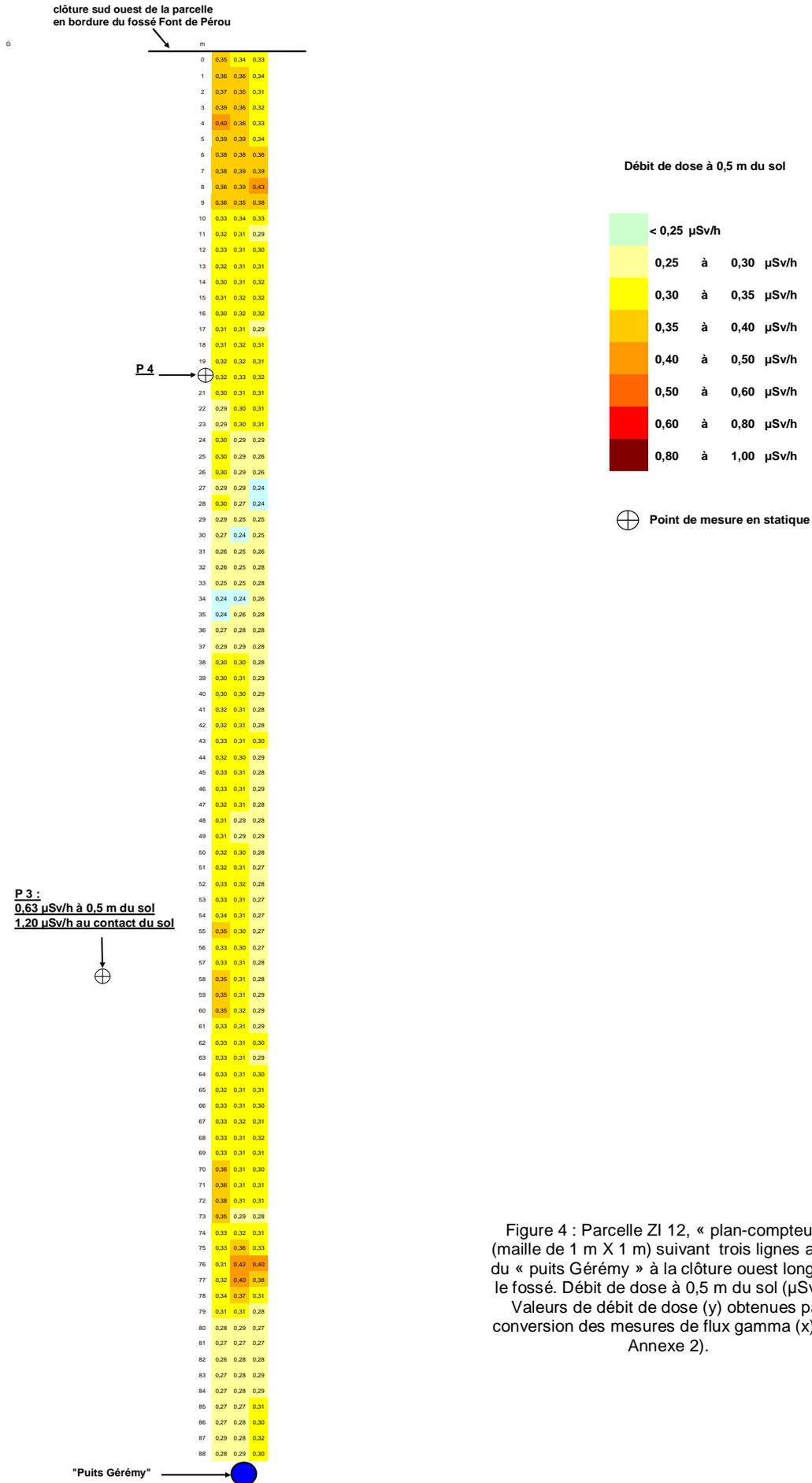


Figure 4 : Parcelle ZI 12, « plan-compteur » (maille de 1 m X 1 m) suivant trois lignes allant du « puits Gérémy » à la clôture ouest longeant le fossé. Débit de dose à 0,5 m du sol ($\mu\text{Sv/h}$). Valeurs de débit de dose (y) obtenues par conversion des mesures de flux gamma (x) (cf. Annexe 2).

5.4.3. Carottage de sol

Un carottage de sol (**carotte B**) a été effectué par la CRIIRAD le 18 octobre 2006 au sein de la « zone atelier » située en bordure de l'ancienne zone exploitée non déclarée (photo 7). Le point de prélèvement est identique à celui où a été réalisée la mesure de flux d'exhalation de radon et de débit de dose (point P1 / tableau 4).

La carotte est composée de 6 sous-échantillons correspondant à des strates de 10 cm jusqu'à une profondeur de 50 cm (échantillons GER 0-10 à GER 40-50) et à une strate de 5 cm (GER 50-55). Un échantillonnage plus profond n'a pas été possible, du fait de la présence de matériaux durs.

Un « caillou » d'environ 5 cm X 3 cm X 3 cm, émettant un flux gamma élevé, est mis en évidence dans la strate 0-10 cm. A son contact, dans des conditions de laboratoire, le flux gamma est de 2 200 c/s SPP2 pour un bruit de fond de 45 c/s. Dans les mêmes conditions, le débit de dose, mesuré au compteur proportionnel Berthold LB 123, est de **5,05 µSv/h à son contact**, de 0,28 µSv/h à 20 cm et de 0,14 µSv/h à 50 cm.



Photo 7 : Prélèvement de la carotte B dans la zone atelier sur la parcelle ZI 12 « Gérémy ».

D'autres «cailloux» actifs, de taille plus modeste, sont également présents au sein de cette même strate. Le niveau de flux gamma au contact de la strate 10-20 cm permet également de suspecter la présence de fragments actifs au sein de cette strate.

La présence de «cailloux» actifs sur ce terrain est pour le moins étonnante : le gisement d'uranium présent dans le sous-sol de Saint-Pierre étant connu pour être de nature sablo-argileuse et non sous forme de roche.

Les niveaux mesurés pourraient être dus à des apports de matériaux extérieurs au site de Saint-Pierre. Il semble que ces matériaux aient été utilisés en remblayage de la zone exploitée non déclarée.

Le détail de la nature des strates et les relevés de flux gamma à leur contact sont indiqués dans le tableau 12 récapitulatif des prélèvements, paragraphe 5.13.

5.5. Parcelle ZD 65 « Bureaux - Usine »

Cette parcelle, propriété Areva-Cogema s'étend entre le chemin reliant le cimetière au camping municipal et le talweg situé dans la partie centrale du site. Entretien par la commune, elle borde la partie sud-ouest du camping municipal et se situe dans le prolongement nord-est du parc aménagé « espace Saint-Pierre ».

D'après le dossier SMJ de cessation d'activité, aucune servitude n'affecte l'utilisation de ce terrain.

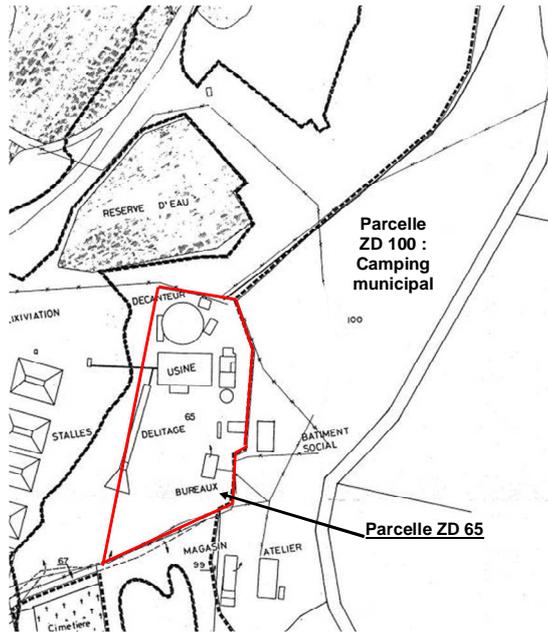
Comme le montrent les cartes C5 A et B page suivante, à cet emplacement était installé le complexe industriel de la SMJ qui comprenait la station de délitage, l'usine d'extraction de l'uranium, le décanteur ainsi que le bâtiment des bureaux.

Les anciennes installations industrielles ont été démantelées et seul le bâtiment des bureaux a été conservé. Il est utilisé de nos jours par la commune (Photo 8).



Photo 8 : Parcelle ZI 65 : terrain de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium. Prélèvement CRIIRAD US MJ. En arrière plan : bâtiment préfabriqué des anciens bureaux utilisé de nos jours par la commune.

Selon le dossier SMJ de cessation d'activité, une partie des anciens équipements de l'usine a été transférée sur d'autres sites de production (Jouac et Bertholène) et les ferrailles non réutilisées et qui n'avaient pas été en contact avec les produits uranifères ont été cédées à des entreprises locales. Les autres ferrailles et bétons ainsi que les gravats de démolition du concasseur ont été stockés sur place.



Cartes C5 A et B : Parcelle ZD 65 : A gauche, extrait de la figure 12 du dossier SMJ de cessation d'activité : emplacement de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium, du décanteur et de la station de délitage. A droite vue actuelle après réaménagement, (photographie aérienne : IGN année 2000 ; © IGN Paris 2007) ;
Nota : localisation approximative des limites de la parcelle sur cette vue

Les 17, 18 et 19 octobre 2006 ; la CRIIRAD a réalisé :

- une prospection radiamétrique rapide sur l'ensemble de la parcelle et de ses abords,
- des mesures de flux gamma et de débit de dose,
- un carottage de sol (carotte E) dans la partie supérieure du terrain et un prélèvement d'un échantillon de sol sur la berge d'un canal prolongeant la sortie d'une buse.

5.5.1. Prospection radiamétrique

Sur l'ensemble de la parcelle, des niveaux radiamétriques élevés peuvent être mis en évidence. Le flux gamma est, en effet supérieur à 800 c/s DG5 à 0,5 m du sol sur une grande partie du terrain.

Certaines zones présentent des niveaux encore supérieurs et le flux gamma atteint **1 500 c/s DG5 à 0,5 m du sol en plusieurs points.**

Les principales mesures radiamétriques sont présentées dans les paragraphes suivants.

5.5.2. Mesures de flux gamma et de débit de dose sur points fixes

Des mesures de flux gamma et de débit de dose en statique sur points fixes ont été réalisées par la CRIIRAD sur 4 points particulièrement actifs de la parcelle :

- au point de prélèvement de la carotte E et de mesure du flux d'exhalation de radon (cf. Tome 3), à environ 40 m à l'ouest des anciens bureaux,
- sur la pelouse à environ 30 m au sud-ouest des anciens bureaux, à proximité d'un stock d'engrais appartenant à la commune,
- sur un autre point de la pelouse, situé à environ 50 m à l'ouest des anciens bureaux,
- en aval immédiat de l'exutoire d'une ancienne buse dans un canal se dirigeant vers la réserve d'eau (mesures de flux gamma seulement). Nota : Nous n'avons pu déterminer si l'emplacement de ce dernier point était situé précisément sur la parcelle ZD 65 ou sur la parcelle adjacente.

Les résultats de ces mesures sont reportés dans le tableau 4, ci-dessous.

