

Note N° 06-52

MESURES RADIAMETRIQUES EFFECTUEES SUR LE TERRAIN DE L'ANCIENNE USINE CEA- COGEMA DE GUEUGNON (71)

**Etude effectuée par le laboratoire de la CRIIRAD
sur fonds propres de l'association**

Version 3 du 14 mars 2007 (avec photographies)

Responsable d'étude : Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire

Mission de terrain : Christian COURBON (technicien spécialisé) et Thierry CONSTANTIN-BLANC (Ingénieur Environnement), photographies réalisées par monsieur André PARIS (géologue et chercheur indépendant)

Rédaction du compte rendu de terrain : Thierry CONSTANTIN-BLANC

Conditionnement des échantillons : Jocelyne RIBOUET (préparatrice)
Analyse des échantillons 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
<http://www.criirad.org> laboratoire@criirad.org

SOMMAIRE

1	<u>CONTEXTE DE L'ETUDE.....</u>	<u>2</u>
2	<u>COMPTE RENDU DES MESURES RADIOMETRIQUES DE TERRAIN.....</u>	<u>6</u>
2.1	POINT DE REFERENCE.....	6
2.2	TERRAIN DE L'ANCIENNE USINE DE TRAITEMENT ET ABORDS.....	6
2.3	PARKING DU STADE DE FOOTBALL.....	13
2.4	PARCOURS DE SANTE	19
3	<u>MESURES DE DEBIT DE DOSE ET ANALYSES DE SOL</u>	<u>21</u>
3.1	RISQUES LIES A L'EXPOSITION EXTERNE	21
3.2	PRESENCE DE DECHETS RADIOACTIFS DANS L'ENVIRONNEMENT	22
4	<u>CONCLUSION.....</u>	<u>25</u>

1 Contexte de l'étude

Données officielles

La fiche ANDRA consacrée au site de Gueugnon (fiche BOU 3 de mai 2003) indique que le CEA, puis la COGEMA, ont exploité à Gueugnon (Saône-et-Loire / 71) une usine de **traitement de minerais et de préconcentrés d'uranium** (1955-1980) ainsi que des installations de lixiviation en stalles (exploitées entre 1961 et 1968).

Ce document précise :

« Installations démantelées en 1980-1981.

Bassins de stockage recouverts de matériaux inertes et revégétalisés, berges confortées et rechargées.

Site clôturé ».

En ce qui concerne les déchets radioactifs, la fiche ANDRA indique les quantités de matière contenues dans les bassins de stockage :

- *« Rejets sableux, correspondant au traitement de 168 000 tonnes de minerais (10,4 TBq Ra 226)*
- *Résidus de traitement de préconcentrés d'uranium, en provenance de l'usine de la COMUF au Gabon (activité en radium 226 non significative) (17 060 tonnes).*
- *Produits de démantèlement de l'usine et terres de décapage (40 484 tonnes) / (0,1 TBq Ra 226). »*

La fiche précise que *« la surveillance de l'environnement est effectuée selon l'Arrêté préfectoral N°94-1001 du 20 avril 1994. Le site est classé ICPE (rubrique 167 b). »*

« COGEMA est propriétaire de 12 hectares de terrain : il s'agit des bassins de stockage (6 hectares) et leur bordure ainsi que des bassins situés dans le prolongement (leur usage est laissé à la municipalité de Gueugnon). »

Intervention CRIIRAD / années 90

Le laboratoire de la CRIIRAD a effectué de nombreux contrôles de la situation radiologique dans l'environnement d'anciennes mines d'uranium et d'anciennes usines de concentration de l'uranium. Systématiquement des anomalies radiologiques ont été constatées démontrant une qualité très insuffisante des programmes de réaménagement des sites et des dispositifs de surveillance de l'environnement.

Des contrôles ponctuels avaient été effectués au niveau de la *« décharge de Gueugnon »* au début **des années 90** mais aucune étude in situ n'avait été effectuée par le laboratoire de la CRIIRAD.

La pose des capteurs radon et les prélèvements de sol, sédiments, eau et champignons avaient été effectués en avril 1990 par un particulier, avec une participation financière des Verts Bourgogne, puis analysés au laboratoire de la CRIIRAD :

- Contrôle de la concentration en radon 222 dans l'air ambiant au moyen de canisters à charbon actif (460 Bq/m³ au droit de la décharge et 60 Bq/m³ à 12 mètres du site).
- Analyse de sol prélevé au droit de la décharge côté Arroux (activité anormalement élevée en radium 226 : plus de 11 000 Bq/kg et déséquilibre dans la chaîne de l'uranium 238 : thorium 234 non détecté).

Ces résultats avaient été rendus publics (transmission à l'AFP Strasbourg, article du 11 mai 1990 dans le journal Le Progrès).

Intervention CRIIRAD / année 2005

En 2003, dans le cadre d'une campagne de repérages photographiques, le chercheur indépendant André Paris avait signalé à la CRIIRAD que l'état de réaménagement de l'ancien site de Gueugnon n'était toujours pas satisfaisant.

De nombreux citoyens, associations, font appel à la CRIIRAD pour des problèmes radiologiques. La CRIIRAD ne peut répondre à toutes les sollicitations en même temps. Dans le domaine des anciens sites de traitement de l'uranium, le caractère quasi-systématique des contaminations résiduelles fait que la CRIIRAD ne peut prendre en charge les 200 anciens sites miniers répertoriés.

Néanmoins, une mission de contrôles radiologiques a été effectuée par le laboratoire de la CRIIRAD sur le site de Gueugnon du **10 au 12 janvier 2005**.

Cette mission était composée de monsieur Christian Courbon, technicien spécialisé du laboratoire de la CRIIRAD et titulaire de l'attestation de personne compétente en radioprotection, de monsieur Thierry Constantin-Blanc, ingénieur environnement en contrat temporaire au laboratoire de la CRIIRAD et de monsieur André Paris, géologue et chercheur indépendant.

Les mesures ont été effectuées avec l'accord des habitants rencontrés sur site et un premier niveau d'information sur les risques a pu leur être donné directement.

En l'absence de financement, il ne pouvait s'agir de réaliser une expertise radioécologique détaillée de la situation sur le site de l'ancienne usine de Gueugnon. Une telle expertise aurait nécessité la réalisation de carottages, échantillonnages d'eau, contrôles de l'activité de l'air, prélèvements de bioindicateurs atmosphériques et aquatiques, etc.

S'agissant d'un dépistage ont été effectuées :

1. Des **mesures radiométriques** présentées au paragraphe 2.

Il s'agit d'enregistrer le flux de rayonnement gamma émis par le sol afin de déceler la présence éventuelle de secteurs contaminés. Ces mesures ont été réalisées au moyen d'un scintillomètre DG5 de marque Novelec. Les résultats sont exprimés en coups par seconde (c/s). Les contrôles ont été effectués sur le terrain de l'ancienne usine et ses abords (rive droite de la rivière Arroux) et dans l'environnement proche du stockage des déchets radioactifs : parking du stade, parcours de santé (rive gauche de l'Arroux). Pour comparaison des mesures de même type ont été effectuées dans l'environnement naturel (référence). Voir les [figures 1 à 3](#) pages suivantes pour la localisation des points de mesure.

2. Des mesures de **débit d'équivalent de dose**.

Ces mesures ont été effectuées au moyen d'un compteur proportionnel compensé en énergie de marque Berthold (sonde LB1236) étalonné par le CENG. Les résultats sont exprimés en microSieverts par heure ($\mu\text{Sv/h}$).

Les mesures ont été effectuées en statique en 8 stations, au contact du sol, à 50 centimètres et à 1 mètre afin d'évaluer les risques sanitaires en termes d'exposition externe. Ces résultats sont mentionnés au paragraphe 2 et repris dans le tableau de synthèse au paragraphe 3.

3. Des **prélèvements de sol**.

Ces échantillonnages ont été effectués pour analyses par spectrométrie gamma au laboratoire de la CRIIRAD (8 échantillons de sol).

Ces résultats sont présentés au paragraphe 3.

Finalisation du rapport en mars 2007.

Le travail de janvier 2005 étant effectué sans financement, et compte tenu de la priorité donnée à d'autres dossiers en 2005 et 2006 (Mines d'uranium au Niger, Mine de St Pierre dans le Cantal, Mine des Bois Noirs, Usine de Malvési, site de l'ANDRA à Soulaines, etc.), la CRIIRAD n'a pas pu finaliser le rapport d'intervention.

Compte tenu des inquiétudes manifestées par l'association « La Grenouille Bleue », en début d'année 2007, concernant l'hypothèse que des sables radioactifs en provenance de Gueugnon aient pu être acheminés vers le CSDU (Centre de Stockage de Déchets Ultimes) d'Autun, la CRIIRAD a décidé de réaliser des contrôles radiométriques au niveau du CSDU d'Autun (en partie sur fonds propres et en partie grâce au soutien financier d'un citoyen).

Dans ce cadre, monsieur Christian Courbon, technicien du laboratoire de la CRIIRAD a pu vérifier, le mardi **13 mars 2007**, que les anomalies radiométriques détectées par la CRIIRAD en janvier 2005 dans l'environnement de l'ancienne usine CEA-COGEMA de Gueugnon et de la décharge associée étaient toujours présentes.

La CRIIRAD a alors décidé de faire passer la rédaction du présent rapport en priorité et de profiter du déplacement prévu pour proposer à la municipalité de Gueugnon une réunion de travail sur site. Proposition qui a été acceptée.

