

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 E

Version :
00

Date :
27/07/02

Page : 1 / 14

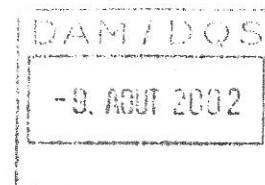
SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS

SUBATECH - ECOLE MINES NANTES
DO 12 27/07/02



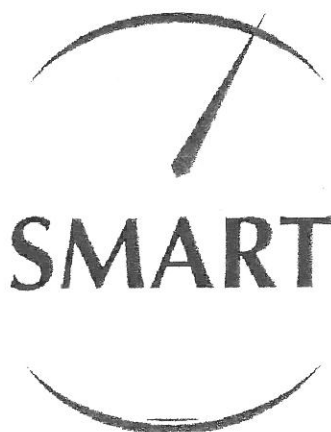
02SSPP001344

Diffusé le 09/08/02



SITE DU FORT DE VAUJOURS

RAPPORT DE SYNTHESE DES INTERVENTIONS DE SUBATECH SUR LE SITE DE VAUJOURS



DAM/DQS				
Nom	LECT	VISA	Acti	Copie
PDo				1
HG				
PM	X			
MA				
AH				
MI				
YK				
MP				
DS				
JLE				
CM				
CL				

Copie
de la
Gouvern.

Date de mise en application : 26/07 / 02

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes		Doc. : DEV.00.012 E Version : 00 Date : 27/07/02 Page : 2 / 14
SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS		

N° de version	Date de la modification	Objet de la modification
00	26/07/02	création du document

	Rédacteur	Vérificateur	Chef de Service
Visas :			
Noms :	G. Blain	M. Bertaud	M. Mokili
Date :	27/08/02	07/08/02	07/08/2002

Exemplaire attribué à : Mr le Professeur Guillaumont et au CEA

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes	Doc. : DEV.00.012 E Version : 00 Date : 27/07/02
SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS	Page : 3 / 14

SOMMAIRE

1.	Objectifs du présent rapport	4
2.	Rappel chronologique du déroulement des opérations :	4
3.	Opérations effectuées par le laboratoire SUBATECH	7
3.1	<i>Campagne de détection de terrain</i>	7
3.2	<i>Campagne de prélèvements des échantillons</i>	8
3.3	<i>Campagne de traitements et de mesures des échantillons de sols</i>	8
3.4	<i>Mesures des eaux de Vaujours de la campagne de prélèvement de novembre 2001</i>	9
3.5	<i>Mesures des carottes de la campagne de forage de novembre 2001</i>	9
3.6	<i>Campagne d'assainissement de la zone de la casemate CA 14 et des points singuliers</i>	10
3.7	<i>Mesures des échantillons d'eaux et de solides prélevés par le laboratoire BURGEAP en avril 2002</i>	10
3.8	<i>Mesures des échantillons prélevés lors de la campagne d'assainissement de mai 2002</i>	11
3.9	<i>Mesures des bio-indicateurs</i>	11
4.	Bilan des interventions du laboratoire SUBATECH	12
5.	Archivage des échantillons	13
5.1	<i>Archivage des échantillons solides</i>	13
5.2	<i>Archivage des échantillons d'eaux</i>	13
6.	Annexes	14

1. Objectifs du présent rapport

A la demande du CEA et de Mr le Professeur Guillaumont, président du comité technique du Fort de Vaujours, nous avons rédigé ce rapport de synthèse des interventions effectuées par le laboratoire SUBATECH sur le site du Fort de Vaujours.

Il résume un historique chronologique du déroulement des opérations effectuées, réunions du CT et du CLI, puis un rappel succinct des interventions et des campagnes de mesures sur le terrain et au laboratoire et en annexe la copie de tous les rapports qui ont été diffusés.

2. Rappel chronologique du déroulement des opérations :

Date	lieu	opérations	objets	intervenants	organismes	Documents émis
05/12/00	CEA 91 Bruyères le Châtel	réunion	Présentation du projet	P.Massicot M.Mokili G.Blain	CEA SUBATECH SUBATECH	SUBATECH Offres de prestations Site de Vaujours
18/12/00	Fort VAUJOURS	Réunion visite	Présentation du site	P.Massicot M.Mokili G.Blain	CEA SUBATECH SUBATECH	Mesures radiologiques du 20/12/00
16/02/00	DRIRE 77 SAVIGNY	Réunion CST	Définition du plan d'échantillonnage et des techniques analytiques	Membres M.Mokili G.Blain	CST SUBATECH SUBATECH	Compte rendu (CR) DRIRE du CST 16-02-01
01/03/01	DRIRE 77 SAVIGNY	Réunion CST	Approbation du CR Du GT restreint du 08/02/01 Conclusions sur modalités de prélèvements et analyses	Membres A.Abdelouas G.Blain G.	CST SUBATECH SUBATECH	CR DRIRE Réunion 08-02/01 CST restreint du 01-03/01
29/03/01	Mairie VAUJOURS	Réunion CLI	Présentation du suivi radiologique et hydrogéologique du site de Vaujours	Membres P.Chardon G.Blain	CLI CST SUBATECH SUBATECH	
03/04/01	Fort Vaujours	Réunion de chantiers	Visite lieu de travail Plan de prévention	Sécurité Intervenants G.Blain	CEA BURGEAP SUBATECH	Plan de Prévention CEA N°01/2001

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 E

Version :

00

Date :

27/07/02

Page :5 / 14

SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS

Date	lieu	opérations	objets	intervenants	organismes	Documents émis
23/04/01 au 27/04/01	Fort Vaujours	Intervention	1 ^{ère} campagne de détection gamma de terrain	G.Collin E.Pleiber G.Blain Intervenants Intervenants Membres	SUBATECH SUBATECH SUBATECH CRIIRAD OPRI CST	Rapport SUBATECH Campagne de détection de terrain DEV.00.012.A du 18/05/01
02/05/01 au 04/05/01	Fort Vaujours	Intervention	2 ^{ème} campagne de détection gamma de terrain	G.Collin E.Pleiber Intervenants Intervenants Membres	SUBATECH SUBATECH CRIIRAD OPRI CST	
09/05/01 au 11/05/01	Fort Vaujours	Intervention	3 ^{ème} campagne de détection gamma de terrain	G.Collin M.Bailly Intervenants Membres	SUBATECH SUBATECH CRIIRAD CST	
11/05/01	Fort Vaujours	Réunion de chantiers	Bilan campagne de mesures	G.Collin M.Bailly Intervenants Membres	SUBATECH SUBATECH CRIIRAD CST	CR DRIRE de la réunion sur le bilan de la caractérisation radiologique du site du 17/05/01
28/05/01	DRIRE 77 SAVIGNY	Réunion CST	Bilan des campagnes de détection Préparation du plan de prélèvements	Membres G.Blain	CST SUBATECH	CR de la réunion du 28-05-01
26/06/01 au 29/06/01	Fort Vaujours	intervention	1 ^{ère} campagne de prélèvements	G.Collin E.Pleiber Intervenants Intervenants Membres	SUBATECH SUBATECH CRIIRAD OPRI CST	Rapport SUBATECH de la Campagne de prélèvements DEV.00.012.B du 25/07/01
10/07/01 au 12/07/01	Fort Vaujours	intervention	2 ^{ème} campagne de prélèvements	M.Bailly G.Blain Intervenants Membres	SUBATECH SUBATECH CRIIRAD CST	
03/07/01 au 21/09/01	Laboratoire SUBATECH	Analyses laboratoire	Traitement et mesures des échantillons : Terres et mousses	G.Collin E.Pleiber M.Bailly S.Vioulès G.Blain	SUBATECH SUBATECH SUBATECH SUBATECH SUBATECH	Rapport SUBATECH des résultats en spectrométrie gamma des échantillons prélevés sur le site DEV 00.012.C DEV.00.012.F pour les mousses
25/09/01	DRIRE 77 SAVIGNY	Réunion CST	Préparation de la CLI du 0/10/01 Avancement des travaux	Membres G.Blain	CST SUBATECH	CR DRIRE de la réunion du 25-09-01
02/10/01	Mairie COUNTRY	Réunion CLI	Bilan de l'avancement des travaux	Membres Membres M.Mokili G.Blondiaux G.Blain	CLI CST SUBATECH SUBATECH SUBATECH	



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 E

Version :
00

Date :
27/07/02

Page : 6 / 14

SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS

Date	lieu	opérations	objets	intervenants	organismes	Documents émis
19/11/01	DRIRE 77 SAVIGNY	Réunion CST	Commentaires sur rapports détection et mesures des échantillons	Membres G.Blain	CST SUBATECH	
23/11/01 au 13/12/01	Laboratoire SUBATECH	Analyses laboratoire	Mesures en ICP MS des eaux de Vaujourn Campagne novembre 2001	A.Abdelouas S.Delaunay	SUBATECH SUBATECH	Rapport SUBATECH 01-187- C du 13/12/01
06/12/01 au 11/01/02	Laboratoire SUBATECH	Analyses laboratoire	Mesures radiolo-giques des carottes de forage	G.Collin E.Pleiber M.Bailly G.Blain	SUBATECH SUBATECH SUBATECH SUBATECH	Rapport SUBATECH 02-09- C du 11/01/02
01/03/02	DRIRE 77 SAVIGNY	Réunion CST	Préparation CLI	Membres G.Blain	CST SUBATECH	
11/03/02	Mairie VAUJOURS	Réunion CLI	Avancement des travaux de contrôle Présentation de l'assainissement	Membres Membres M.Mokili G.Blondiaux G.Blain	CLI CST SUBATECH SUBATECH SUBATECH	
12/04/02	DRIRE 77 SAVIGNY	Réunion CST	Préparation du contrôle d'assainissement de la CA14	Membres G.Blain	CST SUBATECH	CR CEA réunion du 12- 04-02 avec le document relatif aux modalités du contrôle
12/04/02 au 30/05/02	Laboratoire SUBATECH	Analyses laboratoire	Traitement et mesures en ICP MS des eaux et carottes de la campagne avril 2002	A.Abdelouas S.Delaunay G.Collin	SUBATECH SUBATECH SUBATECH	Rapport SUBATECH 02-106-C du 30/05/02
13/05/02 au 15/05/02	Fort de Vaujourn	intervention	Contrôle de l'assainissement de la CA14 et des PS et des PC Prélèvements de 4 échantillons	M.Bailly E.Pleiber G.Blain Intervenants Membres	SUBATECH SUBATECH SUBATECH CRIIRAD CST	Rapport SUBATECH de la campagne du contrôle de l'assainissement de la zone CA14 et des points singuliers DEV.00.012.D du 24/05/02
15/05/02 au 06/06/02	Laboratoire SUBATECH	Analyses laboratoire	Traitement et mesures en spectrométrie gamma des prélèvements de la campagne d'assainissement	E.Pleiber G.Collin G.Blain	SUBATECH SUBATECH SUBATECH	Rapport SUBATECH 02-113-C du 06/06/02
07/06/02	DRIRE 77 SAVIGNY	Réunion CST	Compte rendu de la campagne d'assainissement	Membres G.Blain	CST SUBATECH	