Tableau 4 : Parcelle ZD 65 « Bureaux-usine », mesures de débit de dose et de flux gamma sur points fixes

Localisation		Notes	Mesures radiométriques au contact du sol			Mesures radiométriques à 0,5 m du sol	
			Flux gamma SPP 2 (C/S)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)
Parcelle ZD 65 Préfabriqués Bureaux Usine	Pelouse à env. 40 m ouest des bureaux Point de mesure du flux d'exhalation de radon et de carottage de sol (carotte E et échantillon US MJ)	Point "actif" au sein d'une zone "active"	2200	2400	1,39	1150	0,63
	Pelouse / à env. 30 m sud-ouest des bureaux (à 2 m sud du stockage d'engrais)	Point "actif" au sein d'une zone "moyenne"	1550	2150	1,54	1500	1,06
	Pelouse / à env. 50 m ouest des bureaux	Point "actif" au sein d'une zone "moyenne"	1900	2370	1,90	1340	0,90
"Bordure Parcelle ZD 65" Sortie buse vers réserve d'eau	Berge en rive gauche du canal en aval direct d'une buse en provenance de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium ou de l'ancien décanteur / point de prélèvement de l'échantillon RJ US	Niveau de flux gamma élevé sur l'ensemble de la zone	NM au point d'échantillonnage	5300	NM	3100	NM

(NM : non mesuré)

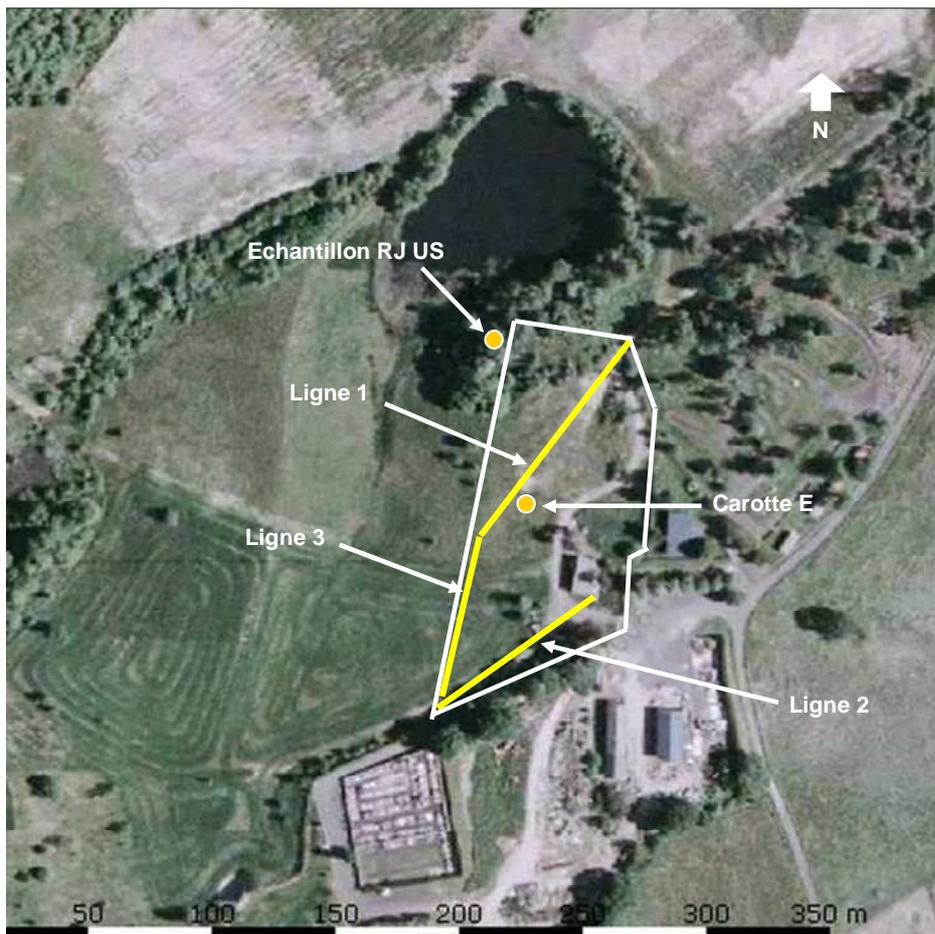
5.5.3. Mesures suivant des lignes métrées

Compte-tenu du temps limité, il n'a pas été possible de réaliser un plan-compteur à proprement parler sur cette parcelle. Cependant, afin de rendre compte des niveaux radiométriques, des relevés du flux de rayonnement gamma ont été effectués selon trois parcours rectilignes métrés, choisis afin de couvrir les trois types de terrains de la parcelle :

- Ligne 1, diagonale de la pelouse au nord ouest des bureaux (terrain plat): parcours de 94 m partant de l'angle nord-est de la parcelle (angle sud-ouest du camping) jusqu'à un point situé à 45 m ouest des bureaux,
- Ligne 2, couvrant les abords des bureaux et une ancienne piste : parcours de 77 m partant des bureaux (angle sud-est du bâtiment) et rejoignant la clôture de la parcelle au droit de l'angle nord-est du cimetière,
- Ligne 3, traversant un pré dans la partie sud de la parcelle : parcours d'environ 70 m, partant de l'angle nord-est du cimetière et rejoignant la ligne 1 au point situé à 45 m ouest du bâtiment des bureaux.

Sur les lignes 1 et 2, les mesures de flux gamma ont été réalisées tous les mètres en statique à 0,5 m du sol. Sur la ligne 3, les relevés moins nombreux ont été effectués en dynamique à 0,5 m du sol en raison de mauvaises conditions météorologiques (violent orage).

La carte C6, ci-dessous, indique la localisation de ces lignes.



Carte C6 : Parcelle ZD 65 /: Localisation des lignes de mesure du flux gamma et des points de prélèvements des échantillons (photographie aérienne : IGN année 2000 ; © IGN Paris 2007). Nota : localisation approximative des limites de la parcelle et des points de prélèvement (voir coordonnées GPS en annexe).

Les mesures de débit de dose établies à partir des mesures de flux gamma sont reportées sur la figure 5, ci-dessous.

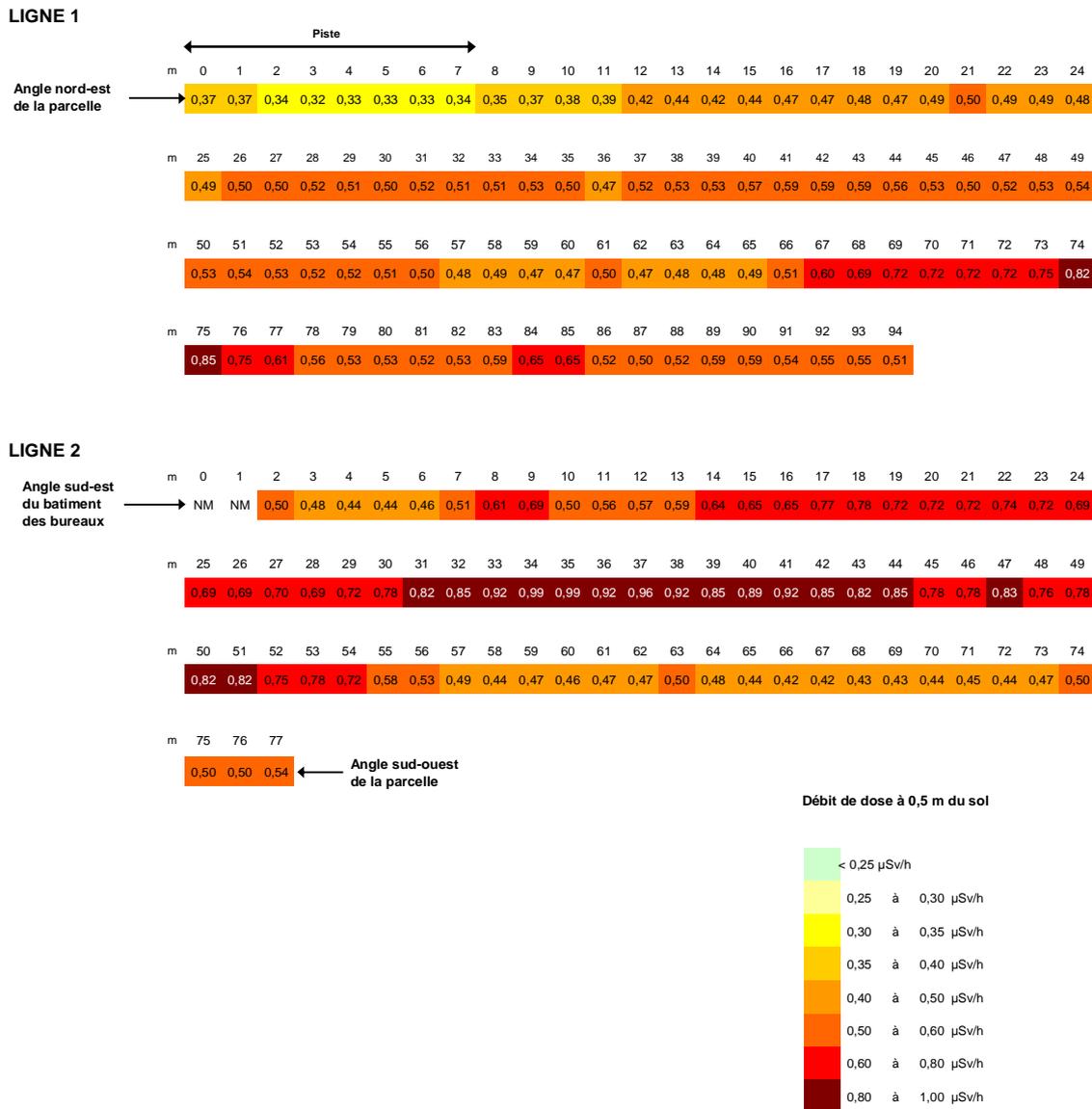


Figure 5 : Parcelle ZD 65 : Débit de dose à 0,5 m du sol (µSv/h) selon des lignes métrées. Valeurs de débit de dose (y) obtenues par conversion des mesures de flux gamma (x) (cf. Annexe 2).

Sur la **ligne 1**, les valeurs à 0,5 m du sol s'étendent de **0,32 à 0,85 µSv/h** avec une **moyenne de 0,52 µSv/h** et une médiane de 0,51 µSv/h. Notons que les valeurs de ce parcours inférieures à 0,40 µSv/h correspondent à la piste longeant le camping et à ses bas-côtés.

Sur la **ligne 2**, le débit de dose calculé varie entre **0,42 µSv/h et 0,99 µSv/h** à 0,5 m du sol. La **moyenne** s'établit à **0,65 µSv/h** et la médiane à 0,69 µSv/h.

Pour la **ligne 3**, pour laquelle les mesures ont été acquises en dynamique, le débit de dose minima est de **0,36 µSv/h** et le maxima de **1,06 µSv/h**. La **moyenne** des 39 valeurs des 70 m du parcours est de **0,54 µSv/h** et la médiane de 0,53 µSv/h.

5.5.4. Carottage de sol et prélèvement d'échantillons

Un carottage de sol (**carotte E**) a été effectué par la CRIIRAD le 18 octobre 2006 à environ 40 m à l'ouest des bureaux au point de mesure de flux d'exhalation de radon et de mesure de débit de dose (carte C6).

Trois strates ont pu être échantillonnées à l'aide d'un carottier jusqu'à la profondeur de 25 cm (échantillons US 0-10, US 10-20 et US 20-25). Au-delà, la présence de matériaux durs n'a pas permis de prélèvement avec des moyens manuels.

Le point de prélèvement est situé au sein d'une zone particulièrement active, à son contact le flux gamma est de **2 400 c/s DG5** (2 200 c/s SPP2).

Une **couche de matière argileuse de couleur jaune d'or** est mise en évidence lors du prélèvement entre environ 8 à 10 cm (photos 9 et 10).



Photo 9 : Parcelle ZI 65 : terrain de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium. Couche de matière jaune mise en évidence lors du prélèvement de la carotte E.

Cette matière jaune est présente dans la première strate (0-10 cm), ainsi qu'en faible quantité sur la frange supérieure de la strate 10-20 cm.

Elle émet un flux de rayonnement gamma élevé : en condition de laboratoire, la strate 0-10 cm présente un niveau gamma de 2 000 c/s SPP2 au contact, pour un bruit de fond de 45 c/s. Sur la strate 10-20 cm, le même appareil indique 1 500 c/s au contact de la frange supérieure, qui comporte un peu de matière jaune, contre « seulement » 300 c/s au contact de la face opposée.

Devant la singularité de cette matière jaune, il a été décidé de procéder au prélèvement d'un échantillon constitué uniquement de cette dernière (photo 11).

