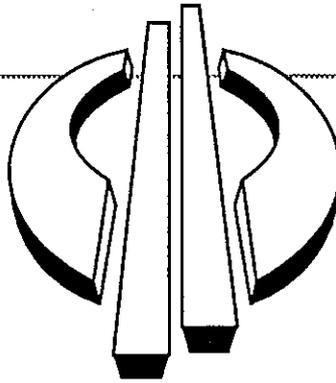


LABO

SYQUEST 20

École Marie Curie/Phase I



CRII-RAD

Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité

Étude n° 971004

Contrôles radiamétriques sur le groupe scolaire Marie-Curie à Nogent-sur-Marne

Étude effectuée à la demande de Monsieur GENTY Expert Judiciaire

Référence : TGI CRÉTEIL N° 209166196

Étude réalisée par le laboratoire de la CRII-RAD

Date des prélèvements : juillet et septembre 1997

Date de publication : 4 octobre 1997

CRII-RAD - "Le Cime"
471 Avenue Victor Hugo - 26000 VALENCE
Tél. 04 75 41 82 50 - Fax. 04 75 81 26 48 - Minitel : 3615 DRÔME

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'instruction d'une plainte déposée par un parent d'élève de l'École Marie Curie à Nogent-sur-Marne, Monsieur Paul GENTY, expert judiciaire mandaté par le TGI de Créteil (n° 209/66/96/École Pierre et Marie CURIE) a demandé à deux laboratoires d'effectuer une série d'expertises techniques. Il s'agit des laboratoires de l'IPSN (Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire) et de la CRII-RAD (Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité).

Les contrôles ont porté sur le groupe scolaire Marie Curie et ses abords immédiats. C'est sur ce site qu'a été construite et exploitée, au début du siècle, une usine d'extraction du radium.

Le radium 226 est un élément radioactif de très forte radiotoxicité et de longue durée de vie (sa période physique est de 1600 ans). Outre ce radionucléide, les déchets radioactifs sont susceptibles de contenir, à des teneurs variables, les 14 éléments radioactifs de la chaîne de l'uranium 238, et à des teneurs moindre, ceux des chaînes de l'uranium 235 et du thorium 232 (les chaînes de désintégration sont reproduites en annexe 1). Ces éléments émettent en se désintégrant des rayonnements ionisants, sous forme de particules matérielles (rayonnement alpha et bêta), et de photons (rayonnement gamma).

À la fin des années 60, le site a été réutilisé pour la construction d'un groupe scolaire sans décontamination préalable. Le Ministère de la Santé, via son service spécialisé, le SCPRI (Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants) avait recommandé la décontamination mais laissé aux autorités locales la possibilité de se contenter de construire une dalle de béton de 15 cm d'épaisseur (voir en annexe 3, le courrier du 22 décembre 1969, signé du directeur du S.C.P.R.I.).

En 1986, les parents d'élèves constatèrent que cette protection n'avait pas été correctement mise en place. Les premiers contrôles et travaux correctifs datent de cette époque* ; ils se poursuivent encore aujourd'hui.

L'évaluation des risques radiologiques liés à la présence de déchets radifères dans le sol et le sous-sol du groupe scolaire doit prendre en compte les diverses voies d'exposition à la radioactivité :

- les risques liés à l'irradiation externe par les rayonnements gamma particulièrement pénétrants émis par les déchets radioactifs présents dans le sol et le sous-sol,
- les risques liés à l'inhalation de poussières radioactives contenant des radionucléides de longue période,
- les risques liés à l'inhalation des isotopes du radon et de leurs descendants de courte période,
- les risques liés à l'ingestion de substances radioactives présentes dans le sol,
- les risques liés à l'ingestion de substances radioactives par contamination des eaux souterraines.

Les grandes lignes du programme de travail ont été arrêtées à l'issue d'une première réunion de travail qui a eu lieu le 3 juin 1997, en mairie de Nogent-sur-Marne. La phase I de l'étude avait pour objectif d'établir une cartographie radiométrique du site.

Les mesures présentées dans le présent rapport concernent donc exclusivement l'exposition liée à l'irradiation externe.

* À partir de 1991, le laboratoire de la CRII-RAD a effectué, à la demande de parents d'élèves ou dans le cadre de ses activités d'intérêt général, un certain nombre de contrôles de la radioactivité et demandé la réalisation d'expertises globales sur le secteur. Les principaux résultats sont regroupés en annexe 3.

1 . - OBJECTIFS

La réalisation d'une cartographie radiamétrique doit permettre :

1 - de déterminer la répartition spatiale de la contamination du sol et du sous-sol afin d'évaluer l'ampleur d'éventuels travaux de décontamination et de permettre la sélection des zones les plus représentatives pour la réalisation ultérieure de prélèvements par carottage.

2 - de déterminer les débits de dose associés aux différentes zones et de vérifier s'il existe des points chauds pouvant conduire à une exposition externe inacceptable des enfants et du personnel de l'école.

2 . - MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

2 . 1 - ÉQUIPEMENT RETENU

Les rayonnements gamma émis par les déchets radifères sont susceptibles d'être atténués et diffusés avant d'atteindre la surface du sol. Il est donc important de recourir à des équipements de mesure particulièrement sensibles. Nous avons utilisé pour la prospection radiamétrique un ictomètre SPP2 de marque SAPHYMO. Il s'agit d'un scintillomètre à cristal d'iodure de sodium (NaI) qui enregistre les impulsions générées par les rayonnements gamma d'énergie supérieure à 30 KeV. Le résultat de la mesure est exprimé en coups par seconde (c/s). L'appareil a subi un contrôle de calibration en usine le 19 juin 1997 (voir certificat en annexe 2)

2 . 2 - DÉROULEMENT DES MESURES DE FLUX

Conformément au protocole défini avec M. GENTY, les mesures au SPP2 ont été réalisées au contact du sol systématiquement et selon un maillage de 1 mètre par 1 mètre (sauf cas particuliers détaillés ci-après). Les mesures ont été réalisées par une équipe du laboratoire de la CRII-RAD sous la responsabilité de Bruno CHAREYRON, ingénieur, responsable du laboratoire, et de Christian COURBON, technicien spécialisé. Elles ont eu lieu du lundi 7 juillet au vendredi 25 juillet 1997. Les abords du groupe scolaire ont fait l'objet de contrôles complémentaires les premier et deux septembre 1997.

2 . 2 . 1 - MESURES EN SURFACE : COURS ET REZ-DE-CHAUSSÉE DU GROUPE SCOLAIRE

Le maillage de 1 mètre par 1 mètre a été effectué à partir du plan : "implantation d'un quadrillage/relevé du 5 mars 1997/implantation du 12 mars 1997/Echelle 1/200e", réalisé par le Cabinet P. NAUDIN et fourni par la mairie de Nogent-sur-Marne. Dans le document original, le site est découpé en cellules de 10 mètres par 10 mètres. Les colonnes ainsi obtenues sont identifiées de A à K, et les lignes de 1 à 7. Chaque cellule est elle-même divisée en carrés de 1 mètre de côté.

Conformément au protocole, l'IPSN a réalisé ses mesures à l'angle de chaque carré et la CRII-RAD par décalage de 50 centimètres dans les deux directions de l'espace. Chaque point de mesure CRII-RAD correspond ainsi au centre d'un des carrés du plan initial évoqué plus haut. Les mesures ont été réalisées en balayant le terrain, l'appareil étant tenu à bout de bras à quelques centimètres du sol, puis en posant l'appareil sur le sol au niveau de chaque point de mesure retenu. À chaque carré a été affectée une valeur qui correspond :

- à la valeur mesurée au centre du carré, le SPP2 étant posé immobile sur le sol dans le cas où il n'a pas été détecté de défaut d'homogénéité du flux au cours du balayage,
- à la valeur maximale relevée au sein du carré dans le cas où un point chaud y a été détecté lors du balayage (même s'il ne correspond pas au centre du carré).