Dans ce tableau sont reportées essentiellement les opérations relatives au suivi radiologique du site du Fort de Vaujourn aux quelles a participé le Laboratoire SUBATECH .

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes		Doc. : DEV.00.012 E
		Version : 00
		Date : 27/07/02
SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS		Page : 7 / 14

Parmi les intervenants figurent principalement les personnels de SUBATECH qui ont participé à ces opérations sur site ou en laboratoire, pour les autres intervenants il faut se reporter aux listes jointes aux rapports émis par la DRIRE de Seine et Marne .

Dans la liste des documents émis lors de ces différentes opérations figurent principalement les rapports émis par le Laboratoire SUBATECH et les publications où sont mentionnées les actions effectuées par notre laboratoire, hors mis ceux édités par le CEA, le laboratoire CRIIRAD, BURGEAP et les DDASS 77 et 93 .

Il en est de même pour toutes les réunions du CST, il n'est reporté dans ce tableau uniquement celles qui ont fait l'objet de la participation d'un représentant de SUBATECH, car ce rapport n'a que pour objet une synthèse de l'action du laboratoire SUBATECH dans les opérations du suivi radiologique du Fort de Vaujours.

3. Opérations effectuées par le laboratoire SUBATECH

Suivant son offre de prestations et les directives et les recommandations émises par le comité de suivi technique le, laboratoire SUBATECH a réalisé les interventions suivantes dans le cadre du suivi radiologique et de l'hydrogéologie du site du Fort de Vaujours .

3.1 Campagne de détection de terrain

Cette campagne qui s'est déroulée en trois phases aux mois d'avril et mai 2001 a eu pour but d'effectuer un contrôle de la radioactivité gamma par un balayage, au maillage très fin, du site avec des sondes de détection gamma de type scintillateur NaI .

Des intervenants du laboratoire CRIIRAD et de l'IRSN (ex Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants) ont participé et collaboré à cette campagne .

Le but de ces mesures étaient de repérer d'éventuels points singuliers dont la radioactivité gamma était au moins trois fois supérieure à celle de la zone prospectée .

Cette campagne a permis de détecter 18 points singuliers (référencés PS_i) par le laboratoire SUBATECH et 8 par le laboratoire CRIIRAD (référencés PC_i) .

Ces points singuliers étaient principalement répartis dans le Fort Central, deux points seulement furent trouvés à l'extérieur du Fort Central dans l'enceinte du Centre d'Etudes de Vaujours.

Une concentration de 7 points singuliers s'est présentée sur la zone de la casemate CA14 du fort central .

La méthodologie des mesures, le zonage du site, le déroulement des opérations, les résultats des contrôles et le relevé des points singuliers font l'objet du rapport référencé DEV.00.012.A relatif à la campagne de détection de terrain dont une copie est jointe en annexe de ce présent rapport .

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes		Doc. : DEV.00.012 E
		Version : 00
		Date : 27/07/02
SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS		Page : 8 / 14

3.2 Campagne de prélèvements des échantillons

Suite à la détection de points singuliers, une campagne de prélèvements d'échantillons a été réalisée en deux phases aux mois de juin et de juillet 2001 .

Des intervenants du laboratoire CRIIRAD et de l'ex Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants ont participé et collaboré à cette campagne .

Elle a eu pour but d'effectuer des prélèvements de sols et de matériaux au niveau des points singuliers afin de définir le spectre des radioéléments qui dépassaient le seuil de radioactivité . Des prélèvements de bio-indicateurs (mousses) ont eu lieu afin d'évaluer l'impact éventuel des tirs à l'uranium effectués sur ce site.

La méthodologie de prélèvement, le traitement, les conditions de mesures et l'archivage des échantillons furent définis par le Comité de Suivi Technique du site ainsi que le rôle de chaque laboratoire intervenant (CEA, CRIIRAD et SUBATECH).

Les intervenants du laboratoire SUBATECH ont effectués les prélèvements en collaboration avec ceux du laboratoire CRIIRAD qui par ailleurs ont choisis et prélevés seuls les bio-indicateurs .

Il a été constitué 94 échantillons à partir des 31 points de prélèvement de sols et 9 échantillons de bio indicateurs ont été prélevés sur les 9 points de prélèvement choisis par la CRIIRAD.

Les échantillons de sols ont été prélevés sur une profondeur de 30 centimètres en moyenne, par tranche de 10 cm (soit 3 tranches par points, une tranche A de 0 à 10 cm, B de 10 à 20 cm et C de 20 à 30 cm), avec un carotteur ou une pelle suivant leur texture. La radioactivité et le débit de dose gamma ont été mesurés sur chaque échantillon ainsi que dans les trous formés .

Les échantillons ont été conditionnés dans des sacs plastiques et étiquetés, chaque échantillon a fait l'objet d'une fiche de prélèvement définie et archivée par le laboratoire SUBATECH .

Tous les échantillons ont été acheminés au laboratoire SUBATECH pour y être traités et mesurés . La méthodologie des prélèvements, le déroulement des opérations, la liste des échantillons et les résultats de leur mesures de terrain font l'objet du rapport référencé DEV.00.012 B relatif à la campagne de prélèvements dont une copie est jointe en annexe de ce présent rapport.

3.3 Campagne de traitements et de mesures des échantillons de sols

Cette campagne s'est déroulée aux mois de juillet, août et septembre 2001 dans les locaux du laboratoire SUBATECH.

Elle a eu pour but, le traitement, le conditionnement, la répartition en 4 lots, l'expédition d'un lot spécifique (3 et 4) à chaque laboratoire CEA et CRIIRAD pour mesures, l'archivage d'un lot (1), la mesure en spectrométrie gamma du lot 2 .

Les modalités de ces opérations avaient été définies par le Comité de Suivi Technique ainsi que les conditions de mesures en spectrométrie gamma, à chaque laboratoire restait le choix de la géométrie et du temps de comptage .

Seuls les échantillons des niveaux A et C ont été traités et mesurés à la demande du CST .

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes		Doc. : DEV.00.012 E
		Version : 00
		Date : 27/07/02
SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS		Page : 9 / 14

La méthodologie de traitement des échantillons, leur archivage, les conditions et les résultats des mesures font l'objet du rapport référencé DEV.00.012 C relatif aux résultats des mesures en spectrométrie gamma des échantillons solides prélevés sur le site dont une copie est jointe en annexe de ce présent rapport .

3.4 Mesures des eaux de Vaujours de la campagne de prélèvement de novembre 2001

Le laboratoire BURGEAP a réalisé, durant le mois de novembre 2001, une campagne de prélèvements d'eaux dans les puits P(2, 9, D, K et L), dans les piézomètres PZ(3/1, J, 2, 3, 4, 5, 6 et 7) dans la source des malades, dans la source J et dans le puits Cagnet, soit 16 prélèvements au total .

Des parties aliquotes de 250 ml acidifiées et conditionnées en flacon de polyéthylène de ces prélèvements avec un blanc sont parvenus au laboratoires SUBATECH le 23 novembre 2001 pour l'analyse de la concentration en uranium 238, en uranium 235 en micro gramme par litre et du rapport isotopique uranium 235 sur uranium 238 par ICP-MS .

Les résultats de ces analyses sont consignés dans le document intitulé «amendement au rapport d'essai » N° 01-187-C édité le 17 décembre 2001 dont la copie est en annexe de ce rapport .

3.5 Mesures des carottes de la campagne de forage de novembre 2001

Le laboratoire BURGEAP a réalisé aussi sur le site , durant le mois de novembre 2001, 3 forages (B1, B2 et B3) qui ont donné 9 carottes pour le forage B1, B2 et 10 carottes pour le forage B3. Des parties aliquotes broyées de 500 grammes environ de ces 28 carottes sont arrivées au laboratoire SUBATECH le 4 décembre 2001 . Elles ont été mesurées en spectrométrie gamma pendant un temps de 50 000 à 100 000 secondes .

Les résultats de ces mesures font l'objet du rapport d'essai N° 0-9-C édité le 11 janvier 2002 dont la copie est en annexe de ce rapport .

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes		Doc. : DEV.00.012 E
		Version : 00
		Date : 27/07/02
SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS		Page : 10 / 14

3.6 Campagne d'assainissement de la zone de la casemate CA 14 et des points singuliers

Le CEA a procédé entre les mois d'octobre 2001 et d'avril 2002 à la décontamination et à l'assainissement des points singuliers, repérés par les laboratoires CRIIRAD et SUBATECH, et de la zone de la casemate CA14 dans le Fort Central.