Cet échantillon (**US MJ**) a été prélevé à la pelle sur quelques dizaines de centimètres carrés autour de la carotte E, entre 8 et 10 cm environ de profondeur. Le niveau de flux gamma mesuré à son contact dans des conditions de laboratoire est de **4200 c/s SPP2** et le débit de dose, mesuré au compteur proportionnel Berthold LB 123, de **19,08 µSv/h**.

Les détails des relevés radiométriques au contact des échantillons et de la nature des strates sont donnés par le tableau 12 (paragraphe 5.13.)



Photo 10 : Parcelle ZI 65 : Matière jaune dans le terrain de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium : 2 400 c/s DG5 au contact du sol. En arrière plan ancien bâtiment social, transformé en salle de réunion (ainsi que local technique et sanitaires du camping) sur le terrain du camping municipal.



Photo 11 : Parcelle ZI 65 : Prélèvement sélectif de la matière jaune sur le terrain de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium (échantillon US MJ)

Un échantillon de sol (**RJ US**) a également été prélevé par la CRIIRAD le 19 octobre 2006 sur la **berge d'un canal prolongeant la sortie d'une buse**. Le prélèvement a été réalisé sur une profondeur de 5 cm.

Le canal, à sec lors la mission de terrain, **se dirige vers la réserve d'eau** située en contrebas sur la parcelle adjacente. Cette buse est probablement un ancien émissaire de l'usine ou du décanteur.

Des niveaux radiométriques élevés ont été mesurés sur l'ensemble la zone.

En effet on relève **jusqu'à 5 500 c/s DG5** au contact du sol (berges et canal) et le niveau est de 3 100 c/s DG 5 à 0,5 m du sol au droit du point d'échantillonnage.

En suivant le canal vers l'aval sur les quelques mètres accessibles, 2 500 à 3 000 c/s SPP 2 de niveau ambiant peuvent également être mesurés sur plusieurs mètres.

Sur le versant du talweg en rive droite du canal, plusieurs zones actives, ainsi que la présence de ferrailles ont également été remarquées au cours d'une prospection rapide.

Nota : nous n'avons pu déterminer avec précision l'emplacement de cet exutoire par rapport aux limites de la parcelle. Il est possible que la buse trouve sa sortie non pas sur la parcelle ZD 65, mais à proximité sur la parcelle adjacente.



Photo 12 et 13 : Contrebas de la Parcelle ZI 65 :
Sortie d'une buse en direction de la réserve d'eau
(échantillon RJ US). Jusqu'à 5 500 c/s DG5 au
contact des berges du canal

5.6. Bois au nord du stand de tir (parcelle ZD 105)

Les investigations réalisées en octobre 2006 sur la parcelle ZD 105, voisine de la parcelle du stand de tir, font suite aux repérages radiométriques et aux mesures réalisés sur cette zone au cours de la mission CRIIRAD de juillet 2006.

Ce terrain appartient toujours à Areva-SMJ (contrairement à la parcelle 104 du stand de tir qui a été rétrocédée à la commune). Les cartes jointes au dossier de cessation d'activité de la SMJ, précisent qu'il est situé en dehors de l'emprise de la zone exploitée et qu'il n'est soumis à aucune servitude.

Le sol de cette parcelle fortement boisée est constitué de petits monticules (de quelques mètres carrés de surface) suggérant que le terrain a servi de lieu de dépôt de matériaux.

D'après Mr le Maire de St Pierre, il s'agirait d'une zone ayant été utilisée par la SCUMRA pour **l'entreposage de matériaux de décapage au début de l'exploitation de la mine**. Le boisement de cette zone aurait été effectué par la suite par la SCUMRA.

Au cours de la campagne CRIIRAD de juillet 2006, des mesures de flux gamma et de débit de dose, ainsi qu'une mesure de flux d'exhalation de radon 222, avaient été réalisées.

En complément, un carottage de sol a été effectué par la CRIIRAD le 18/10/2006. Au point d'échantillonnage, de nouvelles mesures de flux gamma et de débit de dose ont également été effectuées. En raison de la végétation dense, il n'a pas été possible de réaliser de plan compteur sur cette parcelle sans débroussaillage préalable.

5.6.1. Prospection radiométrique

Des niveaux radiométriques élevés peuvent être mesurés de manière quasi-continue sur ce terrain d'accès difficile.

A titre d'exemple, sur un parcours d'environ 50 m, le niveau de flux gamma est de **700 à 800 c/s DG5 à 0,5 m du sol**.

De nombreuses zones présentent des niveaux encore plus élevés. Le niveau ambiant mesuré à **0,5 m du sol** atteint alors couramment des valeurs supérieures à **1 000 c/s DG5**.

Au sein de ces zones, des points chauds (jusqu'à **4 500 c/s DG5 au contact du sol**) peuvent être mesurés.

5.6.2. Mesures de flux gamma et de débit de dose sur points fixes

Des mesures de débit de dose et de flux gamma ont été réalisées par la CRIIRAD au contact et à 0,5 m du sol au point d'échantillonnage de la carotte C en complément des relevés radiamétriques effectués en juillet 2006 lors de la mesure du flux d'exhalation de radon (cf. Tome 3).

L'ensemble de ces mesures est reporté dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 : Parcelle 105, Bois au nord du Stand de tir, mesures de débit de dose et de flux gamma au point d'échantillonnage de la carotte C.

Localisation		Notes	Mesures radiamétriques au contact du sol			Mesures radiamétriques à 0,5 m du sol	
			Flux gamma SPP 2 (C/S)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 ($\mu\text{Sv/h}$)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 ($\mu\text{Sv/h}$)
Bois au Nord du Stand de Tir	Zone boisée sur terrain remanié (selon Mr le Maire : ancienne zone de dépôt de matériaux de la SCUMRA) Point de carottage C	Point actif au sein d'une large zone active	3400	4400	3,7	2650	1,78
	idem / Point de mesure du flux d'exhalation de radon (point A)	Point actif au sein d'une large zone active	NM	1450	0,96	1300	0,86
	idem / à 7m sud du point A	Point actif au sein d'une large zone active	NM	4000	3,1	2750	2,00
	idem / à 3 m sud du point A	Point actif au sein d'une large zone active	NM	2000	1,44	1600	1,10

(NM : non mesuré)



Photo 14 : Bois au nord du Stand de tir : Prélèvement de la carotte C constituée de sables et d'argiles

5.6.3. Carottage de sol

Un carottage de sol (carotte C) a été effectué par la CRIIRAD le 18 octobre 2006 à environ 65 m au sud-est du croisement entre la route de Chaissac et la route de Teldes sur un des nombreux points particulièrement actifs de ce secteur. Ce point est situé en proximité directe du point de mesure de flux d'exhalation de radon réalisée en juillet 2006.

Une carotte de 60 cm de profondeur a pu être prélevée en six strates de 10 cm sur un point présentant un niveau de flux gamma de **4 400 c/s DG 5 au contact** du sol.

Cette carotte présente une alternance de couches d'argiles vertes et de sables orangés recouvertes par 2 cm de terre. Les niveaux de flux gamma les plus élevés semblent être associés aux sables (jusqu'à 350 c/s SPP2 au contact dans des conditions de laboratoire, pour un bruit de fond de 45 c/s).

La carte C7, ci-dessous indique la localisation du point d'échantillonnage.



Carte C7 : Bois au nord du stand de tir : localisation du point de prélèvement de la carotte C (photographie aérienne : IGN année 2000 ; © IGN Paris 2007). Nota : localisation approximative du point de prélèvement, voir coordonnées GPS en annexe.

5.7. Secteur Nord Camping (parcelle ZD 100- parcelle ZD 69)

En mars 2006, lors de la mission exploratoire, la CRIIRAD avait remarqué des niveaux radiométriques élevés sur le terrain situé au nord du camping municipal. Ce terrain et le camping font partie de la même parcelle (ZD 100) qui a été rétrocédée sans servitudes à la commune.

Selon Mr le Maire de St Pierre, ainsi que d'autres témoins de l'exploitation de la mine, **des dépôts de matériaux ont été effectués en ce lieu durant l'exploitation**. Ceci pourrait expliquer les niveaux radiométriques rencontrés lors de la mission exploratoire.

Par ailleurs, la CRIIRAD a effectué en juillet 2006 une mesure de flux d'exhalation de radon 222 sur ce terrain (cf. Tome 3). Cette mesure a été complétée par des mesures de flux gamma et de débit de dose.

Les investigations menées par la CRIIRAD au cours de la mission d'octobre 2006 visaient à la caractérisation du sol. A cette fin, un carottage a été réalisé le 18/10/2006.

Au point d'échantillonnage, des mesures de flux gamma et de débit de dose ont été effectuées.

5.7.1. Prospection radiométrique

A la date de la mission de terrain d'octobre 2006, une cartographie des niveaux radiométriques de la partie nord de la parcelle 100 avait été réalisée par l'IRSN dans les zones non boisées avec l'outil SOCRATE. Cette cartographie mettait en évidence des zones présentant un débit de dose de l'ordre de 1 μ Sv/h à 50 cm du sol.

Cette cartographie étant en première approche en accord avec les mesures exploratoires CRIIRAD acquises lors des campagnes précédentes, la CRIIRAD a estimé qu'il n'était pas indispensable de procéder à de nouvelles mesures détaillées à 0,5 m du sol selon un maillage serré dans ce secteur.

Les investigations de la CRIIRAD se sont essentiellement reportées sur la recherche d'éventuels points particulièrement actifs, notamment dans les parties boisées non couvertes par la cartographie de l'IRSN.

Cette recherche a permis de mettre en évidence de nombreux points chauds sur l'ensemble du terrain nord-camping et en particulier sur une zone située dans sa partie sud-ouest.

Le niveau de flux gamma de ces points est, en effet, particulièrement élevé. **Au contact** de l'un d'entre eux, la CRIIRAD a pu mesurer jusqu'à **6 500 c/s DG5** et **3 000 c/s à 0,5 m du sol (2,4 μ Sv/h)**.

Par ailleurs, le 19/10/2006, une prospection rapide a été conduite plus au nord, à la limite des parcelles 100 et 69.

Plusieurs zones actives ont pu être mises en évidence dans ce secteur.

Sur l'une d'entre-elles, jonchée de gravats et de ferrailles, des niveaux atteignant **3 300 c/s DG5 au contact et 2 100 c/s à 0,5 m du sol (1,45 μ Sv/h)** ont pu être mesurés par la CRIIRAD.

Sur d'autres points chauds de cet ancien dépotoir ont été mesurés jusqu'à 2 800 c/s SPP2 au contact au cours d'une prospection rapide.

5.7.2. Mesures de flux gamma et de débit de dose sur points fixes

Des mesures de flux gamma et de débit de dose ont été réalisées par la CRIIRAD le 18/10/2006 au point d'échantillonnage de la carotte D.

Une série de mesures a également été réalisée le 19/10/2006 sur un point situé sur une ancienne zone de dépôt de gravats, en limite de la parcelle 100 et de la parcelle 69 (point de mesure P1 / carte C8 ci-après). Ces mesures sont présentées dans le tableau 6, ci-dessous.

Tableau 6 : Parcelle ZD 100 nord camping et limite parcelle ZD 100 – parcelle ZD 69, mesures de débit de dose et de flux gamma

Localisation		Notes	Mesures radiométriques au contact du sol			Mesures radiométriques à 0,5 m du sol	
			Flux gamma SPP 2 (C/S)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)
Parcelle 100 Nord camping	Au pied d'un pin à 37,5 m nord de la clôture du camping Point de prélèvement (carotte D et échantillon NCAMP CA)	Point actif au sein d'une zone active	5500	6500	6,7	3010	2,4
Limite entre la Parcelle 100 et la Parcelle 69	Zone de dépôt de gravats en bordure de piste A 29 m de la bordure de la route du camping	Point actif au sein d'une zone active	2500	3300	2,5	2100	1,45

5.7.3. Carottage de sol et prélèvement d'échantillons

Le **carottage D** a été réalisé par la CRIIRAD sur la parcelle 100 au sein d'une zone active située au sud-ouest du terrain nord-camping (photo 15).

La localisation de ce point est indiquée sur la carte C8 ci-après.