La valeur relevée correspond toujours à la graduation supérieure atteinte par l'aiguille du SPP2. Si par exemple, lors d'une mesure l'aiguille oscille entre 40 et 50 c/s, c'est la valeur de 50 c/s qui a été retenue.

Les résultats sont publiés sur la carte C1 selon un code couleur à 7 niveaux :

- strictement inférieur à 60 c/s
- de 60 à 100 c/s
- de 100 à 200 c/s
- de 200 à 300 c/s
- de 300 à 500 c/s
- de 500 à 1000 c/s
- plus de 1000 c/s

Lorsqu'aucune mesure n'a pu être réalisée pour cause de non accessibilité (présence de mobilier non déplaçable..), le carré correspondant est rendu en blanc, marqué d'une croix.

2 . 2 . 2 - MESURES EN SURFACE HORS EMPRISE DU GROUPE SCOLAIRE

Il était convenu que des mesures radiométriques seraient réalisées également aux "abords" du groupe scolaire, dans les locaux de "l'Entraide Nogentaise" et sur tous les trottoirs périphériques.

Les mesures sur "l'Entraide Nogentaise" (cellules K5, K6 et K7 de la carte C1) ont été réalisées selon le maillage de référence.

Par contre les trottoirs de la rue Marceau et de la rue Hoche, ainsi que le passage piéton à l'ouest du groupe scolaire ont fait l'objet de simples contrôles exploratoires. Dans tous les cas les valeurs sont reportées sur la carte C1.

2 . 2 . 3 - MESURES AU PREMIER ET DEUXIEME ÉTAGE DE L'ÉCOLE PRIMAIRE

Conformément au protocole, les salles du premier et deuxième étage de l'école primaire n'ont pas fait l'objet d'une cartographie systématique. Des contrôles ont été réalisés dans chaque pièce en balayant le sol au moyen du SPP2 tenu à bout de bras. Aucune valeur supérieure à 50 c/s n'a été mise en évidence.

2 . 2 . 4 - MESURES AU SOUS-SOL DU GROUPE SCOLAIRE

Les mesures au sous-sol ont été réalisées dans des conditions particulièrement difficiles et ne sont pas reportées selon un quadrillage unique. Chaque zone a été découpée en carrés à partir d'un point de repère géométrique particulier. Il a été convenu avec M. GENTY qu'un quadrillage de 1 mètre par 1 mètre serait retenu dans les zones dites accessibles (distance sol/plafond supérieure ou égale à 1 mètre). Dans le cas contraire, et selon l'accessibilité, deux cas de figure existent : (voir ci-après)

- quadrillage allégé par pas de 2 mètres par 2 mètres lorsque la distance sol/plafond est comprise entre 60 cm et 1 mètre ;
- balayage exploratoire au SPP2 (et parfois absence de mesure) lorsque la distance sol/plafond est inférieure à 60 cm.

Toutes les mesures réalisées au sous-sol sont reportées sur la carte C2 avec le même code couleur que pour la surface (carte C1). C'est toujours la valeur maximale mesurée sur la surface représentée dans le carré ou le rectangle de la carte C2 qui fixe le code couleur. Dans certains cas, la valeur maximale peut être très localisée (quelques centimètres carrés) et parfois supérieure d'un ordre de grandeur à la moyenne mesurée sur le carré de 2 m x 2 m.

Le fait que deux équipes différentes (laboratoire IPSN et CRII-RAD) aient effectué deux séries de mesures indépendamment l'une de l'autre, et selon un maillage décalé de 50 cm (pour les carrés 1 m x 1 m) et de 1 mètre (pour les carrés de 2 m x 2 m) permet de limiter le risque de ne pas avoir détecté un point chaud.

Note :

La localisation spatiale des mesures en sous-sol, et par conséquent le rendu cartographique, sont moins précis qu'en surface. En effet :

- nous n'avons pas pu disposer d'un quadrillage préétabli effectué par un cabinet de géomètres contrairement à la surface,
- nous avons dû tracer des repères au cordeau, souvent accroupis ou couchés sur des surfaces râpeuses de béton grossier, gênés parfois par des tuyauteries, par l'absence de lumière (nécessité de déplacer régulièrement une lampe halogène). L'irrégularité des surfaces bétonnées des sarcophages a rendu parfois très difficile l'usage du cordeau, l'irrégularité du tracé des galeries 1 et 2 qui parfois s'élargissent et se rétrécissent n'a pas facilité le travail de repérage,
- à la difficulté de traçage des lignes de repère en sous-sol, s'ajoute pour les carrés de 2 m par 2 m le problème de la représentativité. Un point chaud peut tout à fait être situé à 10 centimètres de la limite d'un carré avec son voisin. Dans ce cas, le code couleur associé aux deux carrés contigus va être notablement différent. Or, il n'est pas possible de garantir un repérage à 10 centimètres près pour les zones du sous-sol maillées par pas de deux mètres.

2.3 - MESURES COMPLÉMENTAIRES : DÉBITS DE DOSE

2.3.1 - ÉVALUATION DES DÉBITS DE DOSE

L'utilisation d'un compteur sensible ayant de plus un excellent temps de réponse était la seule façon de réaliser dans les délais impartis une cartographie radiométrique du site. L'information obtenue est cependant relative, les coups par seconde du SPP2 donnent une mesure du flux de photons, mais ne constituent pas une mesure de débit de dose. Or l'appréciation du niveau de risque radiologique lié à une exposition externe ne peut être effectuée que par la mesure de débits de dose (microGray par heure) ou de débits d'équivalent de dose (microSievert par heure).

Il a été convenu avec Monsieur Paul GENTY, expert, de publier la carte radiométrique au moyen d'un code couleur en fonction du flux de photon (coups par seconde), et de fournir une correspondance entre ces flux et les débits de dose en microgray par heure.

L'Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants (OPRI) a rendu compte (1) d'un étalonnage qui "a permis d'établir une relation entre la mesure en chocs par seconde et le débit de dose en microGray par heure ($\mu\text{Gy/h}$)"

$$700 \text{ c/s} \simeq 1 \mu\text{Gy/h}$$

Une telle correspondance n'est pas forcément rigoureuse. Elle dépend du spectre réel des rayonnements gamma émis, donc de la composition radiochimique des déchets, mais aussi des facteurs d'atténuation, de l'angle solide., etc.

(1) OPRI/Rapport de contrôle ancienne usine d'extraction de radium dans la commune de l'Île Saint Denis - 21 juillet 1997/p°2.