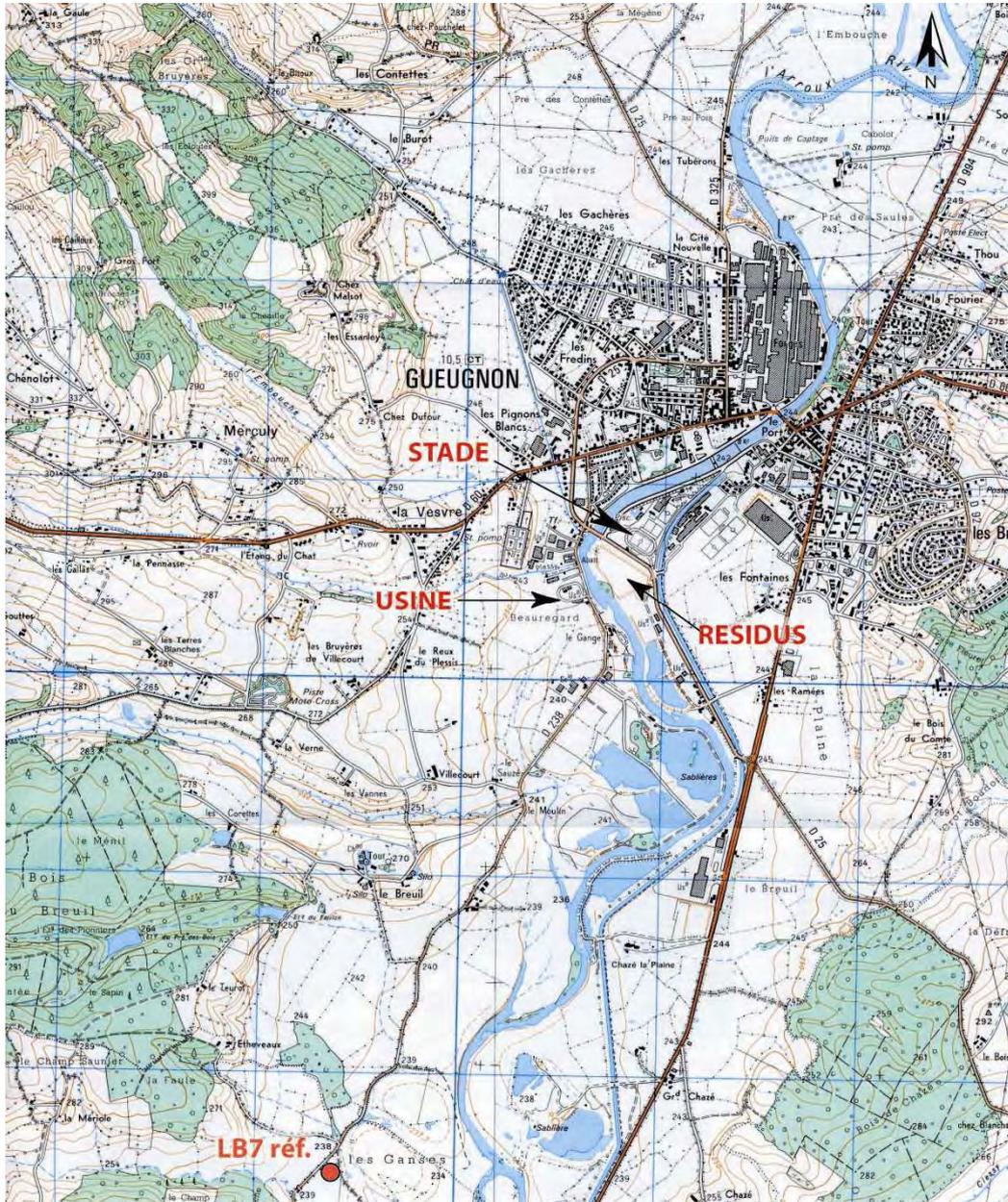


Figure 1 : localisation des sites et du point de référence LB7 réf.

2 Compte rendu des mesures radiométriques de terrain

Le flux de rayonnement gamma, exprimé en **coups par seconde (c/s)** a été mesuré au moyen d'un **scintillomètre de type DG5** (marque Novelec), entre le 10 et le 12 janvier 2005.

Le détecteur est un scintillateur organique couplé à un photomultiplicateur. Il enregistre les rayonnements gamma à partir de 50 keV. La réponse en fonction de l'énergie est de +/- 10 % de 100 keV à 700 keV et de +/-50 % de 60 keV à 1,3 MeV. La constante de temps de détection est de 0,1 seconde et la constante de temps de mesure de 2 secondes. Le temps mort est de 33 microsecondes.

La mesure du flux de rayonnement gamma, a été réalisée à quelques centimètres au dessus du sol par balayage en mode dynamique. Pour les points étudiés plus en détail (cf [tableau T2](#) au paragraphe 3), il s'agit de mesures en statique.

2.1 Point de référence

Le point de référence LB 7 est situé à environ 4 km au sud-ouest de Gueugnon, au lieu dit les Ganses ([figure 1](#)).

Les mesures et le prélèvement ont été réalisés sur la bordure débroussaillée d'un chemin desservant des champs (*photographies 1957 à 1969 –nocturnes- et 2014 à 2020*).

Le niveau radiométrique est de **170 c/s** DG 5 au contact au point de prélèvement. Un tel résultat est classique. Les niveaux mesurés habituellement varient en effet de 50 c/s (sols calcaires) à 250 c/s (sols granitiques).

Le débit de dose est de 0,18 µSv/h au contact du sol et 0,17 µSv/h à 1 mètre.

2.2 Terrain de l'ancienne usine de traitement et abords

2.2.1 Historique

L'« Atomique » (nom local de **l'usine**) était implantée sur un terrain situé à 1 km au sud-ouest de la ville (en partant de l'église) sur la route D238, au lieu dit les Prés de Gueugnon, en **rive droite de l'Arroux** ([figure 1](#)).

L'usine a été démantelée en 1980-1981.

D'après le plan Cogema « Usine de Gueugnon Déclassement » ([figure 3](#)), les déblais devraient a priori être disposés dans la **décharge accueillant les résidus en rive gauche de l'Arroux**, en face de son ancien emplacement. Ce plan fait apparaître en effet un emplacement réservé à cet usage : « cellule » n°5b (ancienne gravière), dernière « cellule » de la décharge avant les 2 bassins en eau.

2.2.2 Occupation actuelle du terrain

(cf. plan parcellaire en [figure 2, page suivante](#)).

Deux bâtiments ont été conservés (*photographies 1814/1830/1845pano*) :

- un ancien atelier, en bordure sud du terrain (*photographies 1831/1833/1839*),

Cet atelier est occupé par Mr Favier, qui dispose également de la partie sud et ouest du terrain qu'il a transformé en piste de karting tout-terrain (terrain débroussaillé et nivelé) (*photographie 2022*), dans le but d'une exploitation commerciale éventuelle par son fils.

Il existe une forte possibilité de remise en suspension de poussières au cours de cette activité.

- un deuxième bâtiment (anciens ateliers ?), situé vers le milieu du terrain et occupé par la société L. (commerce de pièces automobiles) (*photographies 1832/1838*).

L'usine était située à l'est du terrain (côté route). Au niveau de son emprise, le terrain a été décapé sur 1 m de profondeur (d'après les occupants actuels) et de la terre a été rapportée.

Au nord est du terrain (en bordure de route), est implanté le **centre de contrôle automobile V.** (*photographies 1808/1809/1837*). Une bande d'une trentaine de mètres longeant la bordure nord du terrain appartiendrait toujours à AREVA-COGEMA selon les personnes rencontrées sur place (*photo portail 1804*).

Le terrain est bordé au sud-est par une **maison d'habitation** (en bordure de route) (*photographie 1954*) et au sud et à l'ouest par des prés de pâture.

Sur la **berge de l'Arroux** (de l'autre côté de la route), sont présentes plusieurs buses de diamètre important en provenance de l'usine (avec plusieurs regards sur le terrain de l'usine en bordure de clôture) et d'anciennes tuyauteries (a priori en provenance d'une ancienne station de pompage dans l'Arroux) (*photographies 1806/1812/1818 à 1822*).



Photographie 1945 : vue du terrain de l'usine à partir du terre plein actif en rive droite de l'Arroux (point LB6 au niveau du technicien en blanc).

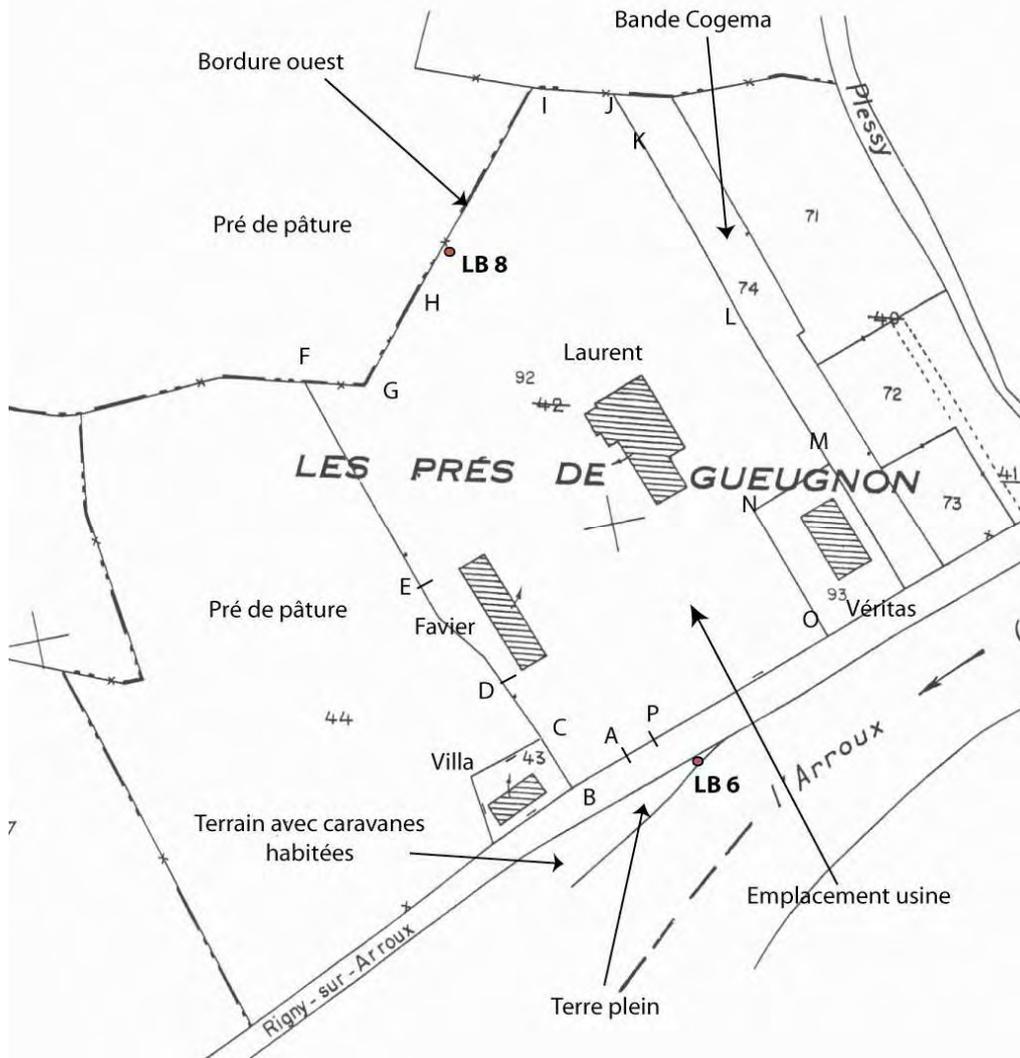


Figure 2 : terrain de l'ancienne usine CEA-COGEMA / plan parcellaire



Photographie 1954 / Point LB 6

2.2.3 Synthèse des mesures radiométriques

Mesures effectuées au moyen du scintillomètre DG 5 au contact du sol, sauf indications contraires.