Les laboratoires SUBATECH et CRIIRAD ont effectué le contrôle de cette opération par une campagne de mesures au mois de mai 2002. Les modalités de ces interventions avaient été préalablement définies par le CST.

Ce contrôle n'a pas détecté de points singuliers d'un niveau supérieur à 3 fois l'activité gamma ambiante de la zone considérée, les activités mesurées étaient du niveau de l'activité ambiante, confirmant ainsi l'assainissement réalisé.

A la demande et sur indication du laboratoire CRIIRAD, avec l'accord du CEA et du Professeur Guillaumont, le laboratoire SUBATECH a effectué 4 prélèvements de sol (qui n'avaient pas été prévus par le CST), 3 sur la zone assainie CA 14 et 1 au point singulier PS5 assaini.

Ces prélèvements ont été réalisés dans les mêmes conditions que ceux de la campagne de prélèvements de 2001.

Ils ont pour but de contrôler l'assainissement sur une profondeur de 30 centimètres par comparaison avec les points de référence de la campagne de prélèvements de 2001.

Les modalités, le déroulement et les résultats des mesures sont consignés dans le rapport sur la campagne du contrôle de l'assainissement de la zone CA14 et des points singuliers

N° DEV.00.012.D du 4 mai 2002 dont la copie est en annexe de ce rapport.

3.7 Mesures des échantillons d'eaux et de solides prélevés par le laboratoire BURGEAP en avril 2002

Pendant le mois d'avril 2002 le laboratoire BURGEAP a procédé aux prélèvements d'eaux aux mêmes points de la campagne de novembre 2001 plus quelques points supplémentaires (piézomètres PZ1bis, PZ2 bis, PZ3 bis, PZE 70m, PZE 80m, PZE 95m) ainsi qu'à des prélèvements solides(carottes de forages).

Ces échantillons sont arrivés au laboratoire SUBATECH le 1 avril 2002, 19 parties aliquotes constituées de 100 ml d'eau acidifiée et conditionnée dans des pots en polyéthylène et 15 parties aliquotes solides de 100 grammes environ, traitées et broyées, des carottes des forages(B1/11, B1/12, B1/13, B1/14, B1/15, B1/16, E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8 et E9).

Une prise d'essai de 0,5 gramme de chaque solide a été solubilisée par une attaque acide complète. Ensuite tous les échantillons aqueux et solides en solution ont été analysés en ICP MS pour mesurer leur concentration en uranium total en mg/kg pour les solides et en µg/l pour les eaux.

Tous ces résultats sont consignés dans le rapport d'analyse N° 02-106-C du 30 mai 2002 dont une copie est jointe en annexe.

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes		Doc. : DEV.00.012 E
		Version : 00
		Date : 27/07/02
SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS		Page : 11 / 14

3.8 Mesures des échantillons prélevés lors de la campagne d'assainissement de mai 2002

Ces quatre échantillons ont subi le même traitement que les eaux de la campagne de prélèvements de 2001, à la seule différence qu'ils n'ont pas été divisés en tranches (A, B et C) mais qu'ils ont été regroupés en une seule fraction globale de 0 à 30 cm après leur séchage, tamisage et broyage . Une partie aliquote de chaque échantillon a été envoyée aux laboratoires CEA et CRIIRAD pour mesures. Une autre partie aliquote a été mesurée en spectrométrie gamma pendant 150 000 secondes .

Les activités mesurées des radioéléments de la famille de l'uranium 238 correspondent à celles des références du site, leur radioactivité étant inférieure à 1 Bq/g ce qui confirme l'assainissement du site effectué par le CEA .

Ces résultats sont consignés dans le rapport d 'analyse N° 02-113-C du 06 juin 2002 dont la copie est en annexe de ce rapport, les valeurs des activités des références étant dans le rapport DEV.00.01.C .

3.9 Mesures des bio-indicateurs

Ces échantillons sont représentés par des mousses qui ont été prélevés sur le site et à l'extérieur du site, par le laboratoire CRIIRAD, durant la campagne de prélèvements des mois de juin et de juillet 2001 .

Il a prélevé 9 échantillons de mousses qui ont été acheminés ensuite au laboratoire SUBATECH pour analyse .

Le laboratoire CRIIRAD, spécialisé dans le traitement de ce genre de bio-indicateurs, a envoyé une personne au laboratoire SUBATECH dans le courant du mois de juillet 2001 pour montrer le traitement de ces échantillons .

Les mousses ont ensuite été préparées par des techniciens de SUBATECH suivant le même mode opératoire que celui de la CRIIRAD, puis elles ont été mesurées en spectrométrie gamma à la fin du mois d'octobre 2001, raison pour laquelle les résultats de ces mesures ne figurent pas dans le rapport de SUBATECH sur les résultats en spectrométrie gamma des échantillons solides prélevés sur le site de Vaujours dont la première version a été émise le 8 octobre 2001.

Ces résultats ont fait simplement l'objet d'un tableau de résultats que Monsieur le Professeur Guillaumont à intégrer dans un tableau comparatif de radioactivité des mousses entre les résultats du CEA et de SUBATECH émis par courrier électronique le 11 janvier 2002.

En complément nous reportons dans le rapport DEV 00.012.F, le traitement et les résultats en spectrométrie gamma effectués sur ces échantillons ainsi que quelques compléments de réponses posées sur le rapport DEV.00.012.D relatif à la campagne de contrôle d'assainissement de la zone CA14 et des points singuliers .

Une copie de ce rapport est jointe en annexe .



4. Bilan des interventions du laboratoire SUBATECH

Sur le site, les mesures de radioactivité gamma avec des sondes de détection équipées de scintillateur NaI, ont permis la détection de 26 points singuliers dont le taux de radioactivité était de l'ordre ou supérieur à trois fois le taux de radioactivité gamma ambiant..

Les analyses des prélèvements, en laboratoire, par spectrométrie gamma, ont permis de distinguer :

- des échantillons qui contenaient de manière intrinsèque de l'uranium naturel, en équilibre de régime avec ses descendants (radium 226), représentés par des cailloux (meulière...) constituant les sols ou les murs contrôlés et qui par effet de masse ont entraîné une détection à un niveau d'un facteur trois au plus par rapport au taux ambiant .

- des échantillons, au nombre de quatre, provenant de sols contaminés par des morceaux de paratonnerres au radium 226 ou à l'américium 241, installés pour la protection du site contre la foudre .

Ces points singuliers, après leur détection, avaient fait l'objet d'une décontamination par le CEA qui en avait identifié les radioéléments, aussi les prélèvements de sols effectués après cette opération ne montraient que des traces de ces radio nucléides .

- des échantillons contenant de l'uranium naturel anthropique correspondant à des contaminations ponctuelles en ce radioélément avec une densité de points un peu plus importante dans la zone CA14 où il a été trouvé quelques morceaux de cet uranium sous forme métallique plus ou moins oxydée de quelques dizaines de grammes .

L'exploration du Fort Central a fait l'objet d'un maillage très fin alors que celui de la zone extérieure au fort a été un peu plus large du fait de la configuration du site (bâtiments, voies de circulation goudronnées ou bétonnées faisant écran aux mesures) .

Les résultats des mesures à l'extérieur du Fort, dans ce contexte, ont été confirmées par une campagne effectuée par le CEA avec le système AUTONUC monté sur un véhicule tout terrain . Il est à noter que l'efficacité de ce contrôle, principalement de surface, est limité à une profondeur de quelques dizaines de centimètres en fonction de la nature du terrain .

Les résultats de mesures des mousses en spectrométrie gamma ainsi que celles des carottes de forage n'ont pas décelé d'activité spécifique en uranium .

Les résultats des analyses de la teneur en uranium ainsi que de son rapport isotopique par ICP MS sont exploités dans les rapports hydrogéologiques du laboratoire BURGEAP .

Enfin la campagne de contrôle de l'assainissement de la zone CA14 et des points singuliers et l'analyse des échantillons prélevés ont confirmé le retour de ces zones au niveau ambiant de surface du fort .

Ainsi le laboratoire SUBATECH pense avoir répondu à l'attente, aux consignes et aux directives qui lui étaient demandées de la part du Comité de Suivi Technique du Fort de Vaujours dans le cadre de son suivi radiologique .

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes		Doc. : DEV.00.012 E
		Version : 00
		Date : 27/07/02
SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS		Page : 13 / 14

5. Archivage des échantillons

5.1 Archivage des échantillons solides

Les échantillons de prélèvements de sol constituant les lots 0 (échantillons conservateurs) et les lots 2 (échantillons destinés à l' analyse par le laboratoire SUBATECH) ainsi que les échantillons de carottes de forage et de bio indicateurs sont actuellement stockés par le laboratoire SUBATECH dans un local approprié .

Lors des réunions du CST, les modalités de l'archivage de ces échantillons n' ont pas été définies précisément, soit :

- la durée de leur stockage au laboratoire SUBATECH .
- leur destination après ce stockage provisoire :
 - leur élimination par le laboratoire SUBATECH après avoir évalué le coût et la prise en charge de l'opération de la mise aux déchets des échantillons radioactifs .
 - ou le transfert de la totalité de ces échantillons au CEA après en avoir défini les modalités et évalué le coût de cette opération .

5.2 Archivage des échantillons d'eaux

Actuellement le laboratoire SUBATECH stocke, dans une armoire froide, toutes les parties aliquotes acidifiées des prélèvements d'eaux effectués par le laboratoire BURGEAP qui ont été analysées en ICP-MS .

Les modalités, définies par le laboratoire SUBATECH, sur la conservation des échantillons d'eaux impliquent leur élimination trois mois après la remise du rapport de leur analyse si le demandeur de ces mesures n'a pas fait de remarques particulières durant cette période sur les conditions de conservation de ces échantillons .

Ces modalités peuvent elles être appliquées ? Dans le cas contraire quel sera le devenir de ces échantillons ?