TABLEAU T1 : CORRESPONDANCE ENTRE LES MESURES DE DEBIT DE DOSE ET DE FLUX DE PHOTONS AU CONTACT DU SOL

(Se reporter au tableau T2 et cartes C1 et C2 pour plus de détails)

Groupe scolaire Marie Curie à Nogent-sur-Marne

Mesures radiométriques réalisées par le laboratoire de la CRII-RAD au R.D.C. et sous-sol du 7 au 25 juillet 1997 et les 01 et 02 septembre 1997

Code point	Mesure CRII-RAD	Mesure LB123 (CRII-RAD)	Correspondance retenue par l'OPRI	
	Mesure SPP2 (c/s)	($\mu\text{Gy/h}$ / valeur nette 1)	OPRI (2)	écart :
	contact	contact	$700\text{c/s} = 1 \mu\text{Gy/h}$	OPRI / Mesure
	0	0	0,00	
LB3	50	0,09	0,07	0,79
LB18	60	0,15	0,09	0,57
PC10	80	0,11	0,11	1,04
LB17	90	0,14	0,13	0,92
LB1	100	0,17	0,14	0,84
PC16	115	0,15	0,16	1,10
LB16	150	0,29	0,21	0,74
LB6	200	0,24	0,29	1,19
LB4	200	0,25	0,29	1,14
LB8	260	0,33	0,37	1,13
LB9	300	0,42	0,43	1,02
PC12	380	0,44	0,54	1,23
LB2	400	0,51	0,57	1,12
LB15	450	0,57	0,64	1,13
LB14	550	0,56	0,79	1,40
LB13	900	0,99	1,29	1,30
PC9	1000	0,82	1,43	1,74
LB12	1000	1,13	1,43	1,26
E1	1000	1,23	1,43	1,16
LB11	1300	1,34	1,86	1,39
PC11	1700	1,81	2,43	1,34
LB5	2000	2,08	2,86	1,37
PC4	2000	2,27	2,86	1,26
LB10	2200	2,51	3,14	1,25
LB7	4000	6,43	5,71	0,89
PC6	11000	12,50	15,71	1,26
(1) La valeur nette est égale à la valeur brute moins le mouvement propre de l'appareil égal à $0,0175 \mu\text{Gy/h}$			minimum :	0,57
(2) L'OPRI retient l'équivalence $1 \mu\text{Gy/h} = 700 \text{ c/s SPP2}$.			maximum :	1,74
			moyenne :	1,14

Mcurie5.xls feuille2 BC 30/09/97

Afin d'étudier l'applicabilité de cette correspondance à la campagne de mesure de Nogent sur Marne, nous avons procédé à un certain nombre de mesures du débit de dose, directement au moyen d'un **compteur proportionnel compensé en énergie (type LB 123 de marque Berthold)**. Cet appareil donne une mesure du débit de dose (microGray par heure) avec une linéarité de $\pm 30 \%$ sur une gamme d'énergie variant de 30 KeV à 1,3 MeV.

À l'issue de la cartographie radiométrique effectuée au SPP2, nous avons sélectionné 26 points dans le sous-sol et en surface de façon à obtenir un échantillonnage représentatif des niveaux radiométriques détectés. En chaque point a été réalisée au contact du sol une mesure au SPP2 (de 50 c/s à 11 000 c/s) et une mesure de débit de dose avec le LB 123 (de 0,09 $\mu\text{Gy/h}$ à 12,5 $\mu\text{Gy/h}$). Ces mesures sont reproduites dans le tableau T1. Les points figurent également sur une version simplifiée en noir et blanc des cartes C1 (surface) et C2 (sous-sol), en annexe.

Dans le tableau T1 figurent les mesures de débit de dose nettes, égales aux mesures brutes réalisées sur le terrain auxquelles a été soustrait le mouvement propre de l'appareil (environ 0,0175 $\mu\text{Gy/h}$).

Chaque mesure correspond à une moyenne de 3 à 10 mesures de 100 à 500 secondes (voir note 1 en bas du tableau T2). La reproductibilité constatée d'une série de mesures a varié de 1,5 % à 13 %, la dispersion la plus forte étant constatée très logiquement pour les faibles débits de dose (0,1 $\mu\text{Gy/h}$).

Compte tenu de la linéarité de la mesure du LB 123 ($\pm 30 \%$ de 30 KeV à 1,3 MeV), on peut considérer que nos mesures de débit de dose sont entachées d'une marge d'incertitude inférieure à $\pm 35 \%$.

On constate à la lecture du tableau T1 que le rapport entre :

- la valeur du débit de dose extrapolée à partir de la mesure SPP2 en utilisant le coefficient de correspondance de l'OPRI et,
- la mesure réalisée sur le terrain par la CRII-RAD avec le LB 123, est compris entre 0,57 et 1,74, la moyenne de ce rapport étant de 1,14.

Ceci indique que l'utilisation généralisée de la correspondance $700 \text{ c/s} = 1 \mu\text{Gy/h}$ est légitime (2) pour un flux de photons compris entre 200 c/s et 11 000 c/s. Dans ce cas, elle conduit plutôt à une surestimation du débit de dose ce qui est tout à fait acceptable dans la mesure où l'on recherche une approche conservatoire.

En dessous de 150 c/s, l'utilisation de la correspondance conduit au contraire à sous-estimer en général le débit de dose, ce dont nous tiendrons compte pour fixer la correspondance au niveau du code couleur sur les cartes. Dans la suite de cette étude nous utiliserons donc systématiquement la correspondance $700 \text{ c/s} = 1 \mu\text{Gy/h}$ sauf lorsque des mesures de débit de dose in situ ont été effectuées.

Pour les cartes C1 et C2 nous retiendrons alors les correspondances suivantes :

< 60 c/s	}	
≥ 60 et < 100 c/s	—>	≤ 0,2 $\mu\text{Gy/h}$ (3)
≥ 100 et < 200 c/s		≤ 0,3 $\mu\text{Gy/h}$
≥ 200 et < 300 c/s		≤ 0,43 $\mu\text{Gy/h}$
≥ 300 et < 500 c/s		≤ 0,7 $\mu\text{Gy/h}$
≥ 500 et < 1000 c/s		≤ 1,5 $\mu\text{Gy/h}$
> 1000 c/s		

(2) En fait l'accord obtenu entre la mesure et la correspondance théorique est excellent si l'on tient compte des marges d'incertitudes évoqués plus haut (marges concernant la mesure au SPP2 et la mesure au LB 123).

On remarquera par exemple qu'en trois points différents (PC9, LB12 et E1) où l'on mesure 1000 c/s au SPP2, la valeur mesurée au LB 123 est comprise entre 0,82 et 1,23 $\mu\text{Gy/h}$. Ceci peut être dû également au caractère extrêmement ponctuel de certaines anomalies radiométriques (la position exacte d'une sonde contre le sol peut alors modifier sensiblement la mesure).

(3) Valeur obtenue à partir de la correspondance OPRI, majorée pour tenir compte de la mesure au point LB1 (100 c/s et 0,17 $\mu\text{Gy/h}$).

TABLEAU T2 : Détail de toutes les mesures comparatives : flux de photons (SPP2) / Débit de dose (μGy/h) et influence de la distance .
Mesures radiométriques réalisées par le laboratoire de la CRII-RAD au R.D.C. et sous-sol

du 7 au 25 juillet 1997 et les 01 et 02 septembre 1997
 Groupe scolaire Marie Curie à Nogent-sur-Marne