Cinq strates de 10 cm ont été prélevées sur un point présentant un niveau de flux gamma **de 6 500 c/s DG5 au contact**.

Les strates 0-10 cm et 10-20 cm présentent les niveaux de flux gamma les plus élevés (respectivement 1 150 et 900 c/s SPP2 au contact dans des conditions de laboratoire, contre 120-130 c/s au contact de la strate 40-50 cm).

Ces niveaux élevés à proximité de la surface semblent être expliqués par la présence de débris d'un matériau singulier particulièrement actif.

En effet, lors de la réalisation du carottage, nous avons pu mettre à jour un **amas dense de matériaux** émettant un important flux de rayonnement gamma (photo 16).

Cet amas que nous avons prélevé (**échantillon NCAMP CA**), était affleurant à la surface du sol et était localisé en bordure directe du point d'échantillonnage de la carotte. Il a pour dimensions environ 10 x 14 cm.

A son contact, le niveau de flux gamma est de **5 300 c/s SPP2** dans des conditions de laboratoire. Le débit de dose mesuré au compteur proportionnel Berthold LB 123 est, dans les mêmes conditions, de **7,87 µSv/h à son contact**.



Carte C8 : Secteur nord du camping, localisation du point de prélèvement de la carotte D et du point de mesure à la limite entre la parcelle 100 et la parcelle 69 (photographie aérienne : IGN année 2000 ; © IGN Paris 2007). Nota : localisation approximative des points de prélèvement et de mesure, voir coordonnées du point de carottage en annexe.



Photo 15 : Terrain Nord Camping : Prélèvement de la carotte D. Sur la droite en arrière plan, mobil-home du camping municipal.



Photo 16 : Terrain Nord Camping : Amas dense de matériaux « actifs » mis en évidence lors du prélèvement de la carotte D.

5.8. Terrain de football

Ce terrain (parcelles ZD 50 et 53), anciennement propriété de l'exploitant, a été rétrocédé à la commune en décembre 1991.

D'après la figure 13 du dossier de cessation SMJ, ce terrain est installé sur un dépôt de déchets radioactifs (**résidus de lixiviation de minerais + minerais marginaux** en provenance de St Pierre et résidus de lixiviation de minerais de provenance extérieure).

Les parcelles font l'objet de **servitudes** visant notamment à assurer l'intégrité de la couche de couverture des déchets.

D'après l'étude IPSN de 1986⁶, la nature des aménagements qui ont été réalisés consistait à recouvrir les résidus par un 1er dépôt de scories compactées sur une épaisseur d'env. **50 cm** et ensuite par un 2eme dépôt de terre végétale de **30 cm**.

Les investigations de la CRIIRAD ont été réalisées le 10 janvier 2007.

Il s'agissait de réaliser un carottage de sol dans une des zones actives présentes sur la bordure sud-ouest repérées lors de l'étude CRIIRAD publiée en 2004 (mission de terrain de juillet 2003).

Des relevés radiométriques (flux gamma et débit de dose) ont également été réalisés au point d'échantillonnage.

5.8.1. Rappel : mesures radiométriques CRIIRAD de juillet 2003

Le tableau 7 ci-dessous reprend les principales mesures réalisées par la CRIIRAD en juillet 2003.

Tableau 7 : Mesures CRIIRAD (juillet 2003) de flux gamma et de débit de dose sur le secteur du terrain de football

	Flux gamma DG5 (c/s)		Débit de dose LB123 (µSv/h)		
	Au contact	à 1 mètre du sol	Contact	à 1 mètre du sol	Valeur calculée à 1 m
Pourtour Terrain de football / zone spectateurs					
Petit côté vers chalet / Point PC1	2 600	1 580	2,15	1,25	1,31
Secteur autour de PC1 sur 10 m*5m		1 000 à 1 580			0,84 à 1,31
Secteur autour de PC1 sur plus de 40 m		380 à 800			0,35 à 0,68
Grand côté vers lac / point PC 2	800	740		0,57	0,64
Secteur autour de PC2 sur plus de 50 m		740 à 1 000			0,64 à 0,84
Secteur autour de PC2 sur environ 25 m		1 200 à 1 300			1,0 à 1,1
Grand côté vers mine sur 96 m		640 à 850			0,56 à 0,72
Petit côté vers lotissement sur 70 m		540 à 880			0,48 à 0,75

Sur l'ensemble du terrain (terrain de jeu et bordures), le flux de rayonnement gamma était mesuré entre **380 et 1 580 c/s à 1 m du sol**. Sur un point particulièrement actif (PC1) de la bordure sud-ouest le flux de rayonnement gamma au contact était mesuré à **2 600 c/s DG5 au contact**.

5.8.2. Mesures de flux gamma et de débit de dose sur point fixe (janvier 2007)

Les relevés radiométriques ont été réalisés au point de carottage (carotte F), localisé sur la carte C9. Ce point est situé dans la même zone active que celle repérée en juillet 2003 sur le pourtour sud-ouest du terrain de jeu (zone où se tiennent les spectateurs).

Il pourrait s'agir du point PC1 de juillet 2003.

⁶ IPSN 1986 : Evaluation de l'impact radiologique. Projet de remise dans le domaine public d'une partie de l'exploitation minière de St Pierre du Cantal.



Carte C9 : Terrain de Football / localisation du point de prélèvement de la carotte F (photographie aérienne : IGN année 2000 ; © IGN Paris 2007). Nota : localisation approximative du point de prélèvement, voir coordonnées GPS en annexe.

Les mesures de flux gamma et de débit de dose sont présentées dans le tableau 8, ci-dessous.

Tableau 8 : Terrain de football : mesures de flux gamma et de débit de dose sur point fixe (janvier 2007)

Localisation		Notes	Mesures radiamétriques au contact du sol			Mesures radiamétriques à 0,5 m du sol	
			Flux gamma SPP 2 (C/S)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)
Terrain de foot	Bordure sud-ouest du terrain à 5,45 m de la limite du terrain de jeu	Point actif au sein d'une zone active / niveau du sol plus bas d'env. 20 cm par rapport au terrain de jeu / Point de prélèvement de la Carotte F STADE	Non Mesuré	2600	1,94	1600	1,23

On remarque le bon accord de ces mesures avec celles réalisées par la CRIIRAD en juillet 2003 sur le point PC1.

Ces niveaux (débit de dose à 0,5 m de **1,23 µSv/h** plus de 6 fois supérieur au niveau de référence et débit de dose au contact de 1,94 µSv/h) sont mesurés dans la zone susceptible de recevoir les spectateurs.

5.8.3. Carottage de sol

La carotte F STADE, a été prélevée par la CRIIRAD au point où ont été effectuées les mesures radiamétriques (strates de 10 cm jusqu'à la **profondeur de 90 cm**).

Lors du prélèvement, des venues d'eau ont été constatées à partir de la profondeur de 60-70 cm. Ceci signifie que des eaux séjournent au contact des déchets radioactifs enfouis.

La strate 0-10 cm est constituée de terre et de sable.

La faible épaisseur de cette couche de terre est en contradiction avec ce qui est mentionné dans l'étude IPSN de 1986, dans laquelle on peut lire que 30 cm de terre végétale et 50 cm de scories ont été déposés lors du réaménagement.

Il est probable que la couverture de 30 cm ne concerne que le terrain de jeu lui-même, le niveau de celui étant remarqué plus élevé d'environ 20 cm par rapport à celui de sa bordure où le carottage a été réalisé.

Les strates inférieures sont constituées de sables ainsi que d'un peu d'argile.

On remarque une coloration variable des strates sablonneuses suivant leur profondeur : marron rouge pour la strate 10-20 cm, ocre et rose pour les strates de 20 à 50 cm, ocre et vert pour la strate 50-60 cm et ocre jaune pour les strates sous-jacentes.



Photo 17 : Coloration rosé des matériaux prélevés dans le sol du stade en bordure du terrain de jeu (strate 40-50 cm)

Ces différences de coloration pourraient être dues à des apports de matériaux de nature différente et/ou liées à des conditions d'oxydo-réduction différentes suivant la profondeur et le niveau de la nappe d'eau (notamment coloration du fer, suivant son état d'oxydation). Cette dernière hypothèse pourrait suggérer que des phénomènes de migration des éléments sont possibles au sein de la carotte.

Au laboratoire, toutes les strates présentent un flux gamma supérieur au bruit de fond. Les niveaux les plus élevés sont mesurés à partir de la strate 20-30 cm jusqu'à la profondeur maximale (550 à 850 c/s SPP2, pour un bruit de fond de 45 c/s, au contact des échantillons bruts).

Ceci illustre la nette insuffisance de la couche de couverture.

5.9. Secteur de l'ancien concasseur de minerai

Lors de la mission CRIIRAD de juillet 2003, des niveaux de rayonnements élevés avaient été remarqués à proximité du **mur d'escalade** installé sur l'ancien site minier. Ce mur d'escalade est en fait un ancien mur de soutènement du **concasseur de minerai**.

L'objectif des mesures radiamétriques exploratoires réalisées par la CRIIRAD en juillet 2006, au moyen du scintillomètre DG5, était d'obtenir une image plus précise des niveaux radiamétriques pouvant être mesurés sur ce secteur.

Ces mesures exploratoires ont été complétées par des relevés de flux gamma et de débit de dose effectués sur deux points fixes.

5.9.1. Prospection radiamétrique

Zone à l'ouest du concasseur (devant le mur d'escalade)

Le long du grillage empêchant désormais l'accès au mur d'escalade (photo 18), on observe un gradient d'ouest en est des mesures de flux gamma (DG5 au **contact du sol**) :

- coin sud du grillage : 300 c/s
- sur les 2/3 de la longueur du grillage à partir du coin sud : 400 à 500 c/s
- sur le reste du parcours jusqu'au coin nord : 950 à **1 400 c/s**.

Sur l'ensemble de la zone ouest (devant le grillage), on relève des niveaux élevés avec des zones à 700-800 c/s DG5 au contact du sol, ainsi que de nombreux points et zones où l'on mesure plus de 1 000 c/s DG5 au contact du sol. On remarque notamment :

- une zone à **1 350 c/s** au pied d'un arbre au bas du talus sud,
- une zone à **1 000-1 300 c/s** au bas du talus nord,
- des points à **2 000 et 2 700 c/s** à une quinzaine de mètres à l'ouest du grillage,
- un point à **5 500 c/s** à une quinzaine de mètres au sud-ouest du grillage (point A de mesure en statique).



Photo 18 : Mur d'escalade (ancien mur du concasseur) devant lequel sont relevés des niveaux de flux gamma élevés atteignant 1400 c/s DG5 au contact au bord du grillage et 5500 c/s DG5 au contact à une quinzaine de mètres au sud-ouest de ce dernier.

Zone au Nord du concasseur

Le talus au nord du mur d'escalade (côté cimetièrre) présente des niveaux radiamétriques atteignant 1 200-1 300 c/s DG5 au contact.

Un point à **2 500 c/s DG5** au contact du sol est détecté dans le bas du talus à proximité du coin nord du grillage.

En parcourant l'encochement au bas du chemin du cimetièrre, on mesure jusqu'à 1 200 c/s DG5 au contact du sol.

Zone à l'Est du concasseur

A l'est du mur d'escalade, le niveau est de 300 à 400 c/s DG5 au contact sur un parcours parallèle au mur à une dizaine de mètres de ce dernier. En se rapprochant du mur le niveau augmente progressivement jusqu'à 800 c/s à l'approche du mur.

Zone au Sud du concasseur

Dans la zone au sud, on mesure 600 à 900 c/s DG5 au contact sur un parcours en arc de cercle à une quinzaine de mètres du mur. A l'intérieur de cet arc de cercle, sur le talus sud (photo 19), on remarque de larges zones où le niveau radiamétrique atteint des valeurs plus élevées :

- trois zones, où le niveau est compris entre 700 et **1 000 c/s DG5** au contact,
- une zone, où le niveau est de 2 000 à 4 000 c/s DG5 au contact hors points chauds et où l'on remarque un point plus actif présentant un niveau de **5 700 c/s DG5** au contact.