Nous souhaiterions que le CST se prononce sur l'archivage et le devenir de tous ces échantillons avant la clôture du suivi radiologique du site de Vaujours .

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes		Doc. : DEV.00.012 E
		Version : 00
		Date : 27/07/02
SYNTHESE DES INTERVENTIONS SUR LE SITE DE VAUJOURS		Page : 14 / 14

6. Annexes

La copie du :

- Rapport DEV.00.012.A sur la campagne de détection de terrain du site de Vaujours (version 00 du 18/05/01) .
- Rapport DEV.00.012.B sur la campagne de prélèvements (version 00 du 25/07/01) .
- Rapport DEV.00.012.C sur les résultats en spectrométrie gamma des échantillons solides . (version 03 du 13/11/01) .
- Rapport DEV.00.012.D sur la campagne de contrôle de l'assainissement de la zone CA14 et des points singuliers (version 00 du 24/05/02) .
- Rapport DEV.00.01 F sur les mesures des bio indicateurs (version 00 du 6/08/02) .
- Rapport N° 01-187-C du 17/12/01 sur les mesures de la concentration en uranium des eaux de la campagne de novembre 2001 .
- Rapport d'essai N° 02-9-C du 04/12/01 sur les mesures en spectrométrie gamma des carottes .
- Rapport d'analyse N° 0-106-C sur les mesures de la concentration en uranium des eaux de la campagne d'avril 2002 et des carottes .
- Rapport d'analyse N° 0-113-C sur les mesures en spectrométrie gamma des échantillons prélevés durant la campagne de contrôle de l'assainissement .

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 A

Version :
00

Date :
18/05/01

Page : 1 / 28

CAMPAGNE DE MESURES RADIOLOGIQUES SUR LE SITE DE VAUJOURS

SITE DU FORT DE VAUJOURS

CAMPAGNE DE DETECTION DE TERRAIN

DU 23/04/01 AU 27/04/01

DU 02/05/01 AU 04/05/01

ET DU 09/05/01 AU 11/05/01



date de mise en application : 18 / 05 / 01

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 A

Version :
00

Date :
18/05/01

Page : 2 / 28

CAMPAGNE DE MESURES RADIOLOGIQUES SUR LE SITE DE VAUJOURS

N° de version

Date de la modification

Objet de la modification

00

18 / 05 / 01

création du document

	Rédacteur	Vérificateur	Chef de Service
Visas :			
Noms :	BLAIN	CHARDON	MOKILI
Date :	22-05-01	22/05/01	22/05/01

Exemplaire attribué à : CEA



SOMMAIRE

1.	Objectifs de la campagne	4
2.	Moyens	4
2.1	<i>Personnel</i>	4
2.2	<i>Matériel</i>	4
2.2.1	Caractéristiques	4
2.2	Correspondances des valeurs instrumentales	5
2.3	<i>Méthodologie des mesures</i>	8
3.	Déroulement de la campagne de mesures	10
3.1	<i>Zonage du site</i>	10
3.1.1	Les 3 pas de tirs du fort central, RX1, RX3, PH	10
3.1.2	Les voies de communication et les talus du fort central	11
3.1.3	La zone externe au fort central	12
3.1.4	Les points de référence hors du site :	13
3.2	<i>Déroulement des opérations de mesures :</i>	13
3.2.1	Première campagne :	13
3.2.2	Les points de référence hors du site	14
3.3	<i>Déroulement des opérations de mesures</i>	14
3.3.1	Deuxième campagne	14
3.3.2	Troisième campagne	15
	Résultats des mesures	16
4.1	<i>Postes de tir du fort central</i>	16
4.2	<i>Les voies de communication et les talus du fort central</i>	17
4.3	<i>La zone externe au fort central</i>	18
4.4	<i>Points de référence hors du site</i>	19
4.5	<i>Relevé des points singuliers</i>	20
4.5.1	Mesures des points singuliers PS	20
4.5.2	Résultats des mesures communes CRIIRAD-SUBATECH de points singuliers PS :	21
4.6	<i>Commentaires :</i>	21
5.	Conclusions :	21
6.	Annexes	23
6.1	<i>Annexe 1 : Repérage des zones de mesure Fort Central</i>	23
6.2	<i>Annexe 2 : Repérage des zones de mesure hors fort central</i>	25
3	<i>Annexe 3 : Repérage des points singuliers</i>	27



1. Objectifs de la campagne

Cette campagne a pour but la réalisation d'une cartographie gamma du site (fort central et zone extérieure au fort) en relevant les points singuliers dont l'activité gamma est au moins supérieure d'un facteur 3 à l'activité ambiante de la zone considérée mesurée.

2. Moyens

2.1 Personnel

La campagne s'est déroulée en 3 périodes :

- 1^o période du 23/04/01 au 23/04/01 en présence de 2 techniciens et d'un ingénieur SUBATECH, en parallèle avec le laboratoire CRIIRAD.
- 2^o période du 02/05/01 au 04/05/01 en présence de 2 techniciens SUBATECH.
- 3^o période du 09/05/01 au 11/05/01 en présence de 2 techniciens SUBATECH.

2.2 Matériel

2.2.1 Caractéristiques

Les matériels utilisés pendant la campagne ont été les suivants :

- Un polyradiamètre portatif MIP 21- NARDEUX, compteur équipé d'une sonde de détection de rayonnements gamma et X de type SX2-NARDEUX.
- Un appareil EASYSPEC-CANBERRA, équipé d'une sonde à scintillation de type NaI et réalisant les fonctions de compteur de rayonnements gamma, de spectromètre de rayonnements gamma et de radiamètre mesurant le débit de dose gamma.
- Deux échelles de comptage à mémoires (capacité de 500 mesures consécutives) de type ECM 21-nardeux, équipé de 2 sondes de détection de rayonnements gamma de type SG2-NARDEUX.

Tableau des caractéristiques des sondes :

Type	Rayonnement détecté	Caractéristiques	Surface sensible cm ²	Energie limite inférieure détectée keV	Fenêtre de mesure	LD U Naturel a 10 cm Bq/cm ²	BDF en c/s dans ambiance à 0,1 µGy/h
SG2	gamma	Scintillateur NaI 32x25 mm	8	30	Al 0,5 mm	20	50
SX2	X, gamma	Scintillateur NaI TI N 32 X3/B	8	5	Be 0,2 mm	10	20
Easyspec	gamma	Scintillateur NaI 50x50 mm	30	30	Al 0,5 mm		0,05



2.2.2 Correspondances des valeurs instrumentales

- Activités :

Des mesures communes, sur une source de pechblende de 21 880 Bq, ont été effectuées entre l'ECM 21 équipé des sondes gamma SG2, SX2, de l'Easyspec de SUBATECH et les appareils SPP2 et DGS du laboratoire CRIIRAD.

Tableau des résultats :

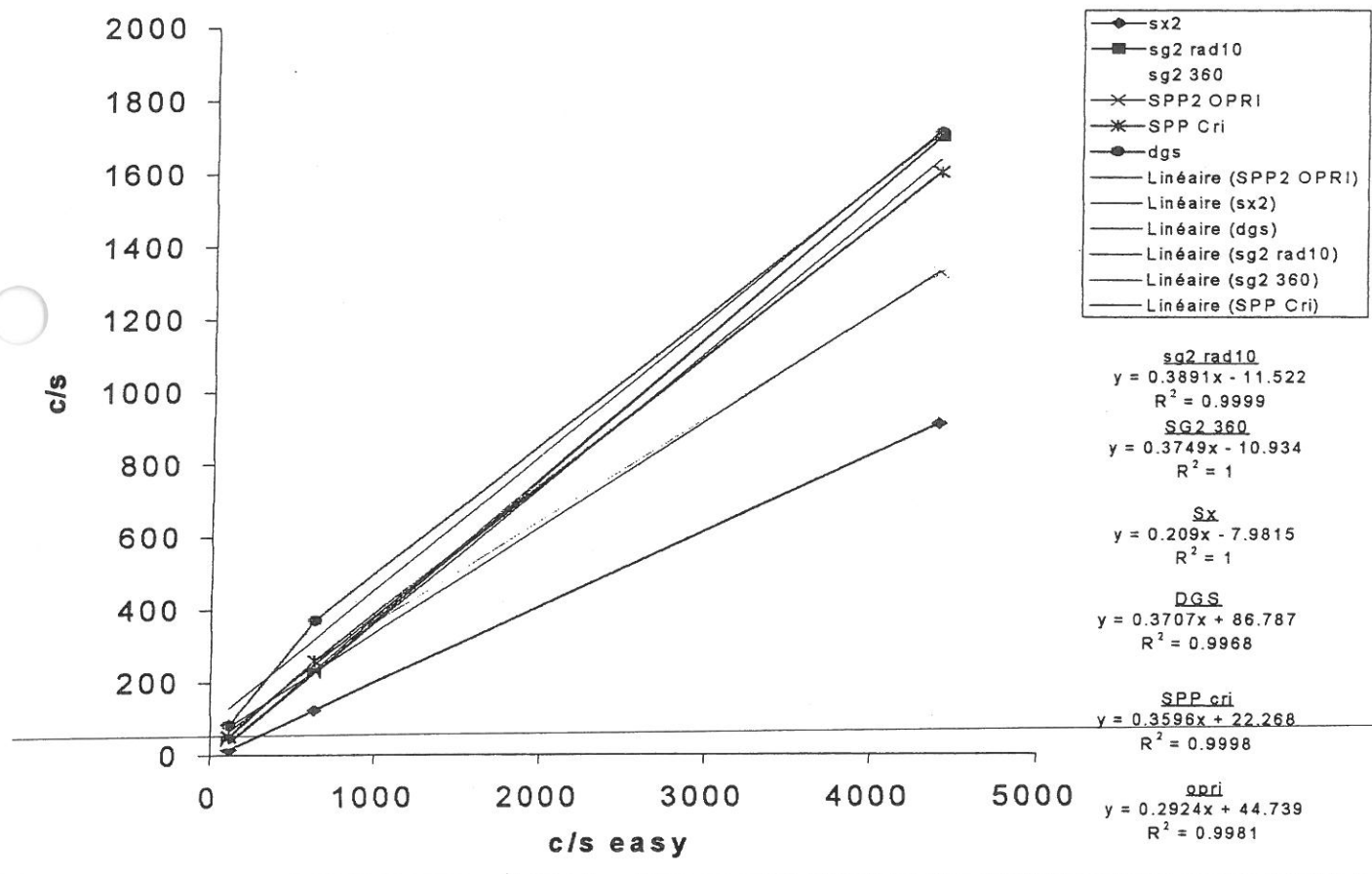
Appareil	Organisme	Distance de mesure en cm	Activité en c/s	Débit de dose $\mu\text{Sv/h}$
SG2 RAD 10	SUBATECH	contact	1 698	
SG2 18360	SUBATECH	contact	1 636	
SX2	SUBATECH	contact	910	
ES (EASYSPEC)	SUBATECH	contact	4 391	3,08
SPP2	CRIIRAD	contact	1 600	
DGS	CRIIRAD	contact	1 708	
SG2 RAD 10	SUBATECH	10 cm	225	
SG2 18360	SUBATECH	10 cm	218	
SX2	SUBATECH	10 cm	124	
ES (EASYSPEC)	SUBATECH	10 cm	627	0,410
SPP2	CRIIRAD	10 cm	260	
DGS	CRIIRAD	10 cm	371	
SG2 RAD 10	SUBATECH	50 cm	39,4	
SG2 18360	SUBATECH	50 cm	37,3	
SX2	SUBATECH	50 cm	15	
ES (EASYSPEC)	SUBATECH	50 cm	114	0,06
SPP2	CRIIRAD	50 cm	52,5	
DGS	CRIIRAD	50 cm	83,5	