LIEU (cf cartes)	lieu (3)	remarques	Code point	Mesure SPP2, flux de photons (C/s)		Mesure au LB123 (μCv/h / valeur brute) (Mesure au LB123 (μGy/h / valeur nette		LB123 (valeur nette 2)
				contact	à 1 m	contact/lm	contact	30 cm	100 cm	
Zone F	SS	maternelle, réserve	PC 15	45	50	0,9			0,09	
G4	int	mat...salle de classe	LB3	50	NM		0,11	0,11	0,09	1,03
C4	ext	primaire, cour	LB18	60	NM		0,17	0,13	0,15	1,36
Galerie 1	SS	maternelle, galerie	PC17	65	75	0,87		0,12		
Galerie 1	SS	maternelle, galerie	PC7	75	NM			0,15		0,13
Galerie 2	SS	maternelle, galerie	PC10	80	80	1,00			0,11	
Galerie 1	SS	maternelle, galerie	PC3	80	NM			0,14		0,13
Coulouir F	SS	maternelle, réserve	PC14	90	80	1,13				
J4	ext	maternelle, cour	LB17	90	NM		0,16	0,17	0,14	0,93
J1	int	maternelle, dortoir	LB1	100	NM		0,19	0,18	0,17	1,06
Galerie 1	SS	maternelle, galerie	PC16	115	130	0,88		0,22	0,15	0,74
B3	ext	maternelle, cour	LB16	150	NM		0,31	0,28	0,29	1,11
C2	int	primaire, préau	LB6	200	NM		0,25	0,20	0,24	1,29
J2	int	mat...salle de classe	LB4	200	NM		0,27	0,24	0,25	1,14
Coulouir F	SS	maternelle, réserve	PC13	200	125	1,60		0,18		0,17
Galerie 1	SS	maternelle, galerie	PC2	250	NM			0,23		0,23
Galerie 1	SS	maternelle, galerie	PC8	250	180	1,39		0,23		0,21
J5	int	préfabriqué	LB8	260	NM		0,35	0,31	0,29	1,14
Coulouir F	SS	maternelle, réserve	PC12 bis	290	200	1,45		0,27	0,33	1,43
J2	int	mat...salle de classe	LB9	300	NM		0,44	0,34	0,42	1,31
Zone W	SS	maternelle, sarc.	PC12	380	200	1,90		0,44	0,44	1,44
J2	int	mat...salle de classe	LB2	400	NM		0,53	0,44	0,51	1,22
J6	ext	sud-est préfabriqué	LB15	450	NM		0,59	0,41	0,57	1,46
J6	ext	sud préfabriqué	LB14	550	NM		0,58	0,39	0,56	1,83
Zone N	SS	maternelle, sarc.	PC5	750	500	1,50		0,49		2,06
K6	ext	entraide nogent.	LB13	900	NM		1,01	0,96	0,99	1,52
Galerie 2	SS	maternelle, galerie	PC9	1000	200	5,00		0,84	0,82	1,05
K5	ext	entraide nogent.	LB12	1000	NM		1,15	1,03	1,13	1,59
H7 / 17	ext	rue Hoche pharmacie	E1	1000	NM		1,25	0,39	1,23	3,34
K6	ext	entraide nogent.	LB11	1300	NM		1,36	1,01	1,34	2,03
Galerie 1	SS	maternelle, galerie	PC0	1600	NM			0,27		0,25
Zone V	SS	maternelle, sarc.	PC11	1700	220	7,73		1,83	1,81	
C5	ext	primaire, cour réservé.	LB5	2000	NM		2,10	0,60	2,08	3,58
Zone N	SS	maternelle, sarc.	PC4	2000	1000	2,00		2,28	2,27	2,46
K5	ext	entraide nogent.	LB10	2200	NM		2,53	1,35	2,51	1,89
J1	ext	plâtres-bandes	LB7	4000	NM		6,45	0,35	6,43	19,2
Zone O	SS	maternelle, sarc.	PC6	11000	1700	6,47		12,50	12,48	7,74

(3) SS : Sous-Sol ; int : intérieur d'un bâtiment ; ext : extérieur des loca
 sarc = sarcophtage

Métrie-IBC.XLS le 30/09/97

(1) Points LB1 à LB7 : moyenne de 8 à 10 mesures de 500 secondes.
 Points LB8 à LB18 : moyenne de 3 mesures de 100 secondes.
 Points PC0 à PC17 : moyenne de 3 à 10 mesures de 500 secondes.

(2) La valeur nette est égale à la valeur brute moins le mouvement propre de l'appareil égal à 0,0175 μGy/h

2.3.2 - REMARQUES SUR LA VARIATION DU DÉBIT DE DOSE AVEC LA DISTANCE À LA SOURCE

La cartographie radiométrique a été réalisée au contact du sol de façon à optimiser les possibilités de détection des contaminations même très ponctuelles du sol et du sous-sol. Ce qui correspond au premier objectif de l'étude.

Concernant le second objectif, à savoir l'évaluation des risques liés à l'exposition externe, les mesures au contact du sol induisent une surestimation des expositions réellement subies par un individu évoluant sur ce sol.

Compte tenu des délais, il n'était pas possible de réaliser systématiquement des mesures de flux et de débits de dose à différentes distances du sol. Des mesures de flux de photons ont été effectuées au contact et à 1 mètre de hauteur en 14 points du site ; des mesures de débits de dose, à 30 cm et à 1 m, ont été effectuées en 18 points. Toutes les mesures de débit de dose réalisées entre juillet et septembre 1997 sont regroupées dans le tableau T2.

- Nous avons mesuré le **flux de photons SPP2 au contact et à 1 mètre de hauteur** en 14 points sur une gamme de mesures au contact variant de 45 c/s à 11 000 c/s. Le flux de photons à 1 mètre est compris entre 50 c/s et 1700 c/s.

Le rapport flux à 1 mètre/flux au contact est compris entre 0,87 et 7,7. Un rapport inférieur à 1 est observé pour des valeurs au contact inférieures à 150 c/s. Dans ces cas là, on enregistre en effet la contribution de l'environnement du point de mesure au flux à 1 mètre de distance de celui-ci. Pour des flux au contact du sol plus élevés, à partir de 1000 c/s, c'est l'inverse qui se produit, l'élévation conduit à une chute d'un facteur 2 à 7,7 du flux de photons, qui n'est pas compensée par l'environnement du point chaud dans la mesure où cet environnement est en général moins irradiant que le point chaud lui-même.

Ces remarques ont un caractère général car bien entendu la géométrie des lieux joue un rôle certain.

- Nous avons mesuré en 18 points le **débit de dose (au LB 123) au contact, à 30 cm et à 1 mètre de hauteur**. Les mêmes tendances générales sont observées. Le rapport débit de dose au contact/débit de dose à 1 mètre est compris entre :

- 0,74 (point PC16 dans une galerie du sous-sol), à 0,15 µGy/h au contact. On constate qu'en s'élevant le débit de dose augmente de 30 % car la contribution des bordures des sarcophages en béton est importante).

- et 36,7 (point LB 7 sur les plates-bandes, point chaud très localisé à 4000 c/s et 6,4 µGy/h au contact).

La valeur moyenne de ce rapport est de 4. Pour des débits de dose au contact supérieurs à 0,3 µGy/h, le rapport est toujours supérieur à 1,4.

À 30 centimètres de hauteur de débit de dose mesuré est en général abaissé par rapport au contact, mais de façon peu sensible. Pour des mesures au contact supérieures à 0,2 µGy/h, l'abaissement est de - 11 à - 51 %. On observe un facteur de réduction plus important (de l'ordre de deux et plus), dans le cas des points chauds supérieurs ou égaux à 2 000 c/s au contact et très localisés : C5 dans la cour du primaire, LB 10 à l'extérieur de "l'Entraide Nogentaise" et LB 7 sur les plates bandes côté rue Marceau).

Il paraît cependant acceptable d'utiliser le débit de dose au contact du sol pour orienter les décisions de radioprotection, en effet :

- 1 -il n'est pas aberrant de tenir compte des débits de dose au contact du sol, pour évaluer l'exposition des enfants : dans la cour ou les salles de jeux peuvent être allongés ou assis sur le sol.

- 2 - concernant le sous-sol, le personnel d'entretien ou les professionnels qui travaillent dans le sous-sol (plombier, électricien...) peuvent être amenés à travailler en station assise ou couchée sur le sol. (Il faut rappeler que l'espace sol plafond peut être inférieur à 60 cm).

3 . - RÉSULTATS DES MESURES RADIAMÉTRIQUES ET INTERPRÉTATION

3 . 1 - SOUS-SOL DE L'ÉCOLE MARIE CURIE

3 . 1 . 1 - REMARQUES PRÉLIMINAIRES

Toutes les mesures SPP2 réalisées au sous-sol sont reportées sur la carte C2 en fonction du code couleur présenté plus haut et rappelé sur la carte. Un code alphanumérique (de A à Z6) a été attribué à chaque zone. En fonction de la représentativité des résultats, on peut classer les zones en trois groupes :

1 - Les zones ayant fait l'objet d'un maillage serré (1 mètre par 1 mètre) identique à celui de la surface

- zone A : sous-sol du primaire (sauf une surface d'environ 10 m² inaccessible)
- zones B et C : accès au sous-sol du primaire et chaufferie
- zones D, E, F : monte charge, atelier, réserve, couloir
- galeries 1 et 2 du sous-sol de la maternelle et du réfectoire.