Intérieur du site

A l'intérieur du site, les valeurs les plus élevées concernent la bordure ouest du terrain. Toute cette bordure présente des niveaux élevés (moyenne de 49 mesures réalisées tous les 2 m : **3 140 c/s**) et de nombreuses zones chaudes (jusqu'à 13 000 c/s). Le point LB 8 correspond à la zone la plus active mise en évidence au cours d'une prospection rapide au niveau de cette bordure (**13 000 c/s** / 16,9 µSv/h au contact).

Des valeurs élevées sont également mises en évidence sur la bordure nord, le long de la « bande Cogema », dans une zone de broussailles.

A l'arrière du bâtiment de la Ste L. (pièces automobiles), en limite de la cour, des boues de couleur orange sont visibles localement. Elles présentent des niveaux de l'ordre de **2000 – 3000 c/s**.

L'ancien emplacement de l'usine présente certainement les niveaux les plus faibles de tout le terrain (175 à 200 c/s) ce qui suggère que ce secteur a été décapé et assaini.

Extérieur du site

A l'extérieur du site (domaine public), les valeurs les plus élevées sont repérées :

- sur le bas côté de route en bordure du terrain du centre de contrôle automobile V. (moyenne de 11 mesures : 920 c/s) et,
- sur un petit terre plein d'environ 60 m sur 15 m en face du portail d'entrée sur le site, de l'autre côté de la route. En bordure de ce terre plein, côté rivière, les niveaux sont élevés et un point chaud atteint **16 000 c/s** (point LB 6 : 24,3 µSv/h au contact).

2.2.4 Mesures radiométriques détaillées

Les principales mesures effectuées sont détaillées ci-dessous par secteur.

Intérieur du bâtiment des anciens ateliers occupé par Mr Favier

Sol bétonné : jusqu'à 270 c/s.

Caniveaux d'évacuation des eaux de lavage : jusqu'à 600 c/s.

Ancien emplacement de l'usine

Trajet en diagonale sur pelouse de l'entrée (portail : point P de la figure 2) vers le bâtiment de la société de pièces automobiles L..

Mesures DG 5, env. tous les 2 m : 175 à 200 c/s sur partie herbeuse,

150 à 175 c/s sur la cour goudronnée aux abords est du bâtiment de la société L.

Terrain occupé par Mr Favier et piste de karting (prospection rapide)

Pas de point chaud mis en évidence au cours d'une prospection rapide.

Le terrain a été débroussaillé et décapé lors de la création de la piste de karting (photographie 2022). Sur l'un des monticules de terre déblayée, des valeurs de l'ordre de 300-400 c/s sont mesurées.

Périmètre du terrain

Sur tout le périmètre du terrain : (voir repères sur le plan parcellaire en [figure 2](#)) ont été effectuées des mesures DG 5 au contact du sol, environ tous les 2 m, à env. 50 cm de la bordure, à l'intérieur du terrain :

A à B (du portail à l'angle sud-est) : 200 à 320 c/s.
Moyenne de A à B : 270 c/s (8 mesures).

B à C (bordure sud en limite terrain villa) : 210 à 290 c/s.
Moyenne de B à C : 250 c/s (8 mesures).

C à D (bordure sud en limite pré, jusqu'au droit du bâtiment de Mr Favier) : 240 à 370 c/s.
Moyenne C à D : 290 c/s (12 mesures).

D à E (bordure sud en limite pré, au droit des anciens ateliers) : 200 à **900 c/s**.
Moyenne D à E : 500 c/s (17 mesures).

E à F (bordure sud en limite pré, jusqu'à l'angle sud-ouest) : 180 à **800 c/s**.
Moyenne E à F : 380 c/s (32 mesures).

F à G (bordure ouest) : 500 à **3 600 c/s**.
Moyenne de F à G : 1 150 c/s (8 mesures).

G à I (bordure ouest) : 600 à **13 000 c/s** (point LB 8 : 16,9 µSv/h au contact).
Moyenne de G à I, bordure ouest : 3 140 c/s (49 mesures).
(*photographies 2032/2033*).

I à J : (angle nord ouest) : 400 à **2 800 c/s**.
J à K (bordure nord) : 1 000 à 7 800 c/s.
Moyenne de I à K : 2 040 c/s (16 mesures).

K à L (bordure nord) : 195 à **1 400 c/s**.
L à M (bordure nord jusqu'au terrain V.) : 230 à **1 100 c/s**.
Moyenne de K à M : 410 c/s (39 mesures).

M à N (bordure ouest du terrain V.) : 170 à 250 c/s.
N à O (bordure nord) : 190 à 280 c/s.
Moyenne de M à O : 200 c/s (27 mesures).

O à P (bordure est, le long de la route) : 220 à 400 c/s.
Moyenne de O à P : 300 C/S (22 mesures).



Photographie 2032 / point LB 8

Extension de la contamination dans les prés environnants

Dans le tableau T1 ci-dessous sont reportées les mesures effectuées dans le pré de pâture, en face des anciens ateliers (Favier) selon une perpendiculaire à D-E (cf. [figure 2](#)).

Tableau T1 / Mesures radiométriques dans un pré de pâture

Distance à la clôture (m)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Flux gamma DG 5 contact (c/s)	730	800	600	480	350	280	300	250	250

Distance à la clôture (m)	5	6	7	8	9	10	15	20
Flux gamma DG 5 contact (c/s)	250	240	240	240	230	230	220	200

Le long de la bordure du terrain de l'usine, de nombreuses autres zones des terrains environnants présentent des niveaux radiométriques élevés. Ceci est notamment le cas en bordure ouest du site, où les valeurs atteignent en plusieurs points **800 c/s**.

Sur cette bordure ouest, le terrain de l'usine est séparé du pré par une bande d'environ 2,5 – 3 m de broussailles située entre la clôture du site et la clôture du pré (photographies 2032/2033). Dans le pré, à env. 4 m du point LB 8 (cf. [figure 2](#)), le niveau est encore de **490 c/s**.

Bas côté de la route, côté terrain usine (domaine public)

Les mesures détaillées ci-dessous ont été réalisées à l'extérieur du site, à une distance de 0,5 à 1 m de la clôture.

Au niveau du terrain de l'usine, du portail à la limite du terrain Véritas.

De P à O, côté route : 220 à 400 c/s.

Moyenne de 27 mesures : 340 c/s (photographie 1814).

Devant bâtiment V., de la limite de propriété au portail V. : 300 à **2 000 c/s**.

Moyenne de 11 mesures : 920 c/s (photographies 1808/1809).

Entrée bâtiment V. : 300 à 500 c/s.

Du portail V. à la limite « bande Cogema » : 250 à 400 c/s.

Moyenne de 6 mesures : 330 c/s.

Devant la « bande Cogema » : 210 à **2 800 c/s**

Point particulièrement actif à 2 800 c/s sur petit monticule – environ 15 x 15 x 15 cm- de sables oranges.

Moyenne de 10 mesures : 600 c/s (photographie 1804).

Terre plein en face du portail usine (domaine public)

Voir photographies 1945PANO/1947 et 1950/1953/1954 sur point LB6.

Ce petit terre plein de 60 mètres sur 15 mètres, situé en bord de route (entre la route et le talus de la rive droite de l'Arroux) a été, selon Mr Favier, involontairement « décapé » récemment lors de travaux EDF (il a servi de lieu d'entreposage de graviers utilisés pour l'installation d'un transformateur et le terrain a été « raclé » lors de la reprise des matériaux).

Au sud, il jouxte une propriété, où sont implantées 2 caravanes et 1 cabanon habités (« les occupants ne pourraient obtenir de permis de construire, pour cause de radioactivité » - selon une information collectée par M. André Paris en 2003 auprès d'un occupant des caravanes).

Les valeurs les plus élevés sont mesurées en bordure du terre plein, côté rivière, et dans l'angle nord, non « décapé ».

Le long de la bordure côté rivière, mesures tous les mètres : 280 à **16 000 c/s**

Point LB 6 : 24,3 µSv/h au contact.

Moyenne de 47 mesures : 1 800 c/s.

Bordure côté terrain des caravanes habitées : 280 c/s.

Longitudinale (parallèle à la bordure côté rivière et à la route), à mi-distance route-bordure, mesures tous les mètres, à 1 m du sol : 250 à **1 100 c/s**.

Moyenne de 38 mesures : 450 c/s.

Transversale au milieu du terrain, de la bordure côté rivière à la route, mesures tous les mètres : 400 à **1 500 c/s**.

Moyenne de 9 mesures : 700 c/s.

Transversale à 1 mètre de la clôture du terrain caravanes, de la bordure côté rivière à la route, mesures tous les mètres : 200 à **1 100 c/s**.

Moyenne de 12 mesures : 420 c/s.

Talus de berge de l'Arroux en face de l'usine

Prospection rapide, sur 150 mètres environ, domaine accessible au public.

(Photographies 1806/1812 et 1817 à 1822)

Le talus (d'accès difficile) présente des niveaux élevés en plusieurs points. Des valeurs atteignant 1 300 c/s dans la pente du talus et **3 600 c/s** en bord de route ont été mesurées.

Au débouché des canalisations en provenance de l'usine, les valeurs ne semblent pas contraster avec les niveaux mesurés dans le talus.

2.3 Parking du stade de football

Ce secteur est situé dans le « domaine accessible au public ». Le terrain appartenait à la COGEMA, aurait été cédé à la commune puis racheté par la COGEMA.

Le plan COGEMA « Usine de Gueugnon, déclassement » fait apparaître la mention « Commune, vendu par Cogema » à l'emplacement du parking utilisé pour le stade de football et pour le parcours de santé (figure 3 ci-dessous).

D'après les informations collectées sur place, ce terrain faisait anciennement partie de la décharge et **accueillait les résidus en provenance de l'usine**. Pour permettre la création du parking, il semble que les résidus aient été déplacés et le terrain plus ou moins décapé.

Pendant l'exploitation de l'usine, les résidus étaient déversés jusqu'en proximité directe de l'actuelle route (qui n'existait pas à l'époque et qui a été tracée sur l'emplacement d'une ancienne voie ferrée)¹.