Il existe une relation quasi linéaire entre les activités données par l'Easyspec (ES) et les sondes SG2 et SX2.

Ce qui permettra de rapporter les activités mesurées avec ces différentes sondes en activité équivalente Easyspec, calculées à partir des équations tirées de la courbe suivante.



CAMPAGNE DE MESURES RADIOLOGIQUES SUR LE SITE DE VAUJOURS

- Débit de doses :

Les résultats des mesures effectuées par les appareils sont exprimées en chocs par seconde (c/s), à l'exception de l'Easyspec où ces mesures sont exprimées en plus en débit de dose gamma donné en $\mu\text{Sv/h}$.

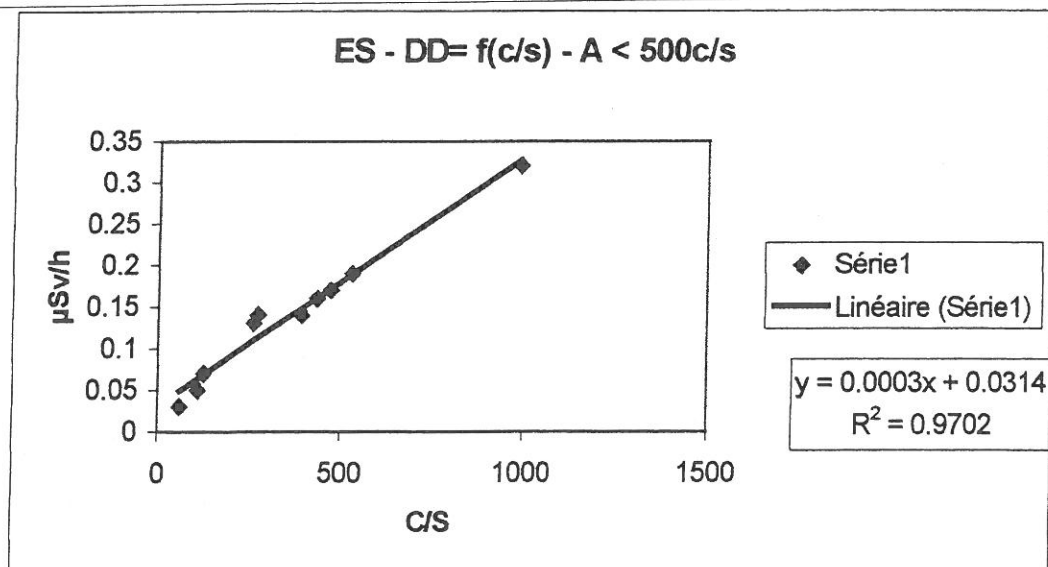
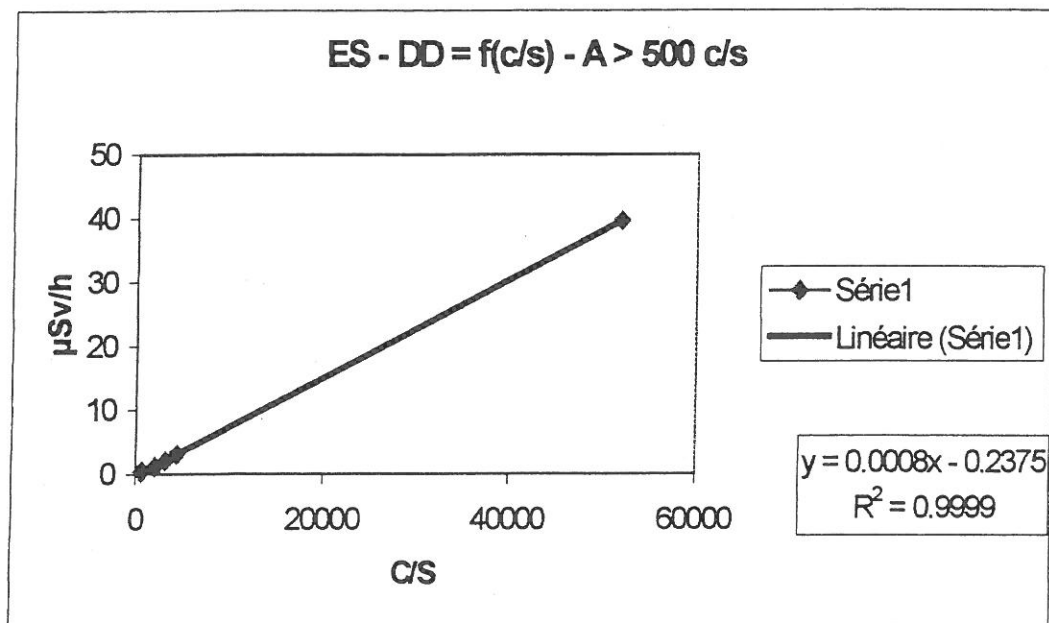
Les comptages, exprimées en c/s, sont des mesures de détection de rayonnements gamma, qui varient avec les types de sonde utilisée, qui sont comparatives d'un point de mesure à un autre et qui servent à déceler les points singuliers.

Les résultats des mesures de débit de dose avec l'Easyspec permettent de donner une indication du niveau d'exposition en rayonnement gamma observé sur les zones étudiées.

Les mesures effectuées sur le terrain, sur les points singuliers et sur la source de pechblende permettent d'établir une corrélation entre c/s et $\mu\text{Sv/h}$ pour des activités inférieures à 500 c/s d'une part et pour des activités supérieures à 500 c/s d'autre part comme le montre les 2 graphiques suivants.



CAMPAGNE DE MESURES RADIOLOGIQUES SUR LE SITE DE VAUJOURS





2.3 Méthodologie des mesures

Suivant les zones et la topographie du terrain les méthodes suivantes ont été utilisées :

Type	Mesures	Matériel	Description	Type de zones mesurées	Codification
Balayage serré (BS)	- Comptage manuel (CM) - à 10 cm du sol - en chocs par seconde (c/s) - en $\mu\text{SV/h}$	MIP 21- SG2/SX2 Easyspec -ES	- Couverture de la zone par piétinement - Mesures en continu - Seuil visuel (ES) ou sonore (MIP) fixé à 3 fois le BDF - Lecture visuelle continue	- Zones talus végétalisées - Zones non construites végétalisées - Topographie complexe	BS – CM
	- Intégration manuelle (IM) - à 10 cm du sol - en c/s	ECM 21 – SG2	- Couverture de la zone par piétinement - Mesures successives par intégration de 10 à 15 secondes avec 1 seconde d'intervalle pour enregistrement et RAZ - Seuil sonore	- Zones talus dégagés - Zones non construites dégagées - Topographie complexe	BS-IM
Serpentin (S)	- Intégration manuelle (IM) - à 10 cm du sol - en c/s	ECM 21 – SG2	- Couverture de la zone par une progression suivant une sinusoïde d'un pas de 2 mètres - Mesures successives par intégration de 10 à 15 secondes avec 1 seconde d'intervalle pour enregistrement et RAZ - Seuil sonore	- Zones non construites dégagées - Topographie simple : plateau	S-IM
	- Intégration roulette (IR) - à 10 cm du sol - en c/s	ECM 21 – SG2 Sur roulette d'arpenteur	- Couverture de la zone par une progression suivant une sinusoïde d'un pas de 2 mètres - Mesures successives par intégration de 10 à 15 secondes avec 1 seconde d'intervalle pour enregistrement et RAZ - Repères métriques - Seuil sonore	- Zones non construites dégagées de grande surface - Topographie simple : plateau	S-IR



CAMPAGNE DE MESURES RADIOLOGIQUES SUR LE SITE DE VAUJOURS

Type	Mesures	Matériel	Description	Type de zones mesurées	Codification
Linéaire (L)	- Intégration roulette (IR) - à 10 cm du sol - en c/s	ECM 21 – SG2 Sur roulette d'arpenteur	- Couverture de la zone par une progression linéaire - Mesures successives par intégration de 10 à 15 secondes avec 1 seconde d'intervalle pour enregistrement et RAZ - Repères métriques - Seuil sonore	- Voies de circulation	L-IR
Mesures Ponctuelle (MP)	- Comptage intégré (CI) - au contact et à 1 mètre - (c/s) - en $\mu\text{Sv/h}$	ES	Mesures en un point spécifique par intégration sur 1 minute	Points singuliers	MP-CI

Compte tenu des corrélations précédentes tous les résultats des mesures sont accompagnés de l'équivalence en activité Easyspec (ES) calculée et de la correspondance en débit de dose.