2 - Les zones ayant fait l'objet d'un maillage de 2 mètres par 2 mètres

- zone G : sous-sol de la cuisine
- zones H à Z et Z1 à Z4 : sous-sol de la maternelle

3 - Les zones n'ayant fait l'objet que d'une recherche de point chaud en bordure accessible (zone Z5) ou n'ayant pas du tout été explorées (zone Z6, et zone au nord de H).

Dans les deux premiers cas, il faut rappeler qu'un balayage a été réalisé sur toute la surface comprise entre les divers points de mesure, de façon à avoir le maximum de garanties pour la détection des points chauds.

Pour l'interprétation des résultats obtenus au sous-sol, il faut garder en mémoire toutes les limitations évoquées au paragraphe 2 . 2 . 4 et retenir que le rendu cartographique (carte C2), pour les zones maillées en deux mètres par deux mètres, donne une image dont la précision de repérage doit être bien meilleure que le mètre en général sans que des basculements de couleur de carrés ne puissent être exclus. Pour la réalisation de carottages ultérieurs et la mise en sécurité des points les plus chauds, les relevés de terrain originaux pourront être utilisés bien entendu pour localiser exactement les points chauds.

Afin d'alléger le nombre de couleurs, toutes les zones où existe un point de mesure supérieur à 1000 c/s (soit à partir de 0,8 à 1,5 µGy/h) sont représentés en rouge. Dans les cas où un point excède 2 000 c/s (soit à partir de 2 à 2,8 µGy/h), la valeur SPP2 mesurée au contact du sol a été portée sur la carte C2.

3 . 1 . 2 - SOUS-SOL : ZONES ISOLÉES

Pour chaque zone du sous-sol, nous avons reporté dans le tableau T3 ci-après, la hauteur sol/plafond et la valeur maximale mesurée au contact du sol.

- Il est rare de réaliser des mesures inférieures à 50 c/s et la carte C2 fait apparaître clairement la présence d'une contamination étendue avec des valeurs dépassant 1 000 c/s, soit plus de 20 fois le niveau naturel .

TABLEAU T3 : BILAN DES MESURES RADIOMETRIQUES REALISEES AU SOUS-SOL du GROUPE SCOLAIRE :

Dénomination	Code Zone Cf carte C2	Hauteur sol/plafond cm	valeur maximale SPP2 (c/s)	Code Point cartes C1/C2	Mesures au LB123 ($\mu\text{Gy/h}$ / valeur nette)	Estimation correspondance OPRI: 700c/s = 1 $\mu\text{Gy/h}$
SS du primaire	A	55 à 110	2200			3,14
Accès SS du primaire	B		230			0,33
Chaufferie	C		460			0,66
Monte charge	D	250	190			0,27
Réserve	E	250	200			0,29
Couloir	F	250	310			0,44
SS cuisine	G	99	700	terre et gravais		1,00
SS maternelle	Galerie 1	206 et moins	1600	PC 0		2,29
SS maternelle	Galerie 2	206 et moins	1000	PC 9	0,82	1,43
SS réfectoire maternelle	H	63	800			1,14
SS maternelle	I	101 à 120	1100			1,57
SS maternelle	J	101 à 120	3000			4,29
SS réserve maternelle	K	95 à 100	750	terre		1,07
SS sanitaires maternelle	L	83	900			1,29
SS dortoir maternelle	M	86 à 91	1500			2,14
SS salle jeux maternelle	N	97	2000	PC 4	2,27	2,86
SS classes maternelle	O	97	11 000	PC 6	12,48	15,71
SS classes maternelle	P	97	1000			1,43
SS salle jeux maternelle	Q	97	650			0,93
SS classes maternelle	R	97	2100			3,00
SS classes maternelle	S	97	500			0,71
SS sanitaires maternelle	T		450			0,64
SS classes maternelle	U	130	170			0,24
SS classes maternelle	V	130	1700	PC 11	1,81	2,43
SS classes maternelle	W	130	380	PC 12	0,44	0,54
SS classes maternelle	X	130	850			1,21
SS réserve	Y	126	290	sur tuyau		0,41
SS habitation	Z		1600	gravais		2,29
SS habitation	Z1	70	1000	terre et briques		1,43
SS habitation	Z2	69	750			1,07
SS habitation	Z3	70	650			0,93
SS habitation	Z4	70	600			0,86
SS réfectoire	Z5	44 à 55	1000			1,43
SS réfectoire	Z6	inaccessible	inaccessible			

MeunierBC.XLS BC/1/1097

C'est le cas dans :

- la partie Est du sous-sol du primaire (zone A),
- le sous-sol du réfectoire (zone Z5),
- le sous-sol de l'habitation au sud (zones Z et Z1),
- le sous-sol des classes maternelles (zones I, J, M, N O, P, R, V, galerie 1 et galerie 2).

Ces points chauds sont tous situés dans les deux parties isolées du sous-sol auxquelles on accède par une trappe métallique.

• La valeur maximale détectée en sous-sol est située au point PC6, en zone O, dans le sous-sol des classes maternelles. Nous avons mesuré, respectivement au contact et à 1 mètre :

11 000 et 1700 c/s au SPP2 ;

12,5 et 1,6 $\mu\text{Gy/h}$ au LB 123,

soit respectivement 125 et 16 fois le débit de dose naturel en région parisienne (de l'ordre de 0,1 $\mu\text{Gy/h}$ si l'on tient compte des composantes cosmique et tellurique).

• On distingue deux types de points chauds :

- ceux qui sont mesurés sur les surfaces bétonnées planes des sarcophages : au sous-sol du primaire (zone A, 2 200 c/s) et au sous-sol de la maternelle, zones I (1 100 c/s), J (3 000 c/s), M (1 500 c/s), N (2 000 c/s), O (11 000 c/s), P (1 000 c/s), R (2 100 c/s), V (1 700 c/s), Z5 (1 000 c/s). Les valeurs maximales sont parfois mesurées sur des portions de béton en légère dépression.

- ceux qui sont mesurés du fait d'une absence ou d'une insuffisance nette de protection béton :

- en zone G, alors que le niveau ambiant est inférieur à 100 c/s sur au moins 36 m², une ouverture dans le mur laisse apparaître les gravats de l'alvéole contiguë (Z6) où l'on mesure au contact 700 c/s,

- en zone K, alors que le niveau ambiant est inférieur à 200 c/s sur plus de 8 m², à l'arrivée d'une tuyauterie provenant de l'extérieur, on mesure 750 c/s au contact de la terre nue correspondant au perçage de l'accès tuyau dans le mur,

- en zones Z et Z1, on observe un coffrage béton en forme de butte non plane qui redescend vers la galerie n°2. On mesure respectivement 1 600 et 1 000 c/s sur des gravats, terre et briques qui apparaissent compte tenu de l'épaisseur trop fine du béton (quelques millimètres par endroits), avec affleurement du film plastique et des gravats sous-jacents.

Les zones comportant des points chauds supérieurs à 1 000 c/s correspondent à une surface cumulée inférieure à 100 m².