Sur l'ensemble du parking, l'absence de revêtement goudronné rend fortement probable l'envol de poussières par temps sec.

(Photographies 1677 à 1682 / 1689 à 1704 / 1705 à 1730 : vues à partir des tribunes / 1736 à 1760 / 1771 à 1796 / 1858 à 1871 / 1826 à 1836 / 1970 à 2011 : nocturnes arrivée public match de foot).

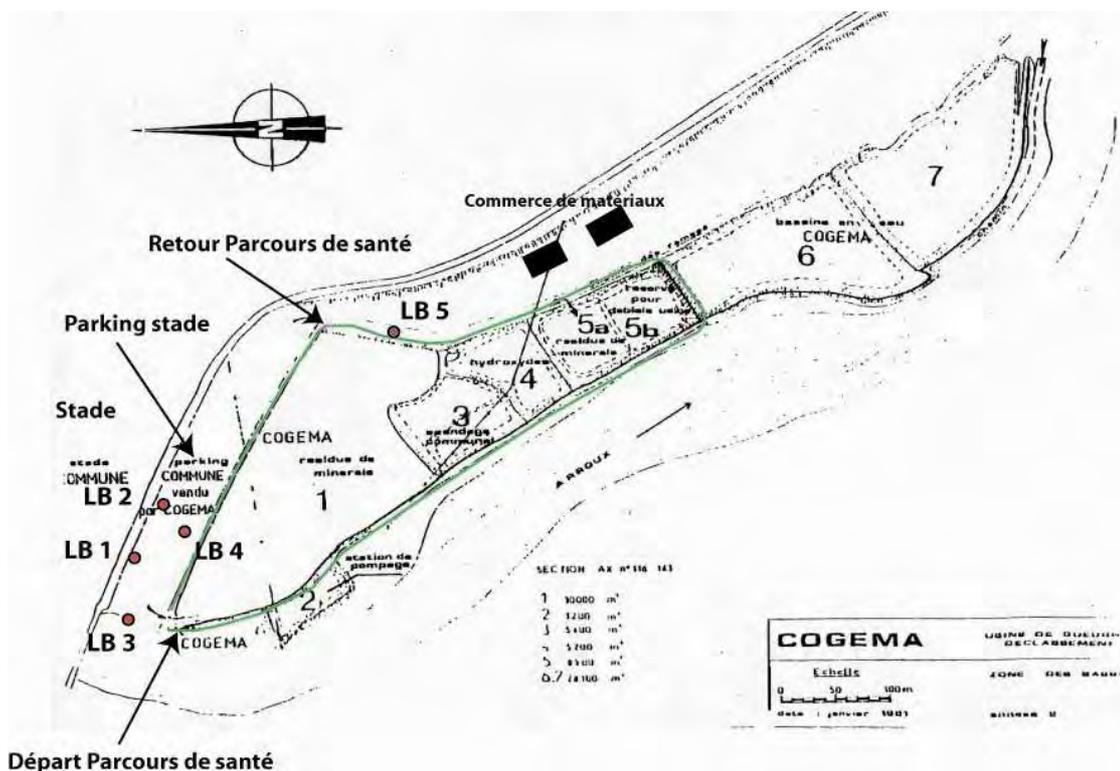


Figure 3 : stockage des résidus de l'usine, parking du stade, parcours de santé (en vert)

¹ Informations collectées par Christian Courbon auprès des occupants actuels des anciens ateliers de l'usine. D'après ces derniers, il semble possible que ces déchets aient été utilisés comme matériaux par des particuliers et des entreprises.

2.3.1 Synthèse des mesures radiométriques

Mesures effectuées au moyen du scintillomètre DG 5 au contact du sol, sauf indications contraires.

L'ensemble du parking présente des niveaux nettement supérieurs à celui d'un environnement non perturbé (170 c/s au point de référence LB 7). En effet, les valeurs minimales sont de l'ordre de 400 c/s et les valeurs moyennes de trois parcours transversaux s'établissent à **1 390, 770 et 940 c/s** (890, 680 et 570 c/s en excluant les points chauds).

Les valeurs maximales concernent, d'une part, la partie du terrain bordant la route (Il semble que la présence de la route n'ait pas permis de réaliser ici un « décapage » sur la même épaisseur que pour le reste du terrain) et, d'autre part, le talus à l'ouest du parking, en bordure de l'Arroux.

En **bordure de route**, la valeur moyenne de 52 mesures sur la bande du parking s'établit à **1 240 c/s** (photographies 1747 à 1760). On remarque notamment des points chauds atteignant **3 900 c/s** au pied des lampadaires éclairant la route (anomalies radiométriques probablement dues au creusement du terrain lors de leur implantation) / (photographies 1756/1757/1786/1787).

De l'autre côté de la route, côté stade, le niveau est de 250-300 c/s sur le trottoir le long de la grille.



Photographie 1747 / bordure route-parking (secteur à 1 240 c/s en moyenne)

Mesures en statique effectuées sur le parking

Sur le parking, le point LB 1 (3,43 $\mu\text{Sv/h}$ au contact) correspond à un point « actif » (3 900 c/s), en bordure de route, au pied du premier lampadaire en partant de l'Arroux (photographies 1858/1860). Un échantillon de sol a été prélevé à cet emplacement.

Le point LB 2 (0,56 $\mu\text{Sv/h}$ au contact) est un « point moyen » à 740 c/s situé à 8 m de la route (photographies 1865/1866/1867/1869/1871). Un échantillon de sol a été prélevé à cet emplacement.

Le point LB 4 (débit de dose : 3,70 $\mu\text{Sv/h}$ au contact) est un point « actif » situé dans une zone centrale du parking (3700 c/s).



Photographies 1692 et 1858 / Point LB1

Mesures en statique effectuées sur le talus côté Arroux

Le talus délimitant le parking côté ouest, en bordure de l'Arroux présente également des niveaux élevés.

Voir photographies 1694/1697/1700/1703/1704 ; 1926/1932/1934/1936 sur point chaud LB3 et 2002/2003/2005 : utilisation nocturne.

Ce talus forme une digue en rive gauche de l'Arroux. Il est partiellement recouvert d'une pelouse et semble être constitué (tout au moins en partie) par des résidus de l'usine d'extraction, plus ou moins recouverts d'humus. Ces **sables de couleur orangée** sont visibles en plusieurs endroits (ph. 1694/1697 et 1936).

Les niveaux radiométriques sont particulièrement élevés à leur contact (jusqu'à **5 100 c/s**). Ces sables sont également présents en descendant le talus vers l'Arroux, où l'on remarque une certaine **érosion**.

Notons que la pelouse du talus, située non loin du départ du parcours de santé, peut constituer un lieu de repos (ombragé). Les niveaux les plus élevés sont remarqués au pied des arbres poussant sur ce talus.

Le point LB 3 (point chaud à 5 100 c/s ; 4,43 $\mu\text{Sv/h}$ au contact) est situé au pied de l'un de ces arbres. L'échantillon prélevé (2 strates) est de consistance sableuse et de couleur orangée (ph. 1926/1932/1934/1936).



Photographies 1703 et 1934 / Point LB 3

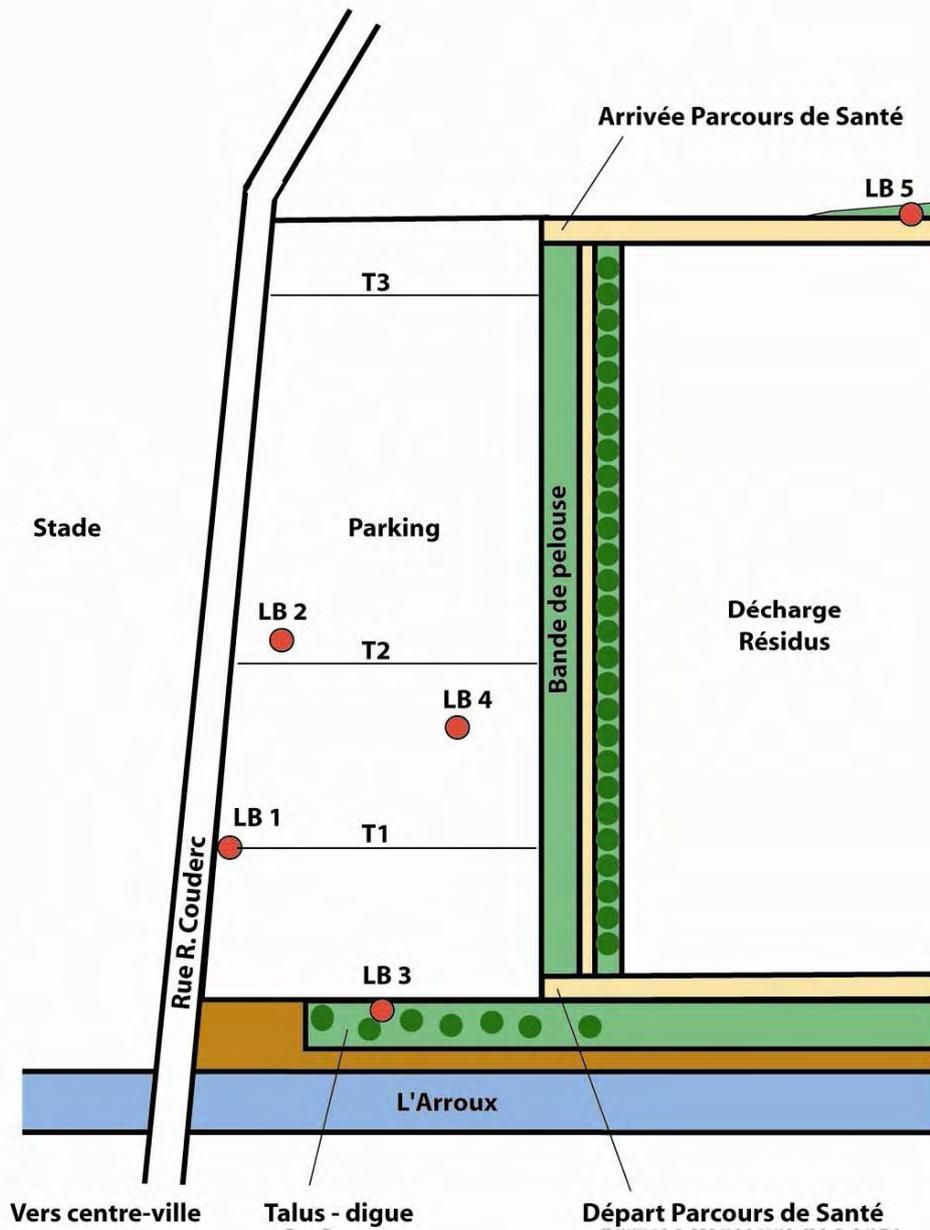


Figure 4 : schéma du parking du stade, points de mesure et de prélèvement

2.3.2 Mesures radiométriques détaillées

Les principales mesures effectuées sont détaillées ci-dessous par secteur

Bordure du parking côté stade (nord), à env. 1 m –1,5 m de la route

Mesures tous les 1 à 2 m : 250 à **3 900 c/s** (point LB 1 : 3,43 μ Sv/h au contact).