Photo 19 : Talus sud : niveaux radiamétriques compris entre 700 et 5 700 c/s DG5 au contact

5.9.2. Mesures de flux gamma et de débit de dose sur points fixes

Des mesures de débit de dose ont été réalisées par la CRIIRAD sur deux points de la zone à l'ouest du concasseur (devant le mur d'escalade) :

- sur un point situé une quinzaine de mètres au sud-ouest du grillage (point A),
- sur un point situé à environ 7 mètres à l'ouest du grillage (point B).

Les résultats de ces mesures sont reportés dans le tableau 9, ci-dessous.

Tableau 9: Mesures de flux gamma et de débit de dose aux points A et B à proximité du mur d'escalade (ancien mur du concasseur de minerai)

	Flux gamma (C/S DG 5)			Débit de dose (μ Sv/h)	
	au contact du sol	à 0,5 m du sol	à 1 m du sol	au contact du sol	à 0,5 m du sol
Point A	5 500	950	800	7,4	0,63
Point B	730	700	700	0,44	0,50

5.10. Secteur de la réserve d'eau (prospection radiométrique)

Seuls des relevés radiométriques exploratoires ont été réalisés par la CRIIRAD en juillet 2006 dans cette zone de l'ancien site minier.

L'ancienne réserve d'eau est située dans la partie centrale de l'ancien site minier en bordure du ruisseau qui s'écoule vers le nord en suivant l'emplacement de l'ancien chenal du radium.

Elle ressemble de nos jours à un petit plan d'eau situé dans le prolongement nord du talweg qui constitue le paysage actuel de l'emplacement où étaient installées les stalles de lixiviation (sud-ouest de la réserve).

Au fond de ce talweg et sur son flanc ouest, des écoulements sont visibles. Ils se dirigent vers la zone marécageuse en amont de la réserve et constituent très certainement une partie de l'alimentation en eau de cette dernière (photo 20).



Photo 20 : talweg et zone marécageuse au sud / sud-ouest de la réserve.

Secteur nord / nord-est

Sur ce secteur, les rives de la réserve sont constituées par une digue sur laquelle passe le chemin reliant l'entrée principale du site (située au niveau des anciens bureaux) à la piste longeant la rive gauche du « chenal du radium ».

Un dosimètre Algade est installé sur la digue, entre la réserve et le chemin, au niveau d'une « plage » **fréquentée par des pêcheurs** (photo 21).

Les bulletins de résultats Algade en notre possession et les cartes SMJ jointes au dossier de cessation d'activité de 2002 ne font pas état de l'existence de dosimètre dénommé « Réserve d'eau ».

En réponse à nos interrogations sur ce point de mesure et son éventuelle dénomination comme dosimètre « Bassin », anciennement installé sur les bassins de stockage des résidus de l'usine, des précisions nous ont été fournies par Mr Andres de Cogema-Areva : « Ce dosimètre, mis au centre du bassin à l'initiative de COGEMA en avril 2001 (fin des réaménagements) a été déplacé en bordure du plan d'eau suite à des travaux d'entretien réalisés par le maire au printemps 2004. Il a été maintenu à cette place depuis cette date. »

Les mesures fournies par Algade pour la station portant la dénomination « Bassin » ne sont donc pas comparables avant et après le printemps 2004.

Au niveau du **dosimètre Algade**, le niveau de flux gamma au contact, à 0,5 m et à 1 m du sol est respectivement de **400**, 400 et 370 c/s DG 5.

Le long du chemin nord, le niveau au contact du sol est de 300-350 c/s DG 5 à l'ouest du dosimètre Algade et s'accroît notablement à l'est du dosimètre où l'on mesure de 500 à **1 600 c/s** au contact du sol.



Photo 21 : Dosimètre Algade « Bassin » déplacé des bassins de stockage des résidus fins de l'usine et implanté, depuis le printemps 2004, en bordure de la réserve d'eau suite à des travaux réalisés par la mairie

Secteur ouest

A l'ouest de la réserve, la piste longeant le « chenal du radium » présente des niveaux élevés : le niveau de base varie, en effet, de 700 à 1000 c/s DG5 au contact et on relève la présence d'un point chaud à **1600 c/s**.

Dans le fossé où court le « chenal du radium », on mesure jusqu'à **5 000 c/s** DG5 au contact dans la zone située en amont direct de la buse de traversée de la piste. Dans cette zone, une valeur de 10 500 c/s SPP2 au contact avait été relevée lors de la mission CRIIRAD de juin 2006 consacrée à la voie de transfert par les eaux (voir le rapport CRIIRAD N° 07-68 Tome 1), au niveau du point de prélèvement de sédiments CS11⁷.

Plus au sud, au niveau de la rive aménagée en **coin pêcheur**, plusieurs points présentent des niveaux de flux gamma de 800 à **1 000 c/s au contact**⁸. Un point à 1 700 c/s DG5 au contact est également repéré en bordure de la piste, au sud de l'entrée du coin pêcheur.

⁷ Le SPP2 indique habituellement des valeurs inférieures à celles données par le DG5 ($SPP2 = (DG5 - 33,4) / 1,29$). Le fait que la valeur mesurée au SPP2 soit ici notablement plus élevée est dû, d'une part à la détection plus directionnelle de cet appareil, et d'autre part, à sa construction étanche permettant, dans les cours d'eau, des mesures sonde immergée au contact réel du fond du lit, ce que ne permet pas le DG5.

⁸ Voir également les mesures SPP2 présentées dans le rapport CRIIRAD 07-68 Tome 1.

Secteur est / sud-est (en contrebas de l'emplacement de l'ancien décanteur)

Dans cette zone très boisée et de forte déclivité, des niveaux radiométriques élevés sont mis en évidence jusqu'à la rive de la réserve, où l'on remarque la présence d'un autre coin visiblement fréquenté par des pêcheurs.

Sur les premiers mètres du sentier d'accès à partir de la piste, le niveau est de 700-800 c/s DG5 au contact. Il s'accroît ensuite jusqu'à 900-1 000 c/s en descendant vers la réserve. Dans le bois, en bordure du sentier, une large zone présente des niveaux allant de **2 000 à 3 000 c/s au contact** et un point est mesuré à **5 600 c/s au contact**. Plus au sud, les valeurs mesurées au contact du sentier sont de 1 200 à 1 400 c/s.

Au niveau du **coin pêcheur**, le flux gamma est de **1 300 c/s** au contact de la rive.

Secteur sud / sud-ouest

Au cours d'un parcours sur le flanc est du talweg, le niveau relevé au contact varie entre 450 et **1 000 c/s** DG5. Dans un petit bois, en proximité de la réserve, on mesure 700-800 c/s DG5 au contact.

Un **dosimètre Algade** (photo 22) est installé dans l'axe de la dépression. Les niveaux de flux gamma relevés au contact, à 0,5 m et à 1 m sont respectivement de **800, 800 et 750 c/s** DG5.



Photo 22 : Dosimètre Algade "Talweg"

Le long de l'axe de la vallée, sont mesurés, en plusieurs points, des niveaux atteignant 1 000 c/s DG5 au contact. Sur le flanc ouest du talweg, on mesure **800 à 1 000 c/s** DG5 au contact sur une large zone et 1 200 c/s au contact de suintements formant un écoulement.

Sur la bordure de la zone marécageuse plusieurs points sont mesurés à 1 000 c/s DG5 au contact.

5.11. Récapitulatif des mesures radiamétriques sur points fixes

Le tableau 10 ci-dessous reprend l'ensemble des mesures réalisées sur points fixes au cours des missions de terrain CRIIRAD de juillet 2006, octobre 2006 et janvier 2007.

Tableau 10 partie 1: Mesures radiamétriques CRIIRAD (flux gamma et débit de dose) sur points fixes

Localisation	Date de mesure	Mesures radiamétriques au contact du sol		Mesures radiamétriques à 0,5 m du sol		Position (° min)	
		Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)		
Teldes (Référence)	Terrain Privé Point de prélèvement de l'échantillon de sol Réf sol Te	16/10/2006	165	0,17	160	0,18	N45 24.358 E2 21.725
	idem à 3 m	16/10/2006	170	0,18	170	0,18	NM
Buzanges (Référence)	Terrain Privé Point de prélèvement de l'échantillon de sol Réf sol Bu	19/10/2006	190	0,23 (juillet 2006)	175	0,21 (juillet 2006)	N45 23.031 E2 23.776
Le Chaumeil (Référence)	Terrain Privé / Pré	10/01/2007	180	0,19	180	0,19	N45 22 55.4 E2 23 12.9 (° min s)
Gioux (Référence)	Terrain Privé / Pré	10/01/2007	200	0,22	200	0,22	N45 23 02.6 E2 22 42.3 (° min s)
Chaissac (Référence)	Pré en bordure de la route St Pierre-Chaissac, au niveau du croisement routier Teldes-le Mentier	10/01/2007	190	0,24	180	0,22	N45 24 01.1 E2 23 17.9 (° min s)
Lotissement communal	Terrain de la villa ouest Pelouse devant la porte de l'enclos à chiens	17/09/2006	1 150	NM	750	NM	NM
	Terrain de la villa centrale Pelouse à 2,2 m de la clôture nord Point de mesure du flux d'exhalation de radon et de carottage	17/10/2006	1 850	1,21	1 400	0,90	N45 23.371 E2 23.237
	Terrain de la villa centrale Pelouse à 2,6 m nord de la villa / 1,3 m nord du bord de la terrasse	17/10/2006	1 850	1,62	950	0,62	N45 23.366 E2 23.230
	Terrain de la villa centrale Pelouse à 6 m nord-est de la villa	17/10/2006	1 530	1,14	1 300	0,94	N45 23.369 E2 23.237
Bande de servitude du lotissement	0,8 m nord de la clôture du lotissement au niveau de la villa centrale (point de mesure du flux d'exhalation de radon)	25/07/2006	1 030	0,80	850	0,58	N45 23.374 E2 23.240
Parcelle ZD 65 Préfabriqué Bureaux Usine	Pelouse à env. 40 m ouest des bureaux Point de mesure du flux d'exhalation de radon et de carottage B	17/10/2006	2 400	1,39	1 150	0,63	N45 23.503 E2 23.356
	Idem Pelouse / à env. 30 m sud-ouest des bureaux (à 2 m sud du stockage d'engrais)	19/10/2006	2 150	1,54	1 500	1,06	N45 23.480 E2 23.361
	Idem Pelouse / à env. 50 m ouest des bureaux	19/10/2006	2 370	1,90	1 340	0,90	N45 23.489 E2 23.343
"Bordure Parcelle ZD 65" Sortie buse vers réserve d'eau	Berge en rive gauche du canal en aval direct d'une buse en provenance de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium ou de l'ancien décanteur	19/10/2006	5 300	NM	3 100	NM	N45 23.531 E2 23.333
Parcelle ZI 12 "Gérémy"	Zone atelier plan compteur / Point de mesure du flux d'exhalation de radon et de carottage	18/10/2006	3 250	4,4	490	0,37	N45 23.320 E2 23.150
	idem / hors point "chaud" au contact du sol	18/10/2006	550	0,47	480	0,36	N45 23.320 E2 23.152
	"Talweg" en contre bas du "puits Gérémy" / Zone active à 58 m de la clôture ouest (au droit de la buse Font de Pérou)	19/10/2006	1 800	1,20	1 030	0,63	NM
	"Talweg" en contre bas du "puits Gérémy" / Zone active à 20 m de la clôture ouest (au droit de la buse Font de Pérou)	19/10/2006	550	NM	430	NM	NM

Tableau 10 partie 2: Mesures radiamétriques CRIIRAD (flux gamma et débit de dose) sur points fixes