3 . 1 . 3 - ZONES DU SOUS-SOL D'ACCES COURANT PAR LE PERSONNEL DE L'ÉCOLE

Les parties les plus accessibles du sous-sol — codes B, C, D, E et F— sont nettement moins actives que les zones séparées par des trappes. Comme indiqué dans le tableau T3, l'irradiation externe maximale au contact du sol est inférieure ou égale à 230 c/s en zones B (accès à chaufferie), D (monte charge), E (réserve). Le débit de dose correspondant est donc inférieur à 0,3 $\mu\text{Gy/h}$ au contact.

À la chaufferie (zone C) et au sud du couloir F, on mesure très ponctuellement jusqu'à 460 c/s (soit environ 0,66 $\mu\text{Gy/h}$) et 310 c/s (soit environ 0,44 $\mu\text{Gy/h}$).

Sur la base des relevés, on peut conclure que le débit de dose ambiant, au contact du sol et à 1 mètre (voir paragraphe 2.3.2) ne dépasse pas 0,7 $\mu\text{Gy/h}$. Des mesures de radon devront cependant y être effectuées. Environ 30 mètres carrés présentent un niveau radiométrique au contact supérieur à 100 c/s, soit au moins deux fois supérieur au niveau naturel en région parisienne.

3 . 2 - EMPRISE DU GROUPE SCOLAIRE : MESURES EN SURFACE

Toutes les mesures sont reportées sur la carte C1 selon le code couleur déjà présenté. Sur environ 5 700 m², seuls 230 m² n'ont pu faire l'objet d'une mesure au contact du sol pour cause de non accessibilité (mobilier, arbres....), soit environ 4 % de la surface.

Comme on pouvait l'espérer, les niveaux radiamétriques sont nettement inférieurs à ceux obtenus au sous-sol.

3 . 2 . 1 - NIVEAUX DE RÉFÉRENCE

Si l'on utilise comme référence les mesures effectuées les 1 et 2 septembre 1997 sur la place M. Chevalier, la rue Hoche et la rue du port, il n'est pas exclu que le niveau naturel du site ait pu se situer autour de 25 à 30 c/s. Aujourd'hui, le niveau minimal mesuré est de 30 c/s en un seul point (1 m²) de la cellule B5. La majorité des mesures situées dans la partie ouest de la colonne A (carte 1), côté passage piéton, donne 40 à 50 c/s. Compte tenu de la difficulté de définir un niveau naturel pour ce site nous avons considéré que toute surface où l'on mesurait moins de 60 c/s (soit en pratique au plus 50 c/s puisque une valeur à 55 c/s a été arrondie à la décade supérieure) ne pouvait être considérée comme marquée par une anomalie radiamétrique.

La surface "hors impact" peut donc être estimée à environ 20 à 30 % de la surface totale. Sur cette surface (en gris sur la carte C1). Compte tenu de la correspondance utilisée, le débit de dose au contact du sol, comme à 1 mètre, doit être inférieur à 0,1 µGy/h (voir tableaux T1 et T2).

3 . 2 . 2 - POINTS CHAUDS

- Deux points chauds supérieurs à 1 000 c/s SPP2 au contact ont été détectés (code rouge) :
 - Point LB 5, cellule C5 dans la cour du primaire (voir tableau T2),
 - 2000 c/s (2,08 µGy/h mesuré) au contact
 - 0,58 µGy/h mesuré à 30 cm
 - 0,22 µGy/h mesuré à 1 mètre.
 - Point LB7, cellule J1 sur les plates bandes au Nord de l'école,
 - 4000 c/s (6,4 µGy/h mesuré) au contact
 - 0,34 µGy/h mesuré à 30 cm
 - 0,18 µGy/h mesuré à 1 mètre
- Trois points chauds compris entre 500 et 600 c/s SPP2 au contact ont été détectés (code orange).
 - cellule C1 à une trentaine de centimètres au Nord du mur du bâtiment du primaire (à l'extérieur)
 - 550 c/s (0,8 µGy/h estimé par excès) au contact,
 - cellule J5, à une vingtaine de centimètres à l'est du préfabriqué (à l'extérieur)
 - 500 c/s (0,7 µGy/h estimé par excès) au contact,
 - cellule I6, point LB 14, à l'extérieur, sur une surface béton/goudron (voir tableau T2)
 - 550 c/s (0,56 µGy/h mesuré) au contact,
 - 0,37 µGy/h mesuré à 30 centimètres,
 - 0,27 µGy/h mesuré à 1 mètre.

Ces cinq points chauds, situés en extérieur, pourraient être balisés et on peut supposer qu'ils pourraient être éliminés par extraction du sol sous-jacent. Une telle opération permettrait de garantir que sur l'emprise du groupe scolaire, le niveau d'irradiation au contact du sol, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments (en surface), soit systématiquement inférieur à 500 c/s (inférieur à 0,7 µGy/h au contact).

Le traitement des surfaces où le niveau d'irradiation au contact du sol est compris entre 300 c/s (donc inférieur à 0,43 $\mu\text{Gy/h}$) — surfaces en jaune sur la carte C1 — correspond à environ 40 m². Cela concerne les cellules C1, I1, J6, J1, J4, J5, J6, G5, G6, E6 à l'extérieur des bâtiments et deux zones à l'intérieur des bâtiments :

- 3 m² dans le hall d'entrée (cellule D1) où l'on mesure de 310 à 350 c/s SPP2 au contact (0,5 $\mu\text{Gy/h}$ estimé par excès),
- 8 m² dans une salle de classe de la maternelle (cellule I2), valeur maximale mesurée 400 c/s au point LB2 (voir tableau T2), mesures de débit de dose : 0,5 $\mu\text{Gy/h}$ au contact ; 0,4 $\mu\text{Gy/h}$ à 30 cm et 0,34 $\mu\text{Gy/h}$ à 1 mètre.

Dans ces deux cas, la superposition des cartes C1 et C2 montre qu'il s'agit probablement d'une irradiation liée à la contamination du sous-sol (points chauds supérieurs à 2 000 c/s sur les sarcophages dans le sous-sol sous-jacent).

3.3 - MESURES EFFECTUÉES EN SURFACE AUX ABORDS IMMÉDIATS DU GROUPE SCOLAIRE

Toutes les mesures sont reportées sur la carte C1 avec le code couleur décrit plus haut.

3.3.1 - ENTRAIDE NOGENTAISE (25, RUE HOCHÉ)

Il s'agit des cellules K4, K5 et K6.

À l'extérieur du bâtiment, on observe, sur la terre battue, des niveaux radiométriques élevés, comparables à certaines zones du sous-sol.

Sur le plan incliné aucune valeur n'est inférieure à 200 c/s. Dix mètres carrés sont concernés par un point chaud compris entre 1 000 et 1 700 c/s. La valeur maximale est obtenue au point LB 10 (cellule K5) à 20 centimètres du mur de soutènement appartenant au groupe scolaire (voir tableau T2)

- 2 200 c/s SPP2 (2,5 $\mu\text{Gy/h}$ mesuré) au contact,
- 1,33 $\mu\text{Gy/h}$ mesuré à 30 cm,
- 0,73 $\mu\text{Gy/h}$ mesuré à 1 mètre.

Des mesures de débit de dose ont été effectuées (voir tableau T2) aux points LB 13, LB 12 et LB 11 avec les valeurs respectives suivantes :

• SPP2 au contact :	900,	1 000 et	1 300 c/s
• débit de dose mesuré au contact :	0,99 ;	1,13 et	1,34 $\mu\text{Gy/h}$,
• débit de dose mesuré à 30 cm :	0,94 ;	1,01 et	0,99 $\mu\text{Gy/h}$,
• débit de dose mesuré à 1 m :	0,65 ;	0,71 et	0,66 $\mu\text{Gy/h}$.