Moyenne de 52 mesures : 1 240 c/s.

Bordure du parking côté stockage résidus (sud)

A environ 1m –1,5 m de la bande de pelouse.

Mesures environ. tous les 5 mètres : 340 à **1 900 c/s**.

Moyenne de 20 mesures : 800 c/s.

Transversale n°1 au niveau du 1er lampadaire (figure 4)

Mesures environ tous les 5 mètres : 400 à **3 900 c/s**.

Moyenne de 6 mesures : 1 390 c/s et moyenne hors « point chaud » : 890 c/s.

Transversale n°2 au niveau du 3ème lampadaire (figure 4)

Mesures environ tous les 5 mètres : 500 à **1 450 c/s**.

Moyenne de 7 mesures : 770 c/s et moyenne hors « point chaud » : 680 c/s.

Transversale n°3 au niveau du 6ème lampadaire (figure 4)

Mesures environ tous les 5 mètres : 480 à **2 800 c/s**.

Moyenne de 6 mesures : 940 c/s et moyenne hors « point chaud » : 570 c/s.

Sud du parking (côté résidus)

Bande de pelouse entre le parking et la piste du parcours de santé : 270 à 320 c/s (mesures ponctuelles).

Piste du parcours de santé (jonction départ - arrivée) : 280 à 350 c/s (mesures ponctuelles).

Entre la piste du parcours de santé et la clôture de l'entreposage des résidus

240 à 260 c/s (mesures ponctuelles).

Talus ouest en bordure de l'Arroux.

Secteur très actif, qui semble être constitué de sables oranges recouverts d'humus. On observe de nombreuses zones actives de plusieurs mètres carrés supérieures à 1 000 c/s avec présence de « points chauds » jusqu'à **5 100 c/s** au point LB 3 (4,43 μ Sv/h au contact).

Sur les berges de l'Arroux constituées du même matériau, on mesure jusqu'à **2 200 c/s** dans une zone d'érosion de la berge (prospection rapide et limitée).

En sortie d'une buse (vraisemblablement de drainage du parking) : **1 300 c/s** (valeur ne se démarquant pas du reste de la berge) (photographies 1778/1779).

Intérieur du stade

Le stade n'a pas été contrôlé à l'exception d'une mesure ponctuelle au pied de la tribune sud-ouest : sol pelouse : 210-220 c/s et gravier 260 c/s.

Trottoir le long du grillage du stade : 250-300 c/s.



**Photographie 1683 / départ du parcours de santé et entrée de la décharge
(1 300 c/s au starting bloc)**



Photographie 1940 / Point LB 5 (parcours de santé).

2.4 Parcours de santé

Ce secteur est situé dans le « domaine public ».

Le tracé du parcours de santé suit précisément le pourtour de la décharge contenant les résidus (figure 3). Le départ et l'arrivée du parcours sont situés sur le parking du stade.

Une clôture (fil de fer barbelé), facilement franchissable en certains endroits, entoure le site de stockage (photographies 1686/1689).

Aucune pancarte indiquant la présence d'un stockage de déchets radioactifs ou formulant une interdiction quelconque n'est présente sur les abords du site.

2.4.1 Mesures radiométriques détaillées

Les principales mesures effectuées sont détaillées ci-dessous par secteur.

Mesures effectuées au moyen du scintillomètre DG 5 au contact du sol, sauf indications contraires.

Départ du parcours de santé, côté rivière : jusqu'à 1 300 c/s

(Photographies 1683 à 1691 / 1700/1703 / 1785 / 1835/1836 / 1876).

Section côté rivière (côté ouest)

Gamme de valeurs : 150 à 500 c/s ; valeurs couramment mesurées : 220 – 250 c/s.

(Photographies 1841Pano / 1849Pano / 1852Pano / 1875 / 1885Pano / 1889 / 1894 / 1897).

La plupart des mesures ont été réalisées sur le bas côté du sentier (côté clôture)

Les zones les plus actives (450-500 c/s) ont été rencontrées aussi bien en bordure de clôture, que du côté rivière (450-500 c/s sont mesurés en bordure du lit sur certaines zones). On remarque par endroits le sapement de la berge (photographies. 1881/1882).

De nombreux terriers de lapins sont visibles le long du parcours de santé dans le terrain de la décharge (photographie. 1892).

Section sud

Entre la décharge clôturée et les bassins non clôturés : 160 à 200 c/s.

(Photographies. 1898 / bassin : 1900 et 1909 / 1903 / 1906)

Aucune anomalie radiométrique n'est repérée en bordure du bassin (quelques mesures seulement).

Section côté route (côté est)

Gamme de valeurs : 270 à 2 100 c/s.

(ph. 1907/ 1910 à 1921 et 1938 à 1943 au point LB5)

Il s'agit de la section la plus « active » du parcours de santé : valeurs couramment mesurées : de l'ordre de 400 à 600 c/s.

Les terrains situés entre le sentier et la route sont occupés par une (des) entreprise(s) de commerce de matériaux pour bâtiment et travaux publics. L'un des bâtiments est délabré. Il pourrait s'agir d'une ancienne usine de fabrication de matériaux et/ou des

locaux d'une sablière (photographies 1906/1907). Il serait utile de procéder à des contrôles au niveau de ce bâtiment.

Les bordures du sentier présentent des valeurs plus élevées que son milieu (tant la bordure côté clôture de la zone de stockage, que la bordure côté route).

A environ 90 m du retour du parcours de santé sur le parking du stade, sur une petite pelouse, une zone d'une dizaine de mètres carrés présente des niveaux de 700 à **2 100 c/s**. Elle est située en bordure du sentier, côté route, dans une petite dépression, à 2 m sud d'un regard de canalisation qui semble suivre le sentier. Les niveaux plus élevés rencontrés sur cette section du sentier pourraient être liés aux travaux de creusement réalisés lors de la pose de cette canalisation.

Le prélèvement LB 5 est réalisé sur le point à 2 100 c/s (1,88 μ Sv/h au contact). (Photographies 1938 à 1943).

Un **dosimètre de site** (film) est implanté sur le site de stockage, en bordure du sentier, quelques dizaines de mètres avant l'arrivée du parcours de santé (photographie 1769).

Arrivée du parcours de santé sur le parking.

Gamme de valeurs : 400 à 600 c/s.

(Photographies 1766/1769 / 1921).

La zone du parking en proximité de l'arrivée du parcours de santé est active (jusqu'à **1 050 c/s**).

On mesure des valeurs élevées à l'entrée du chemin accédant au terrain servant de lieu de stockage pour l'entreprise de commerce de matériaux (550 et 700 c/s).



Photographie 1910 / bordure parcours de santé, limite commerce de matériaux (500 à 800 c/s).

3 Mesures de débit de dose et analyses de sol

Comme indiqué ci-dessus, des mesures de débit d'équivalent de dose ont été effectuées en 8 stations.

Les résultats sont reportés dans le [tableau T2 ci-dessous](#). Les valeurs de débit de dose indiquées dans ce tableau correspondent à une moyenne de 3 mesures successives de 100 secondes.

En 7 de ces 8 stations ont été effectués en outre des échantillonnages de sol.

Tableau T2 / résultat des mesures de débit de dose et localisation des prélèvements de sol

Code Échantillon	Localisation	Nature / couleur	Prélèvement Surface / profondeur (cm)	Mesures en statique au contact		Mesures en statique à 0,5 m	Mesures en statique à 1 m	
				Flux gamma DG 5 (c/s)	Débit de dose LB (µSv/h)	Débit de dose LB (µSv/h)	Flux gamma DG 5 (C/S)	Débit de dose LB (µSv/h)
LB 1	Parking stade / Nord-ouest / bordure de la route (env. 3 m) / au pied du 1er lampadaire	sables moyens orange	10x10 / 0-10	3900-4000	3,43	1,64	1 550	1,23
LB 2	Parking du stade / face tribunes / 8m de la route / au niveau du 3ème lampadaire	sables moyens orange	10x10 / 0-2	740	0,56	0,53	660	0,52
LB 3 A	Talus parking du stade / env. 10m Arroux / env. 20m de la route / au pied d'un arbre	sables fins orange	Tanière 0-10	5 100	4,43	1,81	1 650	1,19
LB 3 B	idem	sables fins orange	Tanière 5-15	idem	idem	idem	idem	idem
LB 4	Parking stade / point chaud / env.15m bord sud / env.100m rivière	pas de prélèvement	pas de prélèvement	3 700	3,70	-	-	-
LB 5	Parcours de santé / sud-est parking / env. 90 m sortie / env. 40 m route / dépression sur le chemin / à 2m regard canalisation	Terre (sables + argiles) marron	Tanière 0-10	2 100	1,88	0,92	900	0,63
LB 6	Terre plein bord de route face usine / bordure nord coté rivière / partie du terre plein non "décapé" / PC à 6m route / env. 5m rivière	Terre sableuse marron foncé	Tanière 0-15	16 000	24,3	4,8	2 800	2,37
LB 7 REF	4,1 km sud-ouest église de Gueugnon / 3,1 km sud-ouest usine / lieu-dit les Ganses / broussailles bordure d'un pré en bordure de la RD 238	Terre marron clair	Tanière 0-15	170	0,18	0,19	150	0,17
LB 8	Usine / bordure ouest du terrain (coté intérieur) / au niveau clôture	Terre marron / présence de fragments brillants (micas ?)	Tanière 0-15	13 000	16,9	8,2	5 400	4,8

3.1 Risques liés à l'exposition externe

On constate que les débits d'équivalent de dose au contact du sol peuvent être élevés en certaines stations, atteignant plusieurs microSieverts par heure (parking du stade, parcours de santé), voire plus de 10 microSieverts par heure (secteur de l'ancienne usine).