3. Déroulement de la campagne de mesures

3.1 Zonage du site

En fonction de la topographie l'ensemble du site a été divisé en zones de mesures répertoriées dans les tableaux suivant et visualisées sur les plans de zonage en annexe.

3.1.1 Les 3 pas de tirs du fort central, RX1, RX3, PH

Site	Zone	Description	Méthodologie de mesures	Appareil	Codification
Fort Central	RX1	Court d'entrée du pas de tir	IR-S	ECM21-SG2	FC-RX1-A
Fort Central	RX1	Plateau du talus N-O longeant le pas de tir	IR-S	ECM21-SG2	FC-RX1-B
Fort Central	RX1	Talus N-O	IM-BS CM-BS	ECM21-SG2 ES	FC-RX1-C
Fort Central	RX1	Talus sur US	IM-BS CM-BS	ECM21-SG2 MIP21-SX2	FC-RX1-D
Fort Central	RX1	Talus entre US -douve -LG1 et chemin d'accès à RX1	CM-BS	MIP21-SX2	FC-RX1-E
Fort Central	RX1	Talus sur RX2	CM-BS	ES	FC-RX1-F
Fort Central	PH	Plateau d'accès à la casemate PH	IR-S	ECM21-SG2	FC-PH-A
Fort Central	PH	Talus Est devant PH	IM-S	ECM21-SG2	FC-PH-B
Fort Central	PH	Revers du talus Est devant PH	IM-S	ECM21-SG2	FC-PH-C
Fort Central	PH	Talus recouvrant PJ2	CM-BS	MIP21-SX2	FC-PH-D
Fort Central	PH	Zone de la trouée du talus Est	IM-S	ECM21-SG2	FC-PH-E
Fort Central	PH	Zone longeant le mur des douves	IM-S	ECM21-SG2	FC-PH-F
Fort Central	PH	Talus Ouest et Nord	CM-BS	MIP21-SX2	FC-PH-G
Fort Central	PH	Talus Ouest à l'entrée de PH	CM-BS	ES	FC-PH-H
Fort Central	PH	Talus Ouest sur CA9 au-dessus du chemin d'accès	IM-BS	ECM21-SG2	FC-PH-I
Fort Central	RX3	Talus Nord-Est entre TC2 et CA11	CM-BS	ECM21-SG2 MIP21-SX2	FC-RX3-A
Fort Central	RX3	Talus sur CA11 et CA 13	CM-BS	ES	FC-RX3-B
Fort Central	RX3	Talus Sud	CM-BS	MIP21-SG2 MIP21-SX2	FC-RX3-C
Fort Central	RX3	Talus Ouest	CM-BS	ES	FC-RX3-D
Fort Central	RX3	Talus sur TC1	CM-BS	MIP21-SG2 MIP21-SX2	FC-RX3-E



3.1.2 Les voies de communication et les talus du fort central

Site	Zone	Description	Méthodologie de mesures	Appareil	Codification
Fort Central	Douve A	Douve côté U2 jusqu'à zone inondée	IR-S	ECM21-SG2	FC-FD-A
Fort Central	Douve B	Douve côté US jusqu'à zone inondée	IR-S	ECM21-SG2	FC-FD-B
Fort Central	Voies de circulation	Voies de circulations du centre du fort	IR-S CM-BS	ECM21-SG2 ES	FC-FC-A
Fort Central	talus	Talus à droite et à gauche du souterrain menant à TP2	CM-BS	ES	FC-FC-B1
Fort Central	talus	Talus contrebas du chemin devant CA2-CA3	CM-BS	ES	FC-FC-B2
Fort Central	talus	Talus contrebas du chemin devant CA4	CM-BS	ES	FC-FC-B3
Fort Central	talus	Talus contrebas du chemin devant CA4-CA5-CA6-CA7-CA8	CM-BS	MIP21-SX2	FC-FC-B4
Fort Central	talus	Talus devant CA9 et sur TC2	CM-BS	MIP21-SX2	FC-FC-B5
Fort Central	talus	Talus sur casemates CA1-CA2-CA3-CA4	CM-BS	MIP21-SX2	FC-FC-CA1
Fort Central	talus	Talus sur casemates CA5 et CA6	CM-BS	MIP21-SX2 ES	FC-FC-CA2
Fort Central	talus	Talus sur casemates CA19 PN-EN et sur entrée du fort AT1-AT2-AT3-PJ3	CM-BS	MIP21-SX2 MIP21-SG2	FC-FC-D
Fort Central	talus	Talus sur casemates C14-CG2-CA17	CM-BS	MIP21-SX2 MIP21-SG2 ES	FC-FC-E



3.1.3 La zone externe au fort central

Site	Zone	Description	Méthodologie de mesures	Appareil	Codification
Zone externe au fort central	Périmètre du site	Voie de contrôle du périmètre du site	IR-L	ECM21-SG2	ZE-PS
Zone externe au fort central	Voies de communication	Voies de communications entre les bâtiments	IR-L	ECM21-SG2	ZE-VC
Zone externe au fort central	Parking entrée du site		IR-L	ECM21-SG2	ZE-PK
Zone externe au fort central		Zone non construite HEP (FP-CA)	CM-BS IM-S	ES ECM21-SG2	ZE-ZN-E
Zone externe au fort central		Zone non construite Nord Entre parking HP-MEC et Z	CM-S	ES	ZE-ZN-A
Zone externe au fort central		Terrain de foot	CM-S	MIP21-SG2	ZE-ZN-B
Zone externe au fort central		Terrain de tennis	CM-S	MIP21-SG2	ZE-ZN-C
Zone externe au fort central		Zone des entreprises extérieures	CM-S	MIP21-SG2	ZE-ZN-D
Zone externe au fort central		Zone Nord de la batterie Nord	CM-S	MIP21-SG2	ZE-ZN-F
Zone externe au fort central		Zone aire de brûlage	CM-BS	MIP21-SG2	ZE-ZN-AB
Zone externe au fort central	Périmètre externe du fort	Zone HEP (K21-GK10-EFC)	CM-BS	ES	FC-P-A
Zone externe au fort central	Périmètre externe du fort	Zone HEP (HP-MEC)	CM-BS	ES	FC-P-B
Zone externe au fort central	Périmètre externe du fort	Zone K1-FC-K15	CM-BS	ES	FC-P-C
Zone externe au fort central	Périmètre externe du fort	Zone K15-GK15-S1 -U2	CM-BS	ES	FC-P-D
Zone externe au fort central	Périmètre externe du fort	Zone SG1-SG2-LG3	CM-BS	ES	FC-P-E



CAMPAGNE DE MESURES RADIOLOGIQUES SUR LE SITE DE VAUJOURS

3.1.4 Les points de référence hors du site :

Site	Zone	Description	Méthodologie de mesures	Appareil	Codification
Extérieur au site	Rue de la bergerie	Haut du chemin pied talus	MP-CI	ES	ES-A
Extérieur au site	Rue de la bergerie	Haut du chemin barrière	MP-CI	ES	ES-B
Extérieur au site	Rue poltron	Porte du lavoir	MP-CI	ES	ES-C
Extérieur au site	Rue poltron	Terrain à côté du lavoir	MP-CI	ES	ES-D
Extérieur au site	Rue poltron	à 50 mètres du lavoir	MP-CI	ES	ES-E
Extérieur au site	Rue Lefèvre	Panneau entrée village COUNTRY	MP-CI	ES	ES-F
Extérieur au site	Courtry	Bordure du terrain de tennis	MP-CI	ES	ES-G
Extérieur au site	Courtry	Terrain de football (sable)	MP-CI	ES	ES-H
Extérieur au site	Courtry	Pelouse du parc de la mairie	MP-CI	ES	ES-I

3.2 Déroulement des opérations de mesures :

3.2.1 Première campagne :

Date	Météo	Opérations
23/04/01	Nuageux avec quelques averses	Calage des appareils de mesure Mesures de FC-FD-AetB, FC-FC A et FC-FC-B1,B2 et B3
24/04/01	Pluvieux	Mesures de FC-FC-B4 et B5 FC-FC-CA1, des zones du poste PH
25/04/01	Nuageux avec des averses orageuses	Mesures des zones du poste RX1 Mesures complémentaires sur les zones FC-PH-B, C et E
26/04/01	Nuageux, éclaircies	Mesures des zones du poste RX3
27/04/01	Beau	Mesures des zones FC-FC-D et FC-FC-E Mesures des points singuliers avec la CRIIRAD



CAMPAGNE DE MESURES RADIOLOGIQUES SUR LE SITE DE VAUJOURS

3.2.2 Les points de référence hors du site

Site	Zone	Description	Méthodologie de mesures	Appareil	Codification
Extérieur au site	Rue de la bergerie	Haut du chemin pied talus	MP-CI	ES	ES-A
Extérieur au site	Rue de la bergerie	Haut du chemin barrière	MP-CI	ES	ES-B
Extérieur au site	Rue poltron	Porte du lavoir	MP-CI	ES	ES-C
Extérieur au site	Rue poltron	Terrain à côté du lavoir	MP-CI	ES	ES-D
Extérieur au site	Rue poltron	à 50 mètres du lavoir	MP-CI	ES	ES-E
Extérieur au site	Rue Lefèvre	Panneau entrée village COUNTRY	MP-CI	ES	ES-F
Extérieur au site	Courtry	Bordure u terrain de tennis	MP-CI	ES	ES-G
Extérieur au site	Courtry	Terrain de foot (sable)	MP-CI	ES	ES-H
Extérieur au site	Courtry	Pelouse du parc de la mairie	MP-CI	ES	ES-I