Localisation		Date de mesure	Mesures radiamétriques au contact du sol		Mesures radiamétriques à 0,5 m du sol		Position (°min)
			Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)	
Bois au Nord du Stand de Tir	Zone boisée sur terrain remanié / Point de carottage C	18/10/2006	4400	3,7	2 650	1,78	N45 23.463 E2 23.040
	idem / Point de mesure du flux d'exhalation de radon (point A)	25/07/2006	1 450	0,96	1 300	0,86	N45 23.469 E2 23.034
	idem / à 7m sud du point A	25/07/2006	4 000	3,1	2 750	2,00	N45 23.461 E2 23.033
	idem / à 3 m sud du point A	25/07/2006	2 000	1,44	1 600	1,10	N45 23.468 E2 23.033
Parcelle 100 Nord camping	Au pied d'un pin à 37,5 m nord de la clôture du camping	18/10/2006	6 500	6,7	3 010	2,4	N45 23.569 E2 23.453
	Point de mesure du flux d'exhalation de radon	24/07/2007	1 350	0,93	950	0,63	N45 23.632 E2 23.503
Limite entre la Parcelle 100 et la Parcelle 69	Zone de dépôt de gravats en bordure de piste A 29 m de la bordure de la route du camping	19/10/2006	3 300	2,5	2 100	1,45	N45 23.650 E2 23.497
Terrain de foot	Bordure sud-ouest du terrain à 5,45 m des limites du terrain Point de carottage F	10/01/2007	2 600	1,94	1 600	1,23	N45 23 20.6 E2 23 07.0 (°min s)
Secteur du concasseur	Point A	25/07/2006	5 500	7,4	950	0,63	N45 23.421 E2 23.254
	Point B	25/07/2006	730	0,44	700	0,50	N45 23.426 E2 23.258
Dosimètre Algade en bordure de la réserve d'eau	-	25/07/2006	400	NM	400	NM	NM
Dosimètre Algade "Camping"	-	25/07/2006	500	NM	460	NM	NM
Dosimètre Algade "Talweg" (anciennes stalles)	-	25/07/2006	800	NM	800	NM	NM

5.12. Récapitulatif des mesures et des estimations de débit de dose

Le tableau 11 ci-après dresse le bilan des valeurs de débit de dose par secteurs et reprend le statut foncier des parcelles (avec ou sans servitudes). Les valeurs suivies d'un astérisque sont des valeurs calculées à partir de mesures de flux gamma en utilisant la relation présentée en [Annexe 2](#), les autres valeurs ont été mesurées avec le compteur proportionnel LB123. **Rappel : la moyenne des mesures de débit de dose dans le milieu non perturbé est de 0,20 µSv/h au contact et à 0,5 m du sol**

Tableau 11 : Débit de dose par secteur. Campagnes CRIIRAD juillet 2006, octobre 2006 et janvier 2007

Localisation		Statut et usage actuels des terrains	Débit de dose (µSv/h) au contact du sol	Débit de dose (µSv/h) à 0,5 m du sol sur points fixes et en dynamique	
			Valeurs relevées sur points fixes	Valeur minimale relevée	Valeur maximale relevée
Lotissement communal	Terrain de la villa ouest	Terrain rétrocedé (29-01-93) Lotissement communal Absence de servitude	Débit de dose non mesuré Flux gamma jusqu'à 1 150 c/s DG5	0,28 (*)	0,50 (*)
	Terrain de la villa centrale		1,14 / 1,21 / 1,62	0,28 (*)	0,94
	Terrain de la villa est		NM	0,31 (*)	0,72 (*)
Bande de servitude du lotissement	A 0,8 m nord de la clôture du lotissement	Terrain rétrocedé (29-01-93) Servitudes inscrites dans l'acte	0,80	1 mesure : 0,58	
Parcelle ZI 12 "Gérémy"	Zone atelier plan compteur	Terrain privé / Pré de pâture pour troupeau de chevaux Inscrit au PLU "terrain à lotir"	0,47 / 4,4	0,24 (*)	0,38 (*)
	"Talweg" en contre bas du "puits Gérémy"	Absence de servitude	1,20	0,24 (*)	0,63
Parcelle ZD 65 (Bureaux / Usine)	Pelouse	Propriété SMJ / Utilisé et entretenu par la commune / Terrain rétrocedable selon fig.20 dossier SMJ Absence de servitude	1,39 / 1,54 / 1,90	0,32 (*)	1,06
"Bordure Parcelle ZD 65" Sortie buse vers réserve d'eau	Berge en rive gauche du canal en aval direct d'une buse (rejet ancienne usine d'extraction de l'uranium ou ancien décanteur)	Propriété SMJ / Limite entre la parcelle ZD 65 (absence servitudes) et la parcelle ZD 56 (soumise à servitudes) non repérée avec précision sur le terrain	Débit de dose non mesuré Flux gamma jusqu'à 5 500 c/s DG5	1 mesure : 2,37 (*)	
Bois au Nord du Stand de Tir	Zone boisée sur terrain remanié	Propriété SMJ en 2001 / Bois / Stockage de résidus sur la partie nord-est / Absence de servitude	0,96 / 1,44 / 3,1 / 3,7	0,47 (*)	2,0
Secteur Nord Camping Parcelle ZD 100	Terrain au nord camping	Terrain rétrocedé à la commune (14-01-93) / bordure du camping communal / Absence de servitude	0,93 / 6,7	2 mesures : 0,63 / 2,4	
Secteur Nord Camping Limite entre la Parcelle 100 et la Parcelle 69	Bordure de piste	Limite entre la parcelle 100 (rétrocedée) et la parcelle 69 (propriété SMJ) non déterminée avec précision sur le terrain / Absence de servitude	2,5	1 mesure : 1,45	
Terrain de foot	Bordure sud-ouest du terrain de jeu	Terrain rétrocedé à la commune (5-12-91) / Terrain de football / Stockage de résidus / Servitudes inscrites à l'acte	1,94	1 mesure : 1,23	
Secteur du concasseur	Zones sud-ouest et ouest du mur d'escalade	Propriété SMJ en 2001 / Parc de loisirs / Mur d'escalade / Stockage de résidus / Servitudes	0,44 / 7,4	2 mesures : 0,50 / 0,63	
Réserve d'eau	Pourtour de la réserve	Propriété SMJ en 2001 / Etang / Activités de pêche / Servitudes	Débit de dose non mesuré Flux gamma jusqu'à 5 600 c/s DG5	NM	NM

(*) Valeur calculée à partir de la mesure de flux gamma

NM : Non Mesuré

5.13. Caractérisation RADIOLOGIQUE des sols

5.14. Récapitulatif des échantillons prélevés

Le tableau 12 ci-dessous et page suivante liste l'ensemble des échantillons prélevés.

Tableau 12 partie 1 : Récapitulatif des échantillons prélevés par la CRIIRAD.

Localisation		Code échantillon	Strate (cm)	Nature	Mode de prélèvement	Mesures radiométriques au contact du sol	
						Flux gamma SPP 2 (c/s)	Flux gamma DG 5 (c/s)
Teldes	Terrain de Mr D. Point de mesure du flux d'exhalation de radon	Ref Sol TE	0-10	Terre argileuse	Carottier	NM	165
Buzanges	Terrain de Mr A. Point de mesure du flux d'exhalation de radon	Ref Sol BU	0-10	Terre	Carottier	NM	190
Lotissement communal	Terrain de la villa centrale Pelouse à 2,2 m de la clôture nord Point de mesure du flux d'exhalation de radon	LOT 0-10 (Carotte A)	0-10	Terre argileuse de 0 à 8 cm Sable marron clair de 8 à 10 cm	Carottier	1300	1850
		LOT 10-20 (Carotte A)	10-20	Sable marron clair et un peu de gravier			
		LOT 20-30 (Carotte A)	20-30	Sable marron clair			
		LOT 30-40 (Carotte A)	30-40	Sable marron clair (env. 2/3) et argiles (env. 1/3)			
		LOT 40-50 (Carotte A)	40-50	Argiles (env. 2/3) et sable (env. 1/3)			
Parcelle ZI 12 "Gérémy"	Point actif dans la zone atelier plan compteur Point de mesure du flux d'exhalation de radon	GER 0-10 (Carotte B)	0-10	Terre + fragments de caillou actif	Carottier	4000	3250
		GER CA (Carotte B)	inclus dans strate 0-10	Caillou actif inclus dans Carotte A			
		GER 10-20 (Carotte B)	10-20	Terre			
		GER 20-30 (Carotte B)	20-30	Terre			
		GER 30-40 (Carotte B)	30-40	Terre + cailloux			
		GER 40-50 (Carotte B)	40-50	Terre + sable + argile + cailloux			
		GER 50-55 (Carotte B)	50-55	Terre + sable + argile + cailloux			
Parcelle ZD 65	Terrain de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium Point de mesure du flux d'exhalation de radon	US 0-10 (Carotte E)	0-10	Terre de 0 à 5 cm Cailloux de 5 à 10 cm + matière jaune argileuse	Carottier	2200	2400
		US 10-20 (Carotte E)	10-20	Terre + mat. Jaune argileuse (très peu)			
		US 20-25 (Carotte E)	20-25	Terre			
		US MJ	env. 8-10	Matière jaune argileuse	Pelle		
Abords parcelle ZD 65 / Sortie buse vers réserve d'eau	Berge rive gauche du canal en aval direct d'une buse en provenance de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium	RJ US	0-5 cm	Terre sableuse	Pelle	NM	5300

(NM : non mesuré)

Tableau 12 partie 2 : Récapitulatif des échantillons prélevés par la CRIIRAD

Localisation		Code échantillon	Strate (cm)	Nature	Mode de prélèvement	Mesures radiométriques au contact du sol	
						Flux gamma SPP 2 (c/s)	Flux gamma DG 5 (c/s)
Bois au Nord du Stand de Tir	Sous bois à env. 65 m sud-est (mesure au GPS) du croisement entre la route de Chaissac et la route de Teldes. Sol jonché de monticules (zone de dépôt de matériaux de la SCUMRA - premiers décapages avant exploitation- selon Mr le Maire). Boisement effectué par la SCUMRA (selon Mr le Maire).	TIR 0-10 (Carotte C)	0-10	Terre 0-2 cm 8-10 cm : Argiles vertes + Sables oranges rouges	Carottier	3400	4400
		TIR 10-20 (Carotte C)	10-20	Argiles vertes			
		TIR 20-30 (Carotte C)	20-30	Sables oranges rouges et argiles vertes			
		TIR 30-40 (Carotte C)	30-40	Sables oranges rouges et argiles vertes			
		TIR 40-50 (Carotte C)	40-50	Argiles vertes et oranges			
		TIR 50-60 (Carotte C)	50-60	Argiles vertes			
Parcelle ZD 100 Nord camping	Au pied d'un pin à 37,5 m nord de la clôture du camping à 50 m ouest du milieu de la route du Mentier à 14,4 m de la clôture du site minier	NCAMP 0-10 (Carotte D)	0-10	Terre noire (0-4 cm) Sables oranges marrons + fragments d'amas de matériaux actifs	Carottier	5500	6500
		NCAMP 10-20 (Carotte D)	10-20	Sables + terre			
		NCAMP 20-30 (Carotte D)	20-30	Sables + terre			
		NCAMP 30-40 (Carotte D)	30-40	Sables			
		NCAMP 40-50 (Carotte D)	40-50	Sables			
		NCAMP CA (au contact de la carotte D)	env. 1-10 cm	"Amas" de matériaux denses et actifs	Pelle / Prélevé au contact de la carotte D		
Terrain de football	Bordure sud-ouest à 5,45 m de la limite du terrain de jeu	STADE 0-10 (Carotte F)	0-10	Terre et sables	Carottier	NM	2600
		STADE 10-20 (Carotte F)	10-20	Sables			
		STADE 20-30 (Carotte F)	20-30	Sables			
		STADE 30-40 (Carotte F)	30-40	Sables			
		STADE 40-50 (Carotte F)	40-50	Sables			
		STADE 50-60 (Carotte F)	50-60	Sables			
		STADE 60-70 (Carotte F)	60-70	Sables			
		STADE 70-80 (Carotte F)	70-80	Sables			
		STADE 80-90 (Carotte F)	80-90	Sables			

(NM : non mesuré)

5.15. Sélection et traitement des échantillons

Une sélection des échantillons devant être analysés a été réalisée, après prélèvement, au laboratoire de la CRIIRAD. Il n'était pas possible en effet, pour des raisons financières, de traiter l'ensemble des échantillons.