Le principe ALARA impose à notre avis l'enlèvement de certaines portions du sol et du sous-sol du plan incliné (environ 100 m²) pour ramener le niveau d'irradiation à la normale (sous réserve de vérification de la contribution du terrain en surplomb à l'ouest du plan incliné). Nous avons déjà mis en évidence le caractère irradiant du sol du plan incliné par des mesures réalisées le 14 février 1996 et largement diffusées (voir annexe 3).

À l'intérieur du bâtiment principal de "l'Entraide Nogentaise" un balayage sommaire a été réalisé. Au rez-de-chaussée le niveau SPP2 au contact du sol est inférieur à 50 c/s. Seule une mesure au niveau des WC est supérieure au bruit de fond (150 c/s). À la cave, la valeur moyenne est de l'ordre de 100 c/s avec quelques valeurs supérieures : 90, 180, 250 et 250 c/s.

Au premier étage, sur plancher nu, la valeur maximale, relevée au cours d'un balayage sommaire, est de 70 c/s.

Ces mesures montrent que le site de "l'Entraide Nogentaise" doit être inclu dans le programme d'assainissement et qu'il serait judicieux de poursuivre les contrôles à l'Est dans le terrain en friche auquel nous n'avons pu accéder.

3 . 3 . 2 - TROTTOIRS ADJACENTS AU GROUPE SCOLAIRE

Ces mesures ont été effectuées par balayage et bien qu'elles soient représentées sur la carte C1 avec le même maillage (1 m x 1 m) et le même code couleur, elles n'ont pas la même représentativité que les mesures systématiques effectuées à l'intérieur du groupe scolaire :

- passage piéton à l'ouest : niveau naturel, toutes les mesures sont strictement inférieures à 60 c/s,
- trottoir rue Marceau (cellules A à K) : niveau naturel (inférieur à 60 c/s) sauf une dizaine de points compris entre 60 c/s et 130 c/s (Nord Est de la cellule A1),
- trottoir rue Hoche (cellules A à K) : on note au niveau des cellules H6, I6 et G6, 5 points supérieurs à 500 c/s : 500, 600, 500, 750 et 650 c/s, et quelques zones comprises entre 100 et 500 c/s.

La valeur maximale mesurée sur le trottoir est de 750 c/s au contact (frontière entre les cellules H6 et I6), soit un débit de dose estimé par excès à 1,1 $\mu\text{Gy/h}$ au contact.

3 . 4 - MESURES PONCTUELLES DANS L'ENVIRONNEMENT EXTERIEUR PUBLIC NON CONTIGU AU GROUPE SCOLAIRE ET À SES TROTTOIRS

Il s'agit de mesures réalisées hors protocole et à titre exploratoire.

On notera en particulier :

- un point chaud dénommé E1 sur le trottoir rue Hoche, du côté opposé à l'école, en face de la pharmacie (localisé approximativement sur la carte C1).
- 1000 c/s SPP2 (et 1,23 $\mu\text{Gy/h}$ mesuré) au contact (voir tableau T2),
- 0,37 $\mu\text{Gy/h}$ mesuré à 1 mètre de hauteur,
- à 1 mètre de distance du point E1 au contact du sol on mesure aux quatre points cardinaux : 100, 250, 500 et 200 c/s,
- à l'angle de la rue Hoche (côté sud) et du boulevard Albert 1er, un point à 900 c/s au contact,
- à l'angle de la rue Hoche (côté sud) et de la rue du Port, un point à 600 c/s au contact,
- sur le parking place M. Chevalier épi central, zone à 100/120 c/s au contact.

Ces résultats confirment que la contamination des sols dans le domaine public dépasse largement l'emprise du groupe scolaire et ses abords immédiats, et qu'un plan systématique de contrôle radiométrique sur une vaste zone devrait être mis en œuvre.

3 . 5 - MESURES PONCTUELLES À LA DEMANDE DE RIVERAINS DU SITE DANS LE DOMAINE PRIVE

Il s'agit de pré-contrôles rapides effectués à la demande de riverains hors protocole (mesures SPP2 au contact du sol).

3 . 5 . 1 RUE MARCEAU

Au 13 rue Marceau (septembre 97)

- intérieur et extérieur (jardin) de la maison : aucun point supérieur à 50 c/s n'est relevé.

Au 35 rue Marceau (juillet 97)

- trottoir extérieur : 45 c/s
- cave : 45 c/s
- salle à manger maison individuelle : 55 c/s
- garage : 75 c/s
- pelouse : 120 à 220 c/s
- allée dallée : 75 c/s (côté nord) à 400 c/s (côté sud)
- fosse avec dalle béton contenant la terre issue des fouilles de la terrasse : 300 c/s

3 . 5 . 2 - RUE HOCHÉ

Au 11 rue Hoche (juillet 97)

- intérieur de la maison individuelle : 45 c/s
- trottoir extérieur : 45 c/s
- allée pavée : 60 à 220 c/s
- bande de terre à l'est de l'allée pavée : 60 c/s

Au 17 rue Hoche (septembre 97)

- jardin devant la maison : 75 c/s
- reste de la surface extérieure : 50 c/s
- sous-sol : inférieur ou égal à 50 c/s sauf puisard : 125 c/s.

Ces quelques contrôles préliminaires montrent que la contamination du sol concerne certains pavillons à proximité de l'école. Une campagne de prospection radiométrique devrait être proposée aux habitants du quartier

SYNTHÈSE

1 - BILAN DES CONTRÔLES RADIAMÉTRIQUES

a) sur l'emprise du groupe scolaire

Les travaux qui se sont succédés sur le site de l'École Marie Curie de Nogent-sur-Marne depuis le milieu des années 80 ont probablement conduit à un abaissement important des niveaux d'irradiation externe. Ils n'ont cependant pas permis de ramener les niveaux d'irradiation à des valeurs normales pour la région, ni surtout d'éliminer tous les points chauds, en particulier au sous-sol.

En surface : rez de chaussée et extérieurs - carte C1

- La quasi totalité du site a été contrôlée (5 046 m² sur 5 263 m²).
- Si l'on considère que les valeurs inférieures à 60 c/s au contact du sol correspondent au bruit de fond habituel de la région, on constate qu'un tiers environ de la surface (31%) se situe à un niveau d'irradiation "normal", soit 1 643 m² (zones en gris sur la carte).
- Les zones où le débit de dose est strictement inférieur à 0,2 µGy/h (flux de photons inférieur à 100 c/s) représentent les 3/4 de la surface, soit 3 905 m². Les zones correspondantes sont représentées en gris et vert.
- Le reste du site présente un marquage plus net par les activités passées. On distinguera des valeurs intermédiaires — de 100 à 300 c/s — sur 1 096 m², soit 21% de la surface qui présentent des niveaux d'irradiation de 2 à 5 fois le niveau naturel. Ces zones, représentées en bleu et en mauve sont particulièrement présentes dans la cour, le préfabriqué et les salles de classe de la maternelle ainsi que dans le préau du primaire (pour ne signaler que les espaces les plus fréquentés).
- Les valeurs les plus élevées — flux de photons supérieurs à 300 c/s — représentent une surface maximale de 45 m². Les zones concernées sont la salle de classe située en cellule I2, le hall et le bureau de la directrice (en D1) et, moins préoccupants parce que non accessibles, le jardin (G5 et 6) et l'espace vert (I6 et J6).

Cinq points chauds, présentant une irradiation au contact supérieure à 10 fois le niveau naturel (couleurs orange et rouge) ont été détectés à l'extérieur des bâtiments. Les maxima sont relevés sur les plates-bandes au nord de la maternelle (80 fois le niveau naturel) et dans la cour du primaire (40 fois le niveau naturel). Ces points chauds devraient à notre avis être rapidement balisés et éliminés par extraction de la portion de sol sous-jacente. Les niveaux d'irradiation mesurés en I2 (classe maternelle) et en D1 (hall primaire) proviennent des points chauds détectés dans le sous-sol sous-jacent.