3.3 Déroulement des opérations de mesures

3.3.1 Deuxième campagne

Date	Météo	Opérations
02/05/01	Beau	Mesure du périmètre du site ZE-PS Et de ZE-PK
03/05/01	Orageux avec averses	Mesures des voies de communications ZE-VC
04/05/01	Nuageux	Fin des mesures des voies de communication Mesures de la zone ZE-ZN-E



3.3.2 Troisième campagne

Date	Météo	Opérations
09/05/01	Beau	Mesure des zones FC-P-A, B,C ,D et E
10/05/01	Beau	Mesure des zones ZE-ZN-A, B,C ,D et F Spectrométrie gamma des points singuliers PS1 et PS 17
11/05/01	Nuageux	Réunion de synthèse de la campagne de scanning



4. Résultats des mesures

4.1 Postes de tir du fort central

Zone	Activité mesurée sonde c/s			Activité calculée Sonde ES c/s			Débit de dose calculée ES $\mu\text{Sv/h}$			Points singuliers
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	
FC-RX1-A	17,6	22,9	31,2	75	89	110	0,054	0,058	0,064	
FC-RX1-B	17,3	26,3	35,7	75	99	124	0,054	0,061	0,069	
FC-RX1-C	26,4	32,4	41,4	100	116	140	0,061	0,066	0,073	PS 5'
FC-RX1-D	15,8	32,8	40	70	114	132	0,052	0,066	0,071	
FC-RX1-E	8	12	15	77	96	110	0,055	0,060	0,064	PS4 – PS5
FC-RX1-F	90	110	121	90	110	121	0,060	0,064	0,068	
FC-PH-A	18,6	23,9	30,4	79	93	110	0,055	0,059	0,064	
FC-PH-B	26,8	33,8	41,2	101	119	139	0,062	0,067	0,073	
FC-PH-C	24,4	30,9	42,2	94	112	142	0,060	0,065	0,074	
FC-PH-D	8	15	20	77	110	134	0,055	0,064	0,072	PS2 – PS3
FC-PH-E	24	34,8	47	91	119	150	0,059	0,067	0,076	
FC-PH-F	21	29,6	38	84	106	127	0,057	0,063	0,070	
FC-PH-G	8	15	25	77	110	158	0,055	0,064	0,079	
FC-PH-H	25	33,1	42	94	115	138	0,060	0,066	0,073	
FC-PH-I	60	–	120	60	–	120	0,073	0,049	0,067	
FC-RX3-A	8	13	20	77	100	134	0,055	0,060	0,067	PS6-PS7
FC-RX3-B	70	95	120	70	95	120	0,052	0,060	0,067	
FC-RX3-C	7	–	20	72	–	134	0,053	–	0,072	
FC-RX3-D	90	110	130	90	110	130	0,058	0,064	0,070	
FC-RX3-E	27	35	49	99	120	156	0,061	0,068	0,078	



4.2 Les voies de communication et les talus du fort central

Zone	Activité mesurée sonde c/s			Activité calculée Sonde ES c/s			Débit de dose calculée ES $\mu\text{Sv/h}$			Points singuliers
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	
FC-FD-A	20,4	32	49,8	82	112	158	0,056	0,065	0,079	
FC-FD-B	21,8	29,3	39,7	86	105	132	0,057	0,063	0,071	
FC-FC-A	18,9	25	37,1	80	96	128	0,055	0,060	0,070	
FC-FC-B1	80	—	110	80	—	110	0,055	—	0,064	
FC-FC-B2	80	—	115	80	—	115	0,055	—	0,066	
FC-FC-B3	80	—	115	80	—	115	0,055	—	0,066	PS1
FC-FC-B4	12	—	20	96	—	134	0,060	—	0,072	
FC-FC-B5	6	—	18	67	—	124	0,052	—	0,069	
FC-FC-CA1	80	—	130	80	—	130	0,055	—	0,070	
FC-FC-CA2	7	—	22	72	—	143	0,053	—	0,074	PS8
FC-FC-D	7	13	25	72	100	158	0,053	0,064	0,079	
FC-FC-E	90	—	130	90	—	130	0,058	—	0,070	PS 9,10,11,12, 13,14,15



CAMPAGNE DE MESURES RADIOLOGIQUES SUR LE SITE DE VAUJOURS

4.3 La zone externe au fort central

Zone	Activité mesurée sonde c/s			Activité calculée Sonde ES c/s			Débit de dose calculée ES μ Sv/h			Points singuliers
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	
ZE-PS	17,3	32,5	41,5	74	113	136	0,054	0,065	0,072	
ZE-VC	20,4	25	35,8	82	94	122	0,056	0,060	0,068	
ZE-PK	18	25,3	36	77	97	125	0,055	0,061	0,069	
ZE-ZN-A	110	—	114	110	—	114	0,064	—	0,066	
ZE-ZN-B	25	45	55	96	149	176	0,060	0,076	0,084	
ZE-ZN-C	20	35	55	83	123	176	0,056	0,068	0,084	
ZE-ZN-D	23	35	56	91	123	179	0,059	0,068	0,085	
ZE-ZN-E	27	36,2	44	99	123	143	0,061	0,068	0,074	PS16
ZE-ZN-F	80	110	150	80	110	150	0,055	0,064	0,076	
ZE-ZN-AB	37	—	40	128	—	136	0,070	—	0,072	
FC-P-A	80	110	130	80	110	130	0,055	0,064	0,070	
FC-P-B	50	—	80	50	—	80	0,046	—	0,055	
FC-P-C	60	—	80	60	—	80	0,049	—	0,055	
FC-P-D	60	—	80	60	—	80	0,049	—	0,055	
FC-P-E	16	35	45	72	123	149	0,053	0,068	0,076	PS17



4.4 Points de référence hors du site

Site	Activité mesurée ES en c/s	Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$
ES-A	113	0,06
ES-B	112	0,06
ES-C	280	0,16
ES-D	133	0,07
ES-E	122	0,06
ES-F	64	0,03
ES-G	78	0,04
ES-H	110	0,06
ES-I	89	0,05



CAMPAGNE DE MESURES RADIOLOGIQUES SUR LE SITE DE VAUJOURS

4.5 Relevé des points singuliers

4.5.1 Mesures des points singuliers PS

Référence Zone	Nature	Au contact		A 1 mètre		BDF		remarque
		c/s	$\mu\text{Sv/h}$	c/s		c/s		
PS 1 FC-FC-B3	Terre	610	0,16	101	0,05	97	0,060	Uranium naturel
PS 2 FC-PH-D	Terre cailloux	317				103	0,053	
PS 3 C-PH-D	Terre cailloux	227				103	0,053	
PS 4 FC-RX1-E	Cailloux talus	280				90	0,051	
PS 5 FC-RX1-E	Cailloux mur	280				110	0,064	
PS 5' FC-RX1-C	Cailloux mur	210				100	0,050	
PS 6 FC-RX3-A	Terre talus	359	0,11	122	0,06	125	0,070	
PS 7 FC-RX3-A	Terre talus	392	0,14	118	0,06	125	0,070	
PS 8 FC-FC- CA2	Terre talus	3 152	2,11	158	0,07	97	0,050	Au pied paratonnerre
PS 9 FC-FC-E	Terre talus	470	0,17	136	0,05	99	0,050	
PS 10 FC-FC-E	Terre talus	528	0,19	139	0,05	110	0,064	
PS 11 FC-FC-E	Terre talus	282	0,09			110	0,064	
PS 12 FC-FC-E	Terre talus	205	0,07			110	0,064	
PS 13 FC-FC-E	Terre talus	398	0,14	109	0,05	110	0,064	
PS 14 FC-FC-E	Terre talus	265	0,11			110	0,064	
PS 15 FC-FC-E	Terre talus	258	0,10			110	0,064	
PS 16 ZE-ZN-E	terre	51954	39,6	2033	1,11	110	0,064	Radium 226
PS 17 FC-P-E	terre	690	0,44			63	0,04	



4.5.2 Résultats des mesures communes CRIIRAD-SUBATECH de points singuliers PS :

Référence	CRIIRAD – SPP2 – c/s			SUBATECH ES – c/s – μ Sv/h		
	contact	1 mètre	BDF	contact	1 mètre	BDF
PS 1	290	40	45	610 - 0,16	101 -0,05	97 -0,06
PS 4	120	45	45	262 - 0,13	98 -0,05	95 -0,05
PS 5	130	70	65	273 - 0,14	165 -0,09	158 -0,08
PC 2	600	40	40	990 - 0,32	80 -0,04	85 -0,05
PC 1	200	35		433 - 0,16	90 -0,04	84 -0,05
PS 2	150	55		307 - 0,16	126 -0,06	100 -0,06
PS 6	230	55	55	359 - 0,11	122 -0,06	125 -0,07
PS 7	220	55	50	392 - 0,14	118 -0,06	125 -0,07
PC 8	200	45	45	463 - 0,14	91 -0,04	91 -0,053
PS 8	1500	75	45	3152 - 2,11	158 -0,07	97 -0,05

4.6 Commentaires :

- Les différentes sondes qui ont servi pour la mesure des activités sont indiquées par zone dans les tableaux des paragraphes 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 et 3.1.4
- Pour comparer toutes ces mesures, effectuées avec des sondes différentes, il a été reporté dans deux colonnes les activités équivalentes à la sonde ES (calculées à partir des correspondances des valeurs instrumentales du paragraphe 2.2.2) et les débits de dose.
- Les points singuliers, détectés à 3 fois le bruit de fond de la zone, ont été mesurés avec l'Easyspec.
- Ces points ont été visualisés sur le terrain par de la peinture rouge
- Deux points ont été mesurés avec un spectromètre GeHP portable de type « p », les points PS1 et PS16. Il y a été identifié de l'uranium naturel avec ses descendants sur le point PS1 et du radium 226 et ses descendants sur le point PS16.