S'agissant de caractériser radiologiquement les sols, nous avons retenu, pour chacun des secteurs, l'échantillon ou les échantillons susceptibles de représenter au mieux la nature des matériaux radioactifs éventuellement présents dans le sol.

A été retenu, par secteur, l'échantillon (ou la strate d'une carotte) présentant le niveau de flux gamma le plus élevé. Ces contrôles ont été effectués au laboratoire à l'aide d'un scintillomètre SPP2 au contact des échantillons bruts non traités (le bruit de fond étant de 45 c/s).

Pour la carotte F STADE quatre strates ont été sélectionnées (strate de surface, 2 strates centrales et strate la plus profonde) afin de mieux apprécier l'état radiologique et l'épaisseur de la couche recouvrant les résidus enfouis sous le terrain de football.

Les échantillons sélectionnés sont surlignés en jaune dans le tableau 13 pages suivantes qui présente le résultat de ces contrôles et les modalités de traitement des échantillons.

Certains échantillons ont été scindés en plusieurs sous-échantillons (Parcelle « Gérémy »: extraction d'un « caillou » actif de la strate 0-10 cm).

Pour des raisons de radioprotection et de prévention de contamination croisée des échantillons, certains échantillons très actifs ont subi un prétraitement simplifié et ont été analysés à l'état frais.

Il s'agit :

- de la matière jaune (US MJ) prélevée sur le terrain de l'ancienne usine,
- du « caillou » (GER CA) extrait de la carotte B prélevée sur la parcelle « Gérémy »,
- de l'amas de matériaux (NCAMP CA), prélevé sur le terrain nord camping.

Pour ces trois échantillons, les résultats sont donc exprimés en Bq/kg de matière fraîche (Bq/kg de matière sèche pour tous les autres échantillons).

Tableau 13, partie 1 : Contrôles radiométriques au laboratoire (bruit de fond de 45 c/s SPP2) et modalités de traitement des échantillons. Les échantillons soumis à analyse sont surlignés en jaune.

Localisation	Code échantillon	Strate (cm)	Nature	Préparation	Mesures radiométriques au contact de l'échantillon brut au laboratoire	
					Flux gamma SPP 2 (c/s)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)
Teldes	Ref Sol TE	0-10	Terre argileuse	Dessication à 105 °C Tamisage à 2 mm	50	NM
Buzanges	Ref Sol BU	0-10	Terre	Dessication à 105 °C Tamisage à 2 mm	50	NM
Lotissement communal	LOT 0-10 (Carotte A)	0-10	Terre argileuse de 0 à 8 cm Sable marron clair de 8 à 10 cm	Non préparé	Coté terre : 85 Coté sable : 110	NM
	LOT 10-20 (Carotte A)	10-20	Sable marron clair et un peu de gravier	Non préparé	240	NM
	LOT 20-30 (Carotte A)	20-30	Sable marron clair	Dessication à 105 °C Tamisage à 2 mm	330	NM
	LOT 30-40 (Carotte A)	30-40	Sable marron clair (env. 2/3) et argiles (env. 1/3)	Non préparé	200	NM
	LOT 40-50 (Carotte A)	40-50	Argiles (env. 2/3) et sable (env. 1/3)	Non préparé	75	NM
Parcelle ZI 12 "Gérémy"	GER 0-10 (Carotte B)	0-10	Terre + fragments de caillou actif	Echantillon initial scindé en plusieurs sous-ech. : 1/ < 2 mm 2/ cailloux peu actifs 3/ fragments de cailloux très actifs 4/ GER CA caillou actif	3000 avant séparation des cailloux actifs / 900 sur fraction < 2 mm	6,20
	GER CA (Carotte B)	inclus dans strate 0-10	Caillou actif inclus dans Carotte A	Dissocié de GER 0-10 cm Concassage Analyse à l'état frais	2200	5,05
	GER 10-20 (Carotte B)	10-20	Terre	Non préparé	170	NM
	GER 20-30 (Carotte B)	20-30	Terre	Non préparé	75	NM
	GER 30-40 (Carotte B)	30-40	Terre + cailloux	Non préparé	60-65	NM
	GER 40-50 (Carotte B)	40-50	Terre + sable + argile + cailloux	Non préparé	55-65	NM
	GER 50-55 (Carotte B)	50-55	Terre + sable + argile + cailloux	Non préparé	60-65	NM
Parcelle ZD 65	US 0-10 (Carotte E)	0-10	Terre de 0 à 5 cm Cailloux de 5 à 10 cm + matière jaune argileuse	Non préparé	2000	NM
	US 10-20 (Carotte E)	10-20	Terre + mat. Jaune argileuse (très peu)	Non préparé	1500 sur mat. jaune 300 sur terre	NM
	US 20-25 (Carotte E)	20-25	Terre	Non préparé	100	NM
	US MJ	env. 8-10	Matière jaune argileuse	Analyse à l'état frais	4200	19,08
Abords parcelle ZD 65 / Sortie buse vers réserve d'eau	RJ US	0-5 cm	Terre sableuse	Dessication à 105 °C Tamisage à 2 mm	310	NM

(NM : non mesuré)

Tableau 13 partie 2 : Contrôles radiométriques au laboratoire (bruit de fond de 45 c/s SPP2) et modalités de traitement des échantillons. Les échantillons soumis à analyse sont surlignés en jaune.

Localisation	Code échantillon	Strate (cm)	Nature	Préparation	Mesures radiométriques au contact de l'échantillon brut au laboratoire	
					Flux gamma SPP 2 (c/s)	Débit de dose LB 123 (µSv/h)
Bois au Nord du Stand de Tir	TIR 0-10 (Carotte C)	0-10	Terre 0-2 cm 8-10 cm : Argiles vertes + Sables oranges rouges	Non préparé	220-300	NM
	TIR 10-20 (Carotte C)	10-20	Argiles vertes	Non préparé	120	NM
	TIR 20-30 (Carotte C)	20-30	Sables oranges rouges et argiles vertes	Dessiccation à 105 °C Tamisage à 2 mm	250-350	NM
	TIR 30-40 (Carotte C)	30-40	Sables oranges rouges et argiles vertes	Non préparé	300	NM
	TIR 40-50 (Carotte C)	40-50	Argiles vertes et oranges	Non préparé	260	NM
	TIR 50-60 (Carotte C)	50-60	Argiles vertes	Non préparé	200-310	NM
Parcelle ZD 100 Nord camping	NCAMP 0-10 (Carotte D)	0-10	Terre noire (0-4 cm) Sables oranges marrons + fragments d'amas de matériaux actifs	Non préparé	750-1150	NM
	NCAMP 10-20 (Carotte D)	10-20	Sables + terre	Non préparé	700-900	NM
	NCAMP 20-30 (Carotte D)	20-30	Sables + terre	Non préparé	200-250	NM
	NCAMP 30-40 (Carotte D)	30-40	Sables	Non préparé	150	NM
	NCAMP 40-50 (Carotte D)	40-50	Sables	Non préparé	120-130	NM
	NCAMP CA (au contact de la carotte D)	env. 1-10 cm	"Amas" de matériaux denses et actifs	Concassage Analyse à l'état frais	3000-3500	7,87
Terrain de football	STADE 0-10 (Carotte F)	0-10	Terre et sables	Dessiccation à 105 °C Tamisage à 2 mm	115	NM
	STADE 10-20 (Carotte F)	10-20	Sables	Non préparé	150	NM
	STADE 20-30 (Carotte F)	20-30	Sables	Non préparé	550	NM
	STADE 30-40 (Carotte F)	30-40	Sables	Dessiccation à 105 °C Tamisage à 2 mm	800	NM
	STADE 40-50 (Carotte F)	40-50	Sables	Non préparé	850	NM
	STADE 50-60 (Carotte F)	50-60	Sables	Dessiccation à 105 °C Tamisage à 2 mm	700	NM
	STADE 60-70 (Carotte F)	60-70	Sables	Non préparé	650	NM
	STADE 70-80 (Carotte F)	70-80	Sables	Non préparé	500	NM
STADE 80-90 (Carotte F)	80-90	Sables	Dessiccation à 105 °C Analyse de la fraction < 2 mm Analyse de la fraction > 2 mm	600	NM	

(NM : non mesuré)

5.16. Résultats des analyses en spectrométrie gamma

Les résultats complets figurent en Annexe 4 où sont reproduits les rapports d'essais du laboratoire de la CRIIRAD. Les résultats concernant les principaux radionucléides de la chaîne de l'uranium 238 et l'uranium 235 sont résumés dans le tableau 14, ci-dessous.

Tableau 14 : Principaux résultats d'analyses en spectrométrie gamma des échantillons de sol (Résultats exprimés en Bq/kg de matière sèche, sauf pour GER CA, US MJ et NCAMP CA : Bq/kg de matière fraîche)

Localisation	Code échantillon	Strate (cm)	U 238 (Th 234) (Bq/kg)	Pa 234 m (Bq/kg)	Th 230 (Bq/kg)	Ra 226 (Bq/kg)	Pb 210 (Bq/kg)	U 235 (Bq/kg)	Notes
Teldes	Ref Sol TE	0-10	70	< 180	< 80	55	97	< 11	Equilibre chaîne de l'U 238 aux marges d'incertitudes près
Buzanges	Ref Sol BU	0-10	61	< 320	< 210	104	102	< 10	Quasi-équilibre chaîne de l'U 238 aux marges d'incertitudes près
Lotissement communal	LOT 20-30 (Carotte A)	20-30	680	< 460	6 500	12 000	11 300	< 42	Important déficit en U 238 et U 235
Parcelle ZI 12 "Gérémy"	GER CA (Carotte B)	inclus dans strate 0-10	45 000	47 000	310 000	362 000	344 000	2 200	Important déficit en U 238 et U 235
Parcelle ZD 65 (ancienne usine)	US MJ	env. 8-10	730 000 (atténuation)	3 500 000	< 2 400	1 950	< 190 (atténuation)	76 000 (atténuation)	Excès en U 238 et U 235 Valeur Th 234 atténuée
Abords parcelle ZD 65 / Sortie buse vers réserve d'eau	RJ US	0-5 cm	1 030	< 2 900	6 000	20 000	20 300	< 60	Important déficit en U 238 et U 235
Bois au Nord du Stand de Tir	TIR 20-30 (Carotte C)	20-30	20 500	21 100	24 900	29 000	20 000	950	Quasi-équilibre chaîne de l'U 238
Parcelle ZD 100 Nord camping	NCAMP CA (au contact de la carotte D)	env. 1-10 cm	13 000	17 000	25 000	76 000	63 000	830	Déficit en U 238
Terrain de football	STADE 0-10 (Carotte F)	0-10	530	< 800	1 080	2 670	3 250	< 60	Déficit en U 238
Terrain de football	STADE 30-40 (Carotte F)	30-40	990	< 1 300	31 000	51 000	47 700	< 31	Important déficit en U 238 et U 235
Terrain de football	STADE 50-60 (Carotte F)	50-60	1 510	< 1 900	38 000	50 000	45 200	< 90	Important déficit en U 238 et U 235
Terrain de football	STADE 80-90 (Carotte F) Fraction < 2 mm	80-90	1 940	< 4 900	33 000	37 000	33 100	< 70	Important déficit en U 238 et U 235
Terrain de football	STADE 80-90 (Carotte F) Fraction > 2 mm	80-90	2 200	2 600	10 300	8 700	10 400	140	Déficit en U 238

Remarque sur les phénomènes d'auto-atténuation

Dans certains cas (échantillons particulièrement denses), les activités des radionucléides dont les raies gamma sont à basse énergie (moins de 100 keV) sont susceptibles d'être sous estimées. Ceci est dû à des phénomènes d'auto-atténuation au sein de l'échantillon.

Les activités de ces radionucléides émetteurs gamma de basse énergie, comme le plomb 210 (raie à 46,5 keV) et dans une moindre mesure le thorium 234 (raie à 63,3 keV) et le thorium 230 (raie à 67,7 keV), sont alors déterminées par défaut compte tenu de l'auto-atténuation au sein de l'échantillon.