Les surfaces à traiter sont, par excès*, de :

- 3 403 m², si l'on veut ramener le site à un niveau naturel pour la région ;
- 1 141 m², si l'on veut maintenir le niveau d'irradiation à moins de 100 c/s, soit un débit de dose strictement inférieur à 0,2 µGy/h.
- 45 m², pour éliminer les flux de photons supérieurs à 300 c/s de façon à garantir qu'en aucun point de la surface du Groupe Scolaire l'irradiation au contact ne dépasse six fois le niveau naturel, soit un débit de dose strictement inférieur à 0,43 µGy/h.

* Note : compte tenu du protocole de mesure et de codification utilisé, toutes les surfaces indiquées correspondent à une estimation par excès.

Les doses effectivement reçues dépendent du temps de présence dans les différents secteurs. Ces évaluations ainsi que les choix de radioprotection sortent du cadre de la présente expertise. Des scénarios doivent être élaborés, tant pour les enfants que pour le personnel.

Si, par exemple, on considère une exposition de 2 heures par jour, 150 jours par an, dans la cour de récréation de la maternelle, en zone bleue (point LB16 mesuré à 0,29 $\mu\text{Gy/h}$). Après déduction du bruit de (0,09 $\mu\text{Gy/h}$, point LB3), le surcroît d'exposition externe peut être évalué à $0,20 \times 300$, soit 60 $\mu\text{Sv/an}$. A cela s'ajoute le surcroît d'exposition encaissé à l'intérieur des bâtiments : dans la salle de classe, au point LB2 (0,51 $\mu\text{Gy/h}$), sur la base de 4 heures par jour, et de 150 jours par an, le surcroît d'exposition externe peut être évalué à $0,42 \times 600$, soit 252 $\mu\text{Sv/an}$. On obtient ainsi, pour la seule exposition externe, un total de 312 $\mu\text{Sv/an}$, soit près du tiers de la limite d'équivalent de dose de 1 mSv/an.

Au sous sol du groupe scolaire - carte C2

- La surface contrôlée représente environ 1 270 m². Les zones Z5 et Z6 n'ont pu être évaluées du fait de la hauteur sol/plafond.

- Seulement 83 m² (moins de 7% de la surface) correspondent à des valeurs "normales", inférieures à 60 c/s. Les zones où le débit de dose est strictement inférieur à 0,2 $\mu\text{Gy/h}$ (flux de photons inférieur à 100 c/s) représentent 30% de la surface explorée, soit 296 m² (zones en gris et vert). Les secteurs présentant des niveaux d'irradiation supérieurs à 300 c/s couvrent environ 350 m², soit 27% de la surface explorée.

- Les parties les plus fréquentées par le personnel de l'école (chaudière, cave, réserve, espace de travail pour l'entretien, monte charge) sont nettement moins irradiantes que le reste du sous-sol. Sur la base des relevés effectués, le débit de dose ambiant au contact du sol et à un mètre ne dépasse jamais 0,7 $\mu\text{Gy/h}$. Une surface d'environ 30 mètres carrés présente un niveau radiométrique au contact au moins deux fois supérieur au niveau naturel : de 100 à 500 c/s, si l'on excepte la portion de sol non recouverte en zone G (code orange).

- Certaines portions des sous-sol du primaire (zone A), et de la maternelle (zones H à Z5) présentent des points chauds pouvant dépasser 40 fois la radioactivité naturelle, et jusqu'à 220 fois. L'accès à ces zones s'effectue par une trappe métallique. À titre conservatoire, l'entrée dans ces secteurs devrait être strictement réglementée. Par ailleurs, l'augmentation de l'épaisseur du béton sur environ 100 m² permettrait d'abaisser l'irradiation à moins de 20 fois la radioactivité naturelle en tous points et de supprimer l'irradiation correspondante au rez-de-chaussée.

b) À l'extérieur du groupe scolaire

La contamination des sols dépasse l'emprise du groupe scolaire. Le terrain où est située "l'Entraide Nogentaise", le plan incliné en particulier, présente de fortes anomalies radiométriques avec un niveau quasiment toujours supérieur à quatre fois le niveau naturel. En plusieurs points, ont été relevées des valeurs vingt fois supérieures — et jusqu'à 44 fois supérieures — au bruit de fond naturel. Cette zone devrait être assainie en priorité. Elle donne une idée de l'état antérieur des terrains contaminés n'ayant pas subi de bétonnage ou de décontamination.

Des points chauds sont décelés sur les trottoirs adjacents à l'école, en particulier rue Hoche (jusqu'à 15 fois le niveau naturel). Sur le trottoir opposé au groupe scolaire, en face de la pharmacie, on mesure même ponctuellement 20 fois le niveau naturel. La découverte d'autres anomalies à l'angle de la rue Hoche et des boulevard Albert 1er et de la rue du Port, ainsi que dans des pavillons des rues Hoche et Marceau montre l'importance d'une extension des contrôles à l'ensemble du quartier.

Des démarches devraient être effectuées auprès des populations locales afin de recenser les transferts de contamination liés à la récupération d'objets contaminés ou de matériaux radioactifs

2/ AUTRES VOIES D'EXPOSITION

L'irradiation externe ne constitue qu'une des voies d'exposition. L'évaluation des risques radiologiques encourus par les enfants, le personnel et la population du quartier suppose des investigations complémentaires. En particulier :

- **concernant le terme source** : la réalisation de carottages de sol afin de préciser la profondeur de la contamination, la nature et la quantité des produits radioactifs. Les analyses de sol effectuées précédemment par la CRII-RAD sur de la terre superficielle (voir annexe 3) montrent que la présence, à des taux anormaux, de radium 226, uranium 238 et 235 et plomb 210. Ces analyses permettront de mieux évaluer les risques liés à l'inhalation des poussières radioactives.

- **concernant l'inhalation du radon et de ses descendants** : des mesures doivent être conduites dans chaque pièce du bâtiment au rez-de-chaussée. D'après nos premières mesures, les niveaux de radon sont très élevés (conduisant à des équivalents de dose pouvant dépasser 1 milliSievert en une dizaine d'heures, en particulier en zone A, dans le sous-sol du primaire) et ce malgré la présence des extracteurs d'air.*

La classification de certaines parties du sous-sol en zone surveillée ou contrôlée devrait être mise à l'étude sans délai, ainsi qu'une formation, une information et une protection radiologique des personnels (port d'un masque respiratoire, intervention avec système portable de ventilation forcée).

- **une campagne systématique de dépistage du radon 222** devrait être lancée dans les maisons du quartier. Il faut rappeler à ce sujet que le laboratoire de la CRII-RAD avait mesuré au 33 rue Marceau (*), à la demande d'une locataire en mars 94, des niveaux de radon 222 pouvant atteindre 14 000 Bq/m³ à la cave, 8 000 Bq/m³ au rez-de-chaussée, 6 700 Bq/m³ au premier et 6 500 Bq/m³ au deuxième étage (mesures reproduites en annexe 3). À titre de comparaison, les seuils d'intervention préconisés par la CIPR sont compris entre 200 et 600 Bq/m³.

Les décisions concernant le devenir du site — fermeture et/ou assainissement — ne pourront être prises sur la seule base de l'évaluation de l'irradiation externe. Toutes les contributions doivent être comptabilisées.

(*) Il s'agit de l'ancienne maison du Directeur de l'usine du radium.

(**) Compte tenu de l'importance des risques radiologiques, nous en avons informé M. Genty par télécopie en date du 19 août 1997. Il nous paraît important qu'en attente des suites judiciaires donnés à ce dossier, l'autorité de radioprotection soit informée de ces résultats sans délai et que les mesures nécessaires soient prises en conséquence.