Le débit d'équivalent de dose à 1 mètre du sol est en de nombreux points supérieur à 1 microSievert par heure, soit plus de 5 fois le niveau « naturel » et il atteint 4,8 microSieverts par heure, soit plus de 28 fois le niveau naturel, au droit du point LB 8 (bordure du terrain de l'ancienne usine).

3.2 Présence de déchets radioactifs dans l'environnement

Les résultats des analyses par spectrométrie gamma effectuées au laboratoire de la CRIIRAD sur les sols prélevés en janvier 2005, sont reportés dans [les tableaux T3 et T4](#) ci-après.

Il s'agit des résultats bruts non corrigés de l'auto-atténuation ce qui peut conduire à sous-estimer l'activité des émetteurs gamma à basse énergie, en particulier les plomb 210, thorium 234 et thorium 230.

Référence

L'activité du sol de référence est de l'ordre de 68 à 100 Bq/kg pour l'uranium 238 et ses descendants. La chaîne de l'uranium 238 y est en équilibre (aux marges d'incertitude près) et les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur que la moyenne de l'écorce terrestre (40 Bq/kg) et inférieurs aux valeurs typiquement observées dans les granites (200 Bq/kg).

Sols contaminés

On observe par contre de fortes anomalies dans les chaînes de l'uranium 238 (et 235) pour :

- les sols LB1, LB3 (strates A et B) et LB 5, en rive gauche de l'Arroux

Ces échantillons ont été prélevés dans le secteur du parking du stade, respectivement en bord de route (au pied d'un lampadaire), dans le talus du parking sur la berge de l'Arroux, et sur le parcours de santé. Pour ces échantillons on observe un net excès de radium 226 par rapport à l'uranium 238 et des activités en radium 226 supérieures à **10 000 Bq/kg**. Ces matériaux présentent les caractéristiques de **résidus d'extraction** de l'uranium.

Note : le sol LB2 est particulier en ce sens que l'activité de la chaîne de l'uranium 238 n'est pas très élevée (moins de 200 Bq/kg), par contre celle de la chaîne du thorium 232 est une des plus élevées parmi les échantillons contrôlés (180-190 Bq/kg). Il est probable que les strates sous-jacentes soient plus actives.

- Les sols LB 6 et LB 8, en rive droite de l'Arroux

Ces échantillons ont été prélevés respectivement sur le terre plein en face de l'ancienne usine (à 5 mètres des rives de l'Arroux) et à la clôture en bordure ouest du terrain de l'ancienne usine.

Ils présentent des activités très élevées en uranium 238 et descendants (radium 226 : **40 000 à 89 000 Bq/kg**).

On observe pour LB 6 un léger déséquilibre dans la chaîne de l'uranium 238 et 235 qui pourrait évoquer un résidu de lixiviation statique.

Pour LB 8, la chaîne est à l'équilibre, aux marges d'incertitude près. Il s'agit a priori d'un matériau contenant du minerai d'uranium y compris des fragments (cailloux dont l'activité massique est très élevée : **678 000 Bq/kg** pour le radium 226).

**T3 / RESULTATS DES ANALYSES EN SPECTROMETRIE GAMMA
EFFECTUEES PAR LE LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**

Code CRIIRAD	130105A7	130105A1	130105A2	130105A3	130105A4
Code prélèvement	LB 7 Référence	LB 1	LB 2	LB 3 A	LB 3 B
Lieu de prélèvement	Prairie, 4,1 km sud-ouest église de Guegnon / 3,1 km sud-ouest usine / lieu-dit les Ganses	Parking stade / Nord-ouest / 3 m Bordure de route / Pied 1er Lampadaire	Parking du stade / Face tribune / 8 m de la route / 3eme lampadaire	Talus parking du stade / env. 10 m Arroux / Env. 15 m de la route (pied arbre)	Idem LB3A
Nature de l'échantillon	Terre marron clair	Sables moyens orange	Sables moyens orange	Sables fins orange	Sables fins orange
Profondeur	0-15 cm	0-10 cm	0-2 cm	0-10 cm	5-15 cm
N° analyse	21686	21688	21682	21683	21687
Géométrie	C P	C P	C P	C P	C P
Etat frais (F) ou sec (S)	s	s	s	s	s
Masse analysée (g)	66,04	96,02	92,89	78,03	81,79
Temps de comptage (s)	29 660	30 960	32 668	52 980	54 520
TMS	81,88%	90,61%	93,66%	85,19%	88,30%
Date de la mesure	28/02/2005	01/03/2005	24/02/2005	24/02/2005	28/02/2005
Date d'échantillonnage	11/01/2005	11/01/2005	11/01/2005	11/01/2005	11/01/2005

Naturels	Energie (KeV)	Résultats exprimés en Becquerel par kilogramme					
Chaîne de l'uranium 238							
Th234*	63,3	104 ± 40	980 ± 230	84 ± 35	640 ± 140	1 250 ± 220	
Th230*	67,7	< 167	7 100 ± 2 000	< 213	4 700 ± 1 300	9 800 ± 2 000	
Ra226**	186,1	68 ± 13	18 450 ± 1 900	150 ± 21	9 650 ± 1 000	17 400 ± 1 800	
Pb214	351,9	68 ± 12	19 300 ± 2 000	155 ± 22	10 100 ± 1 050	18 300 ± 1 900	
Bi214	609,3	68 ± 13	17 600 ± 1 800	145 ± 21	9 200 ± 950	16 500 ± 1 700	
Pb210*	46,5	71 ± 30	18 400 ± 2 000	174 ± 42	8 300 ± 920	15 900 ± 1 700	
Chaîne de l'uranium 235							
U235	163,4	< 18	< 77	< 15	< 47	< 60	
Pa231	283,7	< 53	1 120 ± 580	< 47	< 146	1 200 ± 500	
Th227	256,2	< 13	2 530 ± 360	< 11	510 ± 120	910 ± 180	
Ra223	323,9	< 23	1 210 ± 270	< 20	730 ± 170	1 100 ± 250	
Rn219	401,7	< 15	1 060 ± 250	< 13	360 ± 90	950 ± 220	
Pb211	831,9	< 31	1 060 ± 350	< 29	590 ± 180	1 080 ± 270	
Chaîne du thorium 232							
Ac228	911,2	55 ± 16	28 ± 22	181 ± 29	72 ± 25	56 ± 31	
Pb212	238,6	77 ± 13	47 ± 35	195 ± 26	19 ± 7	42 ± 28	
Tl208	583,0	28 ± 6	23 ± 12	62 ± 9	23 ± 9	15 ± 9	
K40	1 460,8	1 132 ± 174	955 ± 178	1 343 ± 184	966 ± 160	666 ± 146	
Be7	477,6	< 11	< 39	< 8	< 24	< 31	

Artificiels	Energie (KeV)						
Cs137	661,6	16,9 ± 4,0	< 5,0	< 1,2	< 3,3	< 11,5	
Cs134	604,7	< 1,3	< 4,7	< 1,1	< 2,9	< 3,8	
Co58	810,8	< 2,0	< 7,6	< 1,6	< 4,5	< 6,1	
Co60	1 332,5	< 1,3	< 4,7	< 1,1	< 3,0	< 3,8	
Mn54	834,8	< 1,6	< 5,6	< 1,4	< 3,5	< 4,4	
I131	364,5	< 77,7	< 347,9	< 46,4	< 142,3	< 260,3	
Ce144	133,5	< 7,0	< 33,3	< 6,3	< 20,0	< 26,0	
Ag110m	657,7	< 1,5	< 5,0	< 1,2	< 3,1	< 4,0	
Am241*	59,5	< 1,7	< 9,8	< 1,8	< 5,9	< 7,6	
I129*	29,6	< 1,7	< 7,2	< 1,5	< 4,5	< 5,8	
Ru106	621,9	< 13,7	< 44,2	< 11,4	< 27,7	< 34,8	

* : S'agissant de raies gamma à basse énergie (<100 keV), les valeurs publiées constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.

** : Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants Plomb 214 et Bismuth 214 à l'équilibre.

**T4 / RESULTATS DES ANALYSES EN SPECTROMETRIE GAMMA
EFFECTUEES PAR LE LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**

Code CRIIRAD	130105A5	130105A6	130105A8	130105A8A
Code prélèvement	LB 5	LB 6	LB 8	LB 8 A
Lieu de prélèvement	Parcours de santé / Sud-est parking / env. 90 m sortie / env. 40 m route / dépression chemin / à 2m regard canalisation	Terre plein (non décapé) 6 m bord de route face usine / bordure nord à 5 m rivière	Usine / bordure ouest du terrain (côté intérieur) au niveau clôture	Extrait de LB 8
Nature de l'échantillon	Terre (sable + argile) marron	Terre sableuse marron foncée	Terre marron	Cailloux fraction supérieure à 2 mm
Profondeur	0-10 cm	0-15 cm	0-15 cm	0-15 cm
N° analyse	21684	21690	21680	21666
Géométrie	C P	C P	C P	C SP
Eat frais (F) ou sec (S)	s	s	s	f
Masse analysée (g)	75,53	76,29	60,61	4,68
Temps de comptage (s)	27 060	35 320	28 610	29 200
TMS	84,15%	85,25%	81,72%	100,00%
Date de la mesure	25/02/2005	02/03/2005	23/02/2005	08/02/2005
Date d'échantillonnage	11/01/2005	11/01/2005	12/01/2005	12/01/2005

Naturels	Energie (KeV)
----------	---------------

Chaîne de l'uranium 238

Th234*	63,3	1 900 ± 320	24 500 ± 2 700	88 100 ± 9 300	476 200 ± 50 200
Th230*	67,7	13 500 ± 2 500	73 600 ± 9 500	120 000 ± 16 000	806 000 ± 101 000
Ra226**	186,1	10 850 ± 1 150	43 050 ± 4 400	89 300 ± 9 050	678 000 ± 69 000
Pb214	351,9	11 400 ± 1 200	45 300 ± 4 600	93 900 ± 9 500	716 000 ± 73 000
Bi214	609,3	10 300 ± 1 100	40 800 ± 4 200	84 700 ± 8 600	640 000 ± 65 000
Pb210*	46,5	10 100 ± 1 150	31 450 ± 3 400	55 000 ± 5 900	160 000 ± 18 000

Chaîne de l'uranium 235

U235	163,4	- < 71	1 500 ± 310	5 300 ± 860	49 000 ± 7 100
Pa231	283,7	495 ± 250	3 700 ± 1 150	4 900 ± 1 900	66 000 ± 16 000
Th227	256,2	670 ± 180	3 300 ± 520	5 600 ± 900	56 500 ± 8 000
Ra223	323,9	730 ± 230	3 350 ± 580	6 100 ± 1 100	56 700 ± 9 300
Rn219	401,7	700 ± 210	3 500 ± 600	6 000 ± 1 100	63 000 ± 9 500
Pb211	831,9	650 ± 230	3 400 ± 690	5 500 ± 1 300	65 000 ± 12 000