Dans certains échantillons, l'activité en uranium 238, déterminée à partir du thorium 234, peut ainsi être sous évaluée.

Ceci est notamment le cas dans l'échantillon US MJ où le ratio protactinium 234 m / thorium 234 est de 4,8 alors qu'il devrait être proche de 1. L'activité du protactinium 234m est déterminée à partir d'une raie gamma de haute énergie (1 001 keV), elle n'est donc pas soumise à l'auto-atténuation et rend compte de l'activité réelle alors que l'activité du thorium 234 est sous-estimée.

L'analyse du ratio radium 226 (non affecté par ce phénomène) sur plomb 210 (raie de basse énergie), supérieur à 10 dans cet échantillon, confirme le fait que ce dernier est bien affecté par ce phénomène.

En tenant compte de l'auto-atténuation, l'activité réelle de l'uranium 238 dans l'échantillon US MJ est probablement plus proche de l'activité du protactinium 234m : 3 500 000 Bq/kg de matière fraîche, que de la valeur de 730 000 Bq/kg estimée à partir de la mesure sous évaluée de l'activité du thorium 234.

Dans cet échantillon l'auto-atténuation affecte très probablement également l'uranium 235 (raie gamma de 163,4 keV), le ratio Pa 234m / U 235 étant de 46, alors qu'il devrait être égal à la valeur théorique de 21,7 pour l'uranium naturel.

Milieu a priori non perturbé (échantillons de référence)

Dans les échantillons de référence les activités des radionucléides de la chaîne de l'uranium 238 (61 et 70 Bq/kg sec pour l'uranium 238) sont sensiblement supérieures à la moyenne de l'écorce terrestre (40 Bq/kg) aux marges d'incertitudes près.

Notons que, dans ces échantillons de référence, aucun radioélément de la chaîne de l'uranium 235 ne présente une activité supérieure aux limites de détection.

Parcelles de l'ancien site minier et de son proche environnement : important excès des activités des éléments des chaînes de l'U238 et de l'U235

Tous les échantillons prélevés sur les parcelles de l'ancien site minier présentent des activités notablement supérieures à celles des échantillons de référence pour les éléments de la chaîne de l'uranium 238, ainsi que pour la plupart des éléments de la chaîne de l'uranium 235.

Comparées aux moyennes des références, **l'activité en uranium 238** est plus élevée d'un facteur :

- **10**, dans l'échantillon du lotissement communal,
- **687**, dans l'échantillon de la parcelle Gérémy,
- **50 000**, dans l'échantillon de matière jaune prélevé sur la parcelle de l'ancienne usine,
- **313**, dans l'échantillon du bois au nord du stand de tir,
- **29**, dans la strate 80-90 cm du terrain de foot (fraction inférieure à 2 mm).

Pour le **radium 226**, les activités sont plus élevées que la moyenne des références d'un facteur allant de 25, pour la matière jaune prélevé sur la parcelle de l'ancienne usine (échantillon US MJ : 1 950 Bq/kg), à 4 553, pour l'échantillon prélevé sur la parcelle Gérémy (GER CA : 362 000 Bq/kg).

Ce facteur est de 151 pour l'échantillon de sol du lotissement communal (LOT 20-30 : 12 000 Bq/kg).

La présence en excès significatif de ces radioéléments concerne toutes les parcelles étudiées, grevées ou non de servitudes.

Notons, que certains échantillons prélevés sur des parcelles non soumises à des servitudes présentent des activités notablement plus élevées que ceux extraits de la carotte du terrain de football pour lequel des prescriptions relatives à la présence de résidus radioactifs ont été prises par l'administration.

Présence de matériaux radioactifs à faible profondeur

Tous ces échantillons ont été prélevés avec des moyens manuels (carottier et pelle) à faible profondeur (la profondeur maximale atteinte est de 90 cm sur le stade de football), montrant que même les horizons supérieurs des sols sont concernés par l'impact de l'ancienne exploitation et pas seulement le sous-sol (stockages de déchets radioactifs à plus grande profondeur).

Sur toutes les carottes, les contrôles de flux gamma en laboratoire mettent en évidence la présence de matériaux radioactifs dès les premières strates de 0 à 10 cm (tableau 13).

Remarquons d'ailleurs que les plus fortes activités mesurées de cette série d'analyses concernent des échantillons prélevés dans les tous premiers centimètres du sol :

- caillou extrait de **strate 0-10 cm** de la parcelle Gérémy : radium 226 = 362 000 Bq/kg de matière fraîche,
- couche de matière jaune prélevée entre environ **8 et 10 cm** de la surface du sol sur la pelouse devant les bureaux (terrain de l'ancienne usine) : uranium 238 = 3 500 000 Bq/kg de matière fraîche (Pa 234m),
- amas dense de matériaux **en quasi surface du sol** (de 1 à 10 cm) au nord du terrain du camping : radium 226 = 76 000 Bq/kg de matière fraîche.

Ces matériaux radioactifs, à la portée de tous, sont de plus présents sur des parcelles non closes, parfois rétrocédées et en tout état de cause, non soumises à des servitudes.

5.17. Nature des échantillons de sols

Comme indiqué dans la colonne « notes » du tableau 14, pages précédentes, on remarque, dans certains échantillons hors références, des déséquilibres parfois très prononcés de la chaîne de l'uranium 238 (et de façon corrélée de la chaîne de l'uranium 235).

En fonction des ratios entre les éléments de la chaîne de l'uranium 238, les échantillons peuvent être classés suivant 3 catégories :

- 1/ les échantillons présentant un quasi-équilibre entre les radionucléides de la chaîne de l'uranium 238,
- 2/ les échantillons présentant un déficit en uranium 238 (par rapport au radium 226),
- 3/ les échantillons présentant un fort excès en uranium 238 (par rapport au radium 226).

5.17.1. Matériaux dont la chaîne de l'uranium 238 est à l'équilibre

Hormis les échantillons de référence, cette catégorie ne concerne que les matériaux présents dans la carotte C prélevée dans le **bois au nord du Stand de Tir**.

Le quasi équilibre dans la chaîne de l'uranium 238 suggère que ces matériaux n'ont pas subi de transformation (attaque chimique) lors d'un processus industriel (lixiviation en stalles ou en usine).

Ces matériaux sableux et argileux, dont l'activité des radionucléides de la chaîne de l'U 238 est élevée (**20 000 à 29 000 Bq/kg sec**, suivant le radionucléide), sont probablement des sables et argiles uranifères extraits du sous-sol pour lesquels l'extraction de l'uranium n'a pas été jugée économiquement rentable : « **stériles** » ou **minerai pauvre (marginiaux)**.

En outre, le fait que le terrain soit perturbé (succession de monticules) permet d'exclure qu'il s'agit d'un terrain naturel. Ceci est confirmé par les propos de Mr le Maire pour lequel, ce secteur était un lieu de dépôt des matériaux des premiers décapages réalisés par la SCUMRA.

5.17.2. Matériaux présentant un déficit en uranium (type résidus)

Comme le montre le tableau 15 ci-dessous, qui reprend les activités de U 238 et du Ra 226 dans les échantillons de cette catégorie, ces matériaux sont caractérisés par un fort déséquilibre dans la chaîne de l'uranium 238 avec des ratios U 238 / Ra 226 compris entre 0,02 et 0,25. Ce constat est l'indice d'une situation anormale car ces radionucléides sont normalement à l'équilibre séculaire dans des matériaux naturels non perturbés.

Ceci concerne les échantillons prélevés sur les terrains :

- de la parcelle « Gérémy » (GER CA),
- du lotissement communal (LOT 20-30),
- de la parcelle ZD 100 au nord du camping municipal (NCAMP CA),
- du terrain de football (échantillons STADE),
- en contrebas de l'ancienne usine de traitement de l'uranium (RJ US, prélevé à la sortie d'une buse).

Ces déséquilibres suggèrent que ces matériaux sont, pour la plupart, des résidus de traitement du minerai. L'élément uranium a très probablement été extrait par voie chimique (traitement en stalles de lixiviation dit statique ou en usine).

Pour l'échantillon RJ US (terre sableuse) prélevé sur la berge d'un canal à la sortie d'une buse provenant probablement de l'ancienne usine ou du décanteur, il pourrait s'agir de terre où se seraient déposées des boues de processus et/ou imprégnée par des eaux rejetées.

Sur l'ensemble des terrains où ont été prélevés ces matériaux, seul le terrain du stade de football est répertorié dans le dossier SMJ de cessation d'activité comme lieu de stockage de résidus de lixiviation.

Tableau 15 : Activités de l'U 238 et du Ra 226 dans les échantillons présentant un déficit en U 238 (Résultats exprimés en Bq/kg de matière sèche sauf pour GER CA et NCAMP CA : Bq/kg de matière fraîche)

Localisation	Code échantillon	Strate (cm)	U 238 (Th 234) (Bq/kg)	Ra 226 (Bq/kg)	Ratio U 238 / Ra 226
Lotissement communal	LOT 20-30 (Carotte A)	20-30	680	12 000	0,06
Parcelle ZI 12 "Gérémy"	GER CA (Carotte B)	inclus dans strate 0-10	45 000	362 000	0,12
Abords parcelle ZD 65 / Sortie buse vers réserve d'eau	RJ US	0-5 cm	1 030	20 000	0,05
Parcelle ZD 100 Nord camping	NCAMP CA (au contact de la carotte D)	env. 1-10 cm	13 000	76 000	0,17
Terrain de football	STADE 0-10 (Carotte F)	0-10	530	2 670	0,20
Terrain de football	STADE 30-40 (Carotte F)	30-40	990	51 000	0,02
Terrain de football	STADE 50-60 (Carotte F)	50-60	1 510	50 000	0,03
Terrain de football	STADE 80-90 (Carotte F) Fraction < 2 mm	80-90	1 940	37 000	0,05
Terrain de football	STADE 80-90 (Carotte F) Fraction > 2 mm	80-90	2 200	8 700	0,25



Photo 23 : Amas de matériaux dense prélevé sur le terrain Nord camping : Résidus d'extraction de l'uranium, 76 000 Bq/kg de radium 226



Photo 24 : « Caillou » extrait de la carotte prélevée sur la parcelle ZI 12 « Gérémy » : Résidus d'extraction de l'uranium, 362 000 Bq/kg de radium 226

5.17.3. Matériaux présentant un excès en uranium

La matière jaune prélevée dans la pelouse sur le terrain de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium (US MJ) présente un important excès en uranium 238 et 235.

L'activité massique (par kilogramme de matière fraîche) de l'U 238 (Pa 234m) est, en effet, de **3 500 000 Bq/kg** alors que l'activité du radium 226 est de 1 950 Bq/kg.

On remarque également un net excès en uranium 235 par rapport à ses descendants : ratio U 235 (76 000 Bq/kg) sur Pa 231 (4 600 Bq/kg) supérieur à 16 (cf. rapport d'essais en Annexe 4).

Rappelons également que l'activité de l'U 235 est évaluée par défaut, compte tenu des phénomènes d'auto-atténuation affectant également ce radionucléide (cf. paragraphe 4.16).

Ces déséquilibres significatifs dans les chaînes de l'uranium 238 et 235 sont caractéristiques d'un matériau dans lequel l'uranium aurait été concentré.

Il s'agit très probablement de « yellow cake », **concentré d'uranium** sous forme de pulpe jaune, produit industriel du cycle du combustible nucléaire résultant de l'extraction chimique de l'uranium à partir du minerai. Ce matériau est élaboré dans les usines installées généralement à proximité de sites miniers, comme cela est le cas pour le site de St Pierre.

Cette couche de matière jaune serait en fait le produit fini de l'ancienne usine qui était installée sur cette parcelle.



Photo 25 : Concentré d'uranium « Yellow cake » (mis à jour lors du prélèvement de la carotte E) dans les premiers centimètres du sol de la pelouse devant les anciens bureaux (terrain de l'ancienne usine d'extraction de l'uranium).