Chaîne du thorium 232

Ac228	911,2	103 ± 35	- < 31	- < 56	- < 423
Pb212	238,6	104 ± 39	75 ± 57	- < 25	- < 165
Tl208	583,0	34 ± 13	21 ± 18	< 89	- < 110

K40	1 460,8	1 110 ± 220	1 132 ± 248	894 ± 335	< 1 114
Be7	477,6	< 36	< 62	< 36	< 861

Artificiels	Energie (KeV)
-------------	---------------

Cs137	661,6	< 4,7	< 8,3	< 15,3	< 118
Cs134	604,7	< 4,5	< 65,4	< 14,4	< 807
Co58	810,8	< 6,9	< 12,9	< 22,0	NM
Co60	1 332,5	< 4,7	< 7,7	< 13,9	NM
Mn54	834,8	< 5,2	< 9,1	< 16,6	NM
I131	364,5	< 230	< 611	< 559	NM
Ce144	133,5	< 30,2	< 54,4	< 94,6	NM
Ag110m	657,7	< 4,6	< 34,2	< 15,2	NM
Am241*	59,5	< 8,9	< 3,9	< 29,1	NM
I129*	29,6	< 6,9	< 12,2	< 22,2	NM
Ru106	621,9	< 41,5	< 73,9	< 136,4	NM

* : S'agissant de raies gamma à basse énergie (<100 keV), les valeurs publiées constituent des valeurs par défaut, compte tenu des phénomènes d'autoatténuation possibles au sein de l'échantillon.

** : Le Radium 226 est évalué à partir de ses descendants Plomb 214 et Bismuth 214 à l'équilibre.

4 Conclusion

En conclusion, le laboratoire de la CRIIRAD a identifié aux abords de l'ancienne usine CEA-COGEMA de Gueugnon et de la zone de stockage des déchets, dans le domaine public, de nombreux secteurs où la présence de déchets radioactifs induit, parfois sur plusieurs mètres carrés des valeurs de débit de dose supérieures à 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ (à 1 mètre de hauteur) et par conséquent un débit de dose ajouté supérieur à 0,3 $\mu\text{Sv/h}$ (si l'on estime le bruit de fond naturel à 0,17 $\mu\text{Sv/h}$).

Ces cas concernent, par exemple, le parking du stade de football, le parcours de santé, les berges de l'Arroux, les abords de l'ancienne usine.

Dans tout cet environnement, se trouvent des secteurs où, du seul fait de l'exposition externe, 1 000 heures de présence peuvent conduire à une exposition ajoutée supérieure à la contrainte de dose de 300 microSieverts par an (calculée en sommant les contributions de toutes les voies d'exposition, cf. [annexe 1](#)).

En certains sites accessibles au public (cas du parking du stade du terrain de football et des abords de l'ancienne usine), l'exposition externe à 1 m au dessus du sol est même par endroits supérieure à 1 $\mu\text{Sv/h}$. L'exposition ajoutée est donc supérieure à 0,8 $\mu\text{Sv/h}$. Dans ces cas, du seul fait de l'irradiation externe :

- quelques heures par an conduisent à dépasser le seuil du risque négligeable (10 microSieverts par an au sens de la directive Euratom 96 / 29). A titre d'exemple, dans le cas du parking du stade du terrain de football, le débit de dose mesuré à 1 mètre de hauteur au droit du 1^{er} lampadaire est de 1,23 microSieverts par heure. Il suffit donc de stationner 10 heures en ces lieux pour recevoir une irradiation supérieure au seuil du risque négligeable de 10 microSieverts par an.
- Un peu plus d'une heure de présence par jour conduit à une exposition supérieure à la contrainte de dose de 300 microSieverts par an,
- 1 300 heures de présence annuelle conduisent à une exposition inacceptable au sens de la directive Euratom 96/29 (supérieure à 1 000 microSieverts par an).

Ces matériaux radioactifs ne devraient pas se trouver dans l'environnement accessible au grand public. Leur présence démontre la grave insuffisance des travaux de réaménagement qui ont été réalisés par l'ancien exploitant (COGEMA) et l'insuffisance du dispositif de surveillance. Un assainissement complémentaire des terrains doit être envisagé.

Les contrôles radiométriques et analyses effectuées par le laboratoire de la CRIIRAD ne constituent qu'un premier niveau d'investigation.

Des recherches complémentaires sont nécessaires afin de :

- systématiser les relevés afin de disposer d'une cartographie complète des zones contaminées,
- vérifier le statut juridique du site (le classement sous la rubrique 167 b de la nomenclature des ICPE est incorrect et l'activité des déchets répertoriée par l'ANDRA sur la base des déclarations de l'exploitant suggère un défaut de classement en INB).
- vérifier les études d'impact et de danger qui ont permis l'installation d'un stockage de déchets radioactifs de très longue période physique en bordure d'un cours d'eau.
- établir les responsabilités respectives de l'exploitant, de l'administration, de l'ASN, de l'IRSN et de l'ANDRA dans la gestion incorrecte du site.
- Déterminer les niveaux de risques effectifs actuels, à partir des niveaux de risque potentiels et du recensement des utilisations et du taux de fréquentation des secteurs affectés. Il conviendra de déterminer si des matériaux radioactifs ont pu être disséminés à grande distance (réutilisation par des entreprises).

Ce travail sera poursuivi par la CRIIRAD dans la mesure de ses moyens financiers et des nombreux autres dossiers prioritaires.

ANNEXE 1

NOTIONS DE BASE SUR LA RADIOACTIVITE ET LA RADIOPROTECTION

1 / Notions de doses et de risques sanitaires liés à l'exposition aux rayonnements ionisants

Les activités minières sont susceptibles d'avoir disséminé dans l'environnement des radionucléides associés au minerai d'uranium.

Cette pratique a pu, et peut encore, conduire à une exposition aux rayonnements ionisants très supérieure au niveau de rayonnement naturel (appelé aussi « *bruit de fond* »). Cette exposition est due au fait que les radionucléides de la chaîne de l'uranium 238 émettent en se désintégrant des rayonnements ionisants (alpha, bêta, gamma) qui traversent les tissus du corps humain et y cèdent une certaine quantité d'énergie (voir en [Annexe 2](#), les types de rayonnements émis par exemple par l'uranium 238 et ses 13 descendants).

Dans la mesure où ces radionucléides sont d'origine naturelle, l'impact des activités minières, c'est-à-dire l'exposition ajoutée par rapport au niveau initial naturel de radiation est difficile à déterminer. Il convient en effet de préciser l'état radioécologique initial avant le démarrage de l'exploitation minière. Lorsque ces données ne sont pas disponibles, on utilise des mesures récentes effectuées dans l'environnement naturel, hors influence de la mine, pour évaluer le niveau de rayonnement naturel (appelé aussi « *bruit de fond* »).

Les **principaux radionucléides naturels d'origine tellurique** sont :

- L'uranium 238 et ses 13 descendants radioactifs,
- L'uranium 235 et ses 10 descendants radioactifs,
- Le thorium 232 et ses 10 descendants radioactifs.
- Le potassium 40.

Les chaînes de désintégration sont présentées en [Annexe 2](#).

L'activité d'un radionucléide donné, c'est-à-dire le nombre de désintégrations par seconde est exprimée en **Becquerel (Bq)**. Un Bq = une désintégration par seconde.

Dans un sol ou un minerai naturel, les radionucléides des différentes chaînes de désintégration (uranium 238, uranium 235 et thorium 232) sont en général à l'équilibre au sein de leur chaîne. C'est-à-dire que l'activité massique de chacun des descendants est égale à celle du père de la chaîne (par exemple, l'activité du radium 226 est égale à celle de l'uranium 238).

Les radionucléides se désintègrent en émettant principalement :

- une **particule alpha** (cas de l'uranium 238, du thorium 232, etc..). Une particule alpha est un noyau d'hélium, ion positif, constitué de 2 protons et de 2 neutrons. Dans le cas d'une désintégration de type alpha, l'atome engendré par cette transmutation a 2 protons et 2 neutrons de moins que son précurseur. L'uranium 238 devient ainsi du thorium 234 ; le thorium 232 devient du radium 228.

- un **électron bêta** (cas du thorium 234, de l'actinium 228, etc..). Dans ce cas, un neutron se transforme en proton suivi de l'éjection d'un électron. Le produit de cette transmutation a conservé le même nombre de masse que son précurseur, mais son numéro atomique est incrémenté d'une unité. Le thorium 234 devient ainsi du protactinium 234^m , et l'actinium 228 du thorium 228.
- A l'issue de la désintégration de type alpha ou bêta, le radionucléide créé peut dans certains cas se désexciter par émission de **rayonnement gamma**. C'est le cas des radionucléides qui figurent en grisé dans les chaînes de désintégration en [Annexe 2](#).

La **dose absorbée** subie par un organe ou un tissu donné (exprimée en Gray) est la quantité d'énergie délivrée par des rayonnements ionisants (alpha, bêta, gamma, etc..) par kilogramme de matière (1 Gray = 1 Joule par kilogramme).

L'équivalent de dose, exprimé en Sievert (Sv) rend compte des effets biologiques au niveau de l'organe exposé. Il est le produit de la dose absorbée par un facteur de pondération dépendant uniquement du type de rayonnement. En effet, selon le type de rayonnements en question, à dose absorbée égale dans un organe donné, les effets sanitaires ne sont pas forcément identiques. Ainsi, les particules alpha, qui sont très peu pénétrantes dans les tissus, perdent leur énergie sur une très courte distance. Elles sont capables de créer une densité d'ionisation très importante, alors que des rayonnements plus pénétrants comme les rayonnements bêta (électrons) ou gamma (ondes électromagnétiques) ont une trajectoire plus longue et une densité d'ionisation plus faible. Pour les rayonnements bêta et gamma, dose absorbée et équivalent de dose sont considérés comme égaux. Pour les rayonnements alpha, l'équivalent de dose est considéré comme 20 fois supérieur à la dose absorbée. Cela signifie que les particules alpha sont 20 fois plus efficaces que les particules bêta ou les rayonnements gamma pour produire des effets cancérogènes à long terme.

La **dose efficace** que nous dénommerons pour simplifier « dose », s'exprime également en Sievert ou ses sous-multiples comme le milliSievert (mSv soit un millième de Sievert) et le microSievert (μSv soit un millionième de Sievert). Elle permet d'évaluer les risques sanitaires de façon homogène quels que soient les radionucléides et les organes concernés. Elle se calcule en ajoutant les doses équivalentes aux différents organes exposés pondérées par un facteur spécifique à chaque organe et qui dépend de sa radiosensibilité propre.

Les effets sanitaires des faibles doses de rayonnements, reconnus officiellement, sont de 2 types :

- une augmentation des **risques de cancer** (dépendant des organes exposés aux radiations) et
- une augmentation des risques de transmission **d'anomalies génétiques** à la descendance.

Concernant le risque cancérogène, la Commission Internationale de Protection Radiologique évalue le détriment sanitaire à $5 \cdot 10^{-2}$ par Sievert, soit, sur la base d'une relation linéaire sans seuil, entre la dose et l'effet (relation qu'elle juge la plus probable), 50 cancers mortels pour un million de personnes exposées à une dose de 1 000 microSieverts (et environ 5 fois moins de cancers guérissables).

2 / Les différentes voies d'exposition

Le terme de « *pratique* » est retenu par la directive Euratom pour désigner une activité professionnelle qui génère une exposition aux rayonnements ionisants. Les autorités françaises ont choisi de traduire ce terme par « *activité nucléaire* ». Pour déterminer l'exposition totale ajoutée par une « *pratique* » mettant en œuvre des substances radioactives, il faut tenir compte de l'exposition externe et de l'exposition interne.

Les voies d'exposition à considérer sont :

- **L'exposition externe** produite par des radionucléides présents à l'extérieur de l'organisme, par exemple sur le sol ou dans une source radioactive. En se désintégrant, ces radionucléides peuvent émettre des rayonnements ionisants qui traversent l'air ambiant et atteignent la personne qui évolue sur le sol ou à proximité de la source. En pratique, les principaux contributeurs à l'exposition externe sont les rayonnements bêta et surtout gamma.

En effet, le parcours des rayonnements **alpha** dans l'air n'est que de quelques centimètres (2,5 cm pour les alpha de 4,2 MeV émis par l'uranium 238), et une « *feuille de papier à cigarette* » ou un sachet plastique suffisent à les stopper (le parcours des alpha de l'uranium 238 est de 20 et 30 microns respectivement à travers l'aluminium et l'eau).

Les particules **bêta** peuvent parcourir, selon leur énergie, quelques centimètres à quelques mètres dans l'air, et quelques dizaines de microns à quelques millimètres dans l'eau (ou le corps humain).

Les **rayonnements gamma**, très pénétrants car sans masse et sans charge électrique, peuvent parcourir plusieurs dizaines de mètres dans l'air et plusieurs centimètres dans l'eau avant de perdre la moitié de leur énergie.

Dès que l'on s'éloigne de quelques dizaines de centimètres d'une source d'uranium 238 ou de thorium 232, les rayonnements gamma sont les principaux contributeurs au débit de dose (irradiation externe) En effet, à cette distance le rayonnement alpha émanant de la source est totalement arrêté par les couches d'air, et une fraction importante du rayonnement bêta l'est également. Dans ce cas, le paramètre pertinent pour évaluer l'exposition externe globale de l'organisme est le débit de dose au corps entier exprimé en microGray par heure (ce qui est équivalent, dans le cas des rayonnement bêta et gamma, à des microSieverts par heure). Par contre, au contact direct de minerai d'uranium 238 ou de thorium 232, l'exposition de la partie superficielle de la peau par les rayonnements bêta et alpha peut devenir importante. Son évaluation nécessite alors la réalisation de mesures spécifiques (dose à la peau).

- **L'exposition interne** produite par les rayonnements émis par des radionucléides présents dans l'organisme suite à une incorporation (ingestion, inhalation, transfert transcutané, migration au niveau des lésions de la peau). Les coefficients de dose (en microSieverts par becquerels) dépendent alors du radionucléide (c'est-à-dire du type de rayonnement qu'il émet, de sa période physique et biologique, de son métabolisme spécifique dans le corps humain, etc.), de la voie d'exposition et de l'âge de la personne au moment de l'incorporation (ingestion, inhalation, etc..).

Par exemple : les coefficients de dose pour l'incorporation de thorium 232 par un adulte sont respectivement de 110 $\mu\text{Sv/Bq}$ par inhalation (pour la forme physico-chimique la plus pénalisante) et 0,23 $\mu\text{Sv/Bq}$ par ingestion. Les coefficients de dose pour les autres radionucléides seront donnés dans les paragraphes correspondant ci-après.

- **La contamination externe** due à la présence de radionucléides à la surface de la peau. Elle produit une exposition externe susceptible de se transformer en exposition interne par transfert cutané, par les lésions de la peau, par ingestion (par exemple s'il y a touché de la surface contaminée puis action de porter ses doigts à la bouche ou de se ronger les ongles), etc..

2.1 / Exposition naturelle

Naturellement, le débit de dose à 1 mètre au dessus du sol (exposition **externe**) est typiquement en France de l'ordre de 0,1 microSieverts par heure (des valeurs supérieures sont enregistrées, sur certains massifs granitiques en particulier). Pour une exposition durant une année (soit 8 760 heures) cela représente une dose annuelle liée à l'exposition externe proche de 900 microSieverts.

L'exposition moyenne annuelle **interne** est estimée par les services officiels à 230 microSieverts par ingestion et 1 300 microSieverts par inhalation du radon 222, un gaz radioactif naturel susceptible de s'accumuler à l'intérieur des habitations.

L'exposition totale annuelle aux radiations d'origine naturelle est estimée en France, par les services officiels, à environ 2 400 microSieverts.

2.2 / Exposition ajoutée et normes sanitaires

Les normes de radioprotection internationales, établies pour protéger le public contre les effets sanitaires des rayonnements ionisants comportent 3 principes repris par la directive Européenne EURATOM 96 / 29 et intégrés, avec quelques nuances, dans la réglementation française (Code de la Santé Publique et Décret du 4 avril 2002) :

- la justification : on ne doit mettre en œuvre une pratique entraînant une exposition aux rayonnements ionisants qu'après vérification du fait que les avantages économiques et sociaux sont supérieurs au détriment sanitaire qu'elle est susceptible de provoquer.
- l'optimisation : toutes les expositions doivent être maintenues au niveau le plus faible raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux.
- la dose maximale annuelle admissible. Il s'agit de la dose annuelle cumulée au delà de laquelle le risque de cancer mortel est jugé inacceptable. La directive EURATOM 96/29 a fixé **le seuil de l'inacceptable à 1 000 microSieverts par an pour l'exposition à l'ensemble des pratiques (activités humaines générant une exposition)**. Cette valeur est entendue en plus de l'exposition naturelle et médicale. **Pour l'exposition à une seule pratique, la CIPR recommande une limite de 300 microSieverts par an**. La directive EURATOM a repris cette notion de contrainte de dose pour une source d'exposition unique, sans fixer de limite précise.
- Par ailleurs cette directive considère qu'une pratique qui délivre moins de **10 microSieverts par an à tout citoyen a un impact sanitaire négligeable, à condition que la dose efficace collective soit inférieure à 1 homme X Sievert**.

Afin de déterminer l'exposition globale de la population au voisinage d'un site minier, il convient d'ajouter les contributions de tous les radionucléides, pour toutes les voies d'exposition. En l'absence de limites fixées pour la gestion des sites contaminés, en France, cette exposition totale pourra alors être comparée aux limites fixées pour les expositions liées aux pratiques telles que définies par la directive EURATOM 96 / 29.

Dans le cadre d'une étude ponctuelle, lorsque des doses efficaces engagées seront calculées pour une voie d'exposition spécifique on pourra se référer pour comparaison :

- Au seuil du risque négligeable de 10 μSv par an,
- A la contrainte de dose de 300 μSv par an (valeur maximale pour une pratique),
- A la dose maximale annuelle admissible de 1 000 μSv par an (toutes pratiques).

Il faut garder en permanence à l'esprit, le fait que l'impact d'un site minier doit être analysé après avoir fait la somme des doses liées à TOUTES les voies d'exposition.

ANNEXE 2

CHAINES DE DESINTEGRATION RADIOACTIVE DES TROIS FAMILLES DE RADIOELEMENTS NATURELS

CHAINE RADIOACTIVE Famille de l'Uranium 238		
Radioéléments	Mode de désintégration	Période radioactive
Uranium 238	α	4,5 10^9 ans
Thorium 234	β	24 jours
Protactinium 234^m	β	1,2 minutes.
Uranium 234	α	2,5 10^5 ans
Thorium 230	α	7,5 10^4 ans
Radium 226	α	1,6 10^3ans
Radon 222	α	3,8 jours
Polonium 218	α	3 minutes
Plomb 214	β	27 minutes
Bismuth 214	β	20 minutes
Polonium 214	α	1,6 10^{-4} secondes
Plomb 210	β	22,3 ans
Bismuth 210	β	5 jours
Polonium 210	α	138,5 jours
Plomb 206		Stable

CHAINE RADIOACTIVE

Famille de l'Uranium 235

Radioéléments	Mode de désintégration	Période radioactive
Uranium 235	α	7 10⁸ ans
Thorium 231	β	25,6 heures
Protactinium 231	α	3,3 10⁴ ans.
Actinium 227	β	21,8 ans
Thorium 227	α	18,7 jours
Radium 223	α	11,4 jours
Radon 219	α	3,9 secondes
Polonium 215	α	1,8 10 ⁻³ secondes
Plomb 211	β	36 minutes
Bismuth 211	α	2,2 minutes
Thallium 207	β	4,8 minutes
Plomb 207		Stable

Les radioéléments en gras dans les tableaux, indiquent qu'ils sont analysés en spectrométrie gamma

CHAINE RADIOACTIVE

Famille du Thorium 232

Radioéléments	Mode de désintégration	Période de radioactivité
Thorium 232	α	1,4 10 ¹⁰ ans
Radium 228	β	5,8 ans
Actinium 228	β	6,1 heures
Thorium 228	α	1,9 an
Radium 224	α	3,7 jours
Radon 220	α	55,6 secondes
Polonium 216	α	0,15 secondes
Plomb 212	β	10,6 heures
Bismuth 212	α β	1 heure
Thallium 208	β	3 minutes
Polonium 212	α	3 10 ⁻⁷ secondes
Plomb 208		Stable

Les radioéléments en gras dans les tableaux, indiquent qu'ils sont analysés en spectrométrie gamma