5. Conclusions :

- Le bruit de fond en activité gamma du fort est du même niveau que celui mesuré hors du site excepté deux zones :
 - L'environnement proche des deux points PS1 et PS2 dans la zone FC-PH-D
 - L'environnement proche des deux points PS9 et PS10 autour de la cheminée d'aération de la casemate CA14

Dans ces zones le bruit de fond moyen est d'environ 2 fois celui du site.



CAMPAGNE DE MESURES RADIOLOGIQUES SUR LE SITE DE VAUJOURS

- Nous avons décelé 15 points singuliers dans le fort central et 2 à l'extérieur du fort dont 2 d'activité relativement importante, 30 fois et 400 fois le bruit de fond de la zone, soit PS8 au pied du paratonnerre de la casemate CA15 et PS16 au pied d'un lampadaire au bord de la route dans la zone ZE-ZN-E.
- Les autres points singuliers sont de 3 à 10 fois le bruit de fond des zones considérées.
- Cette campagne avait principalement pour but d'évaluer le niveau ambiant du site et de déceler des points singuliers à 3 fois le bruit de fond au moins.
- Le laboratoire SUBATECH a principalement prospecté les zones hors bâtiments (talus, voies de communications, zones non construites, zones végétalisées et débroussaillées) en explorant plus particulièrement l'environnement des 3 points de tirs RX1, RX3 et PH.
- Deux points seulement ont pu être mesurés en spectrométrie gamma pour identifier les radioéléments présents.



6. Annexes

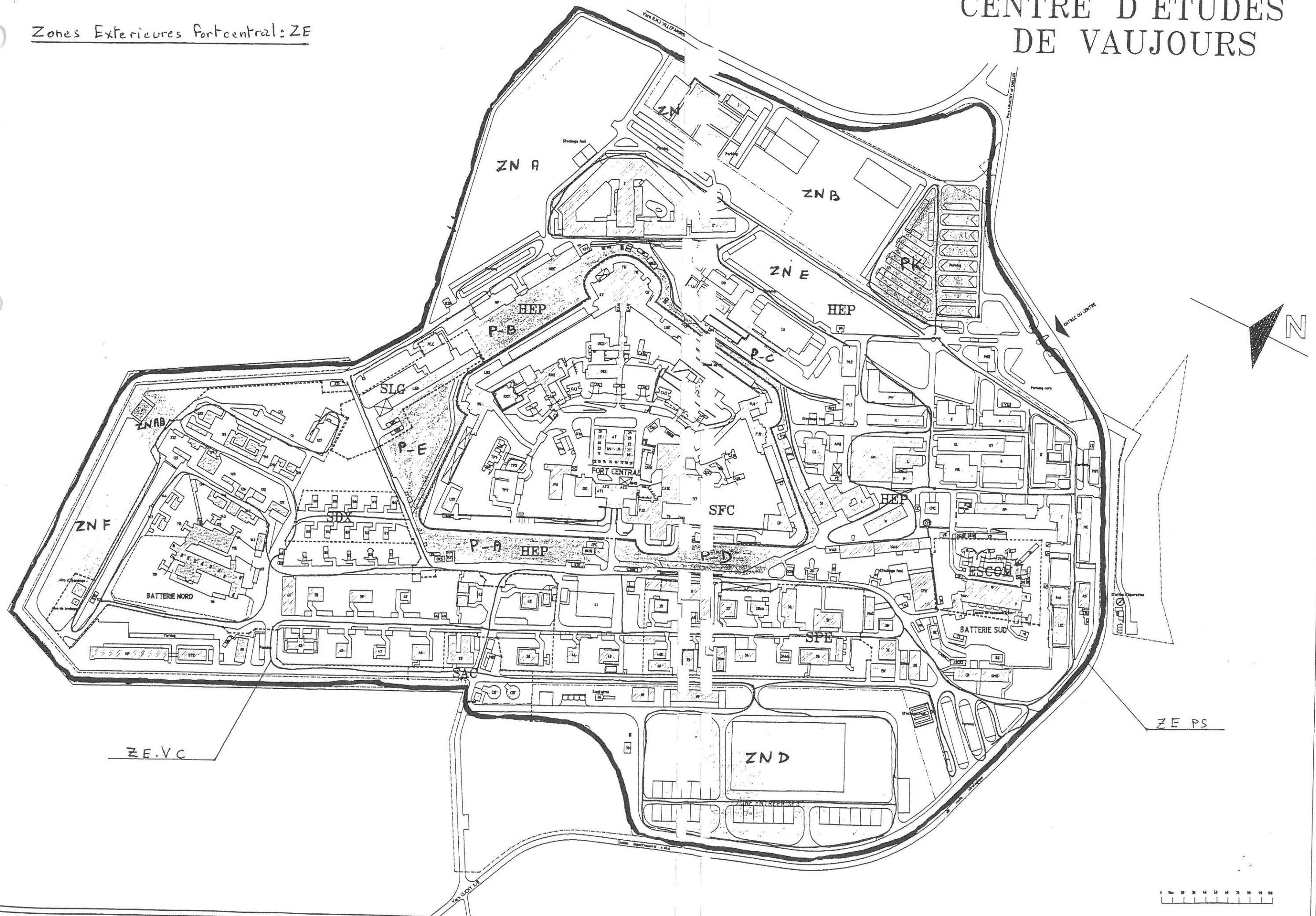
6.1 Annexe 1 : Repérage des zones de mesure Fort Central



6.2 Annexe 2 : Repérage des zones de mesure hors fort central

Zones Exterieures Fortcentral: ZE

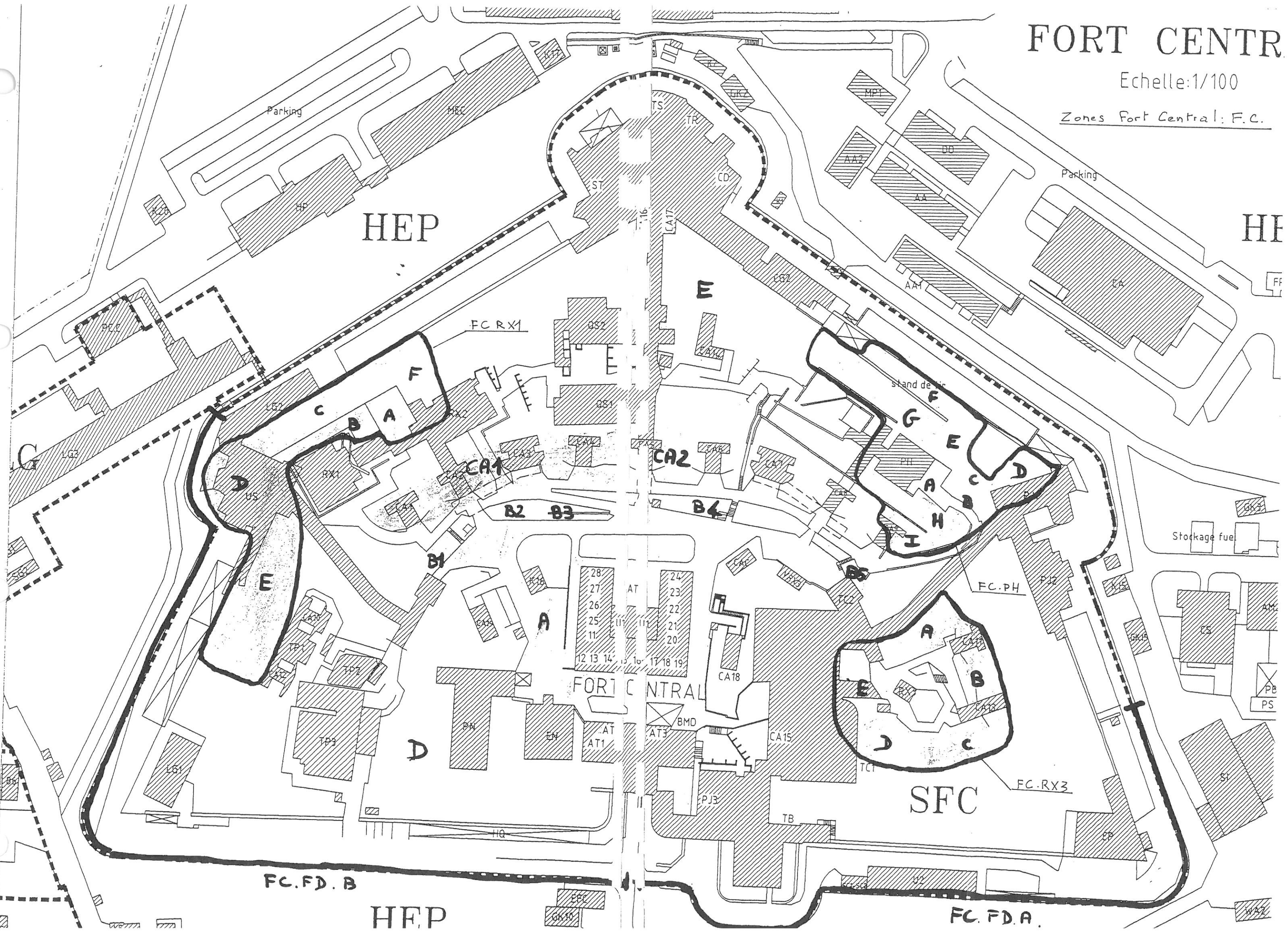
CENTRE D'ETUDES DE VAUJOURS



FORT CENTR

Echelle: 1/100

Zones Fort Central: F.C.



SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 A

Version :
00

Date :
18/05/01

Page :27 / 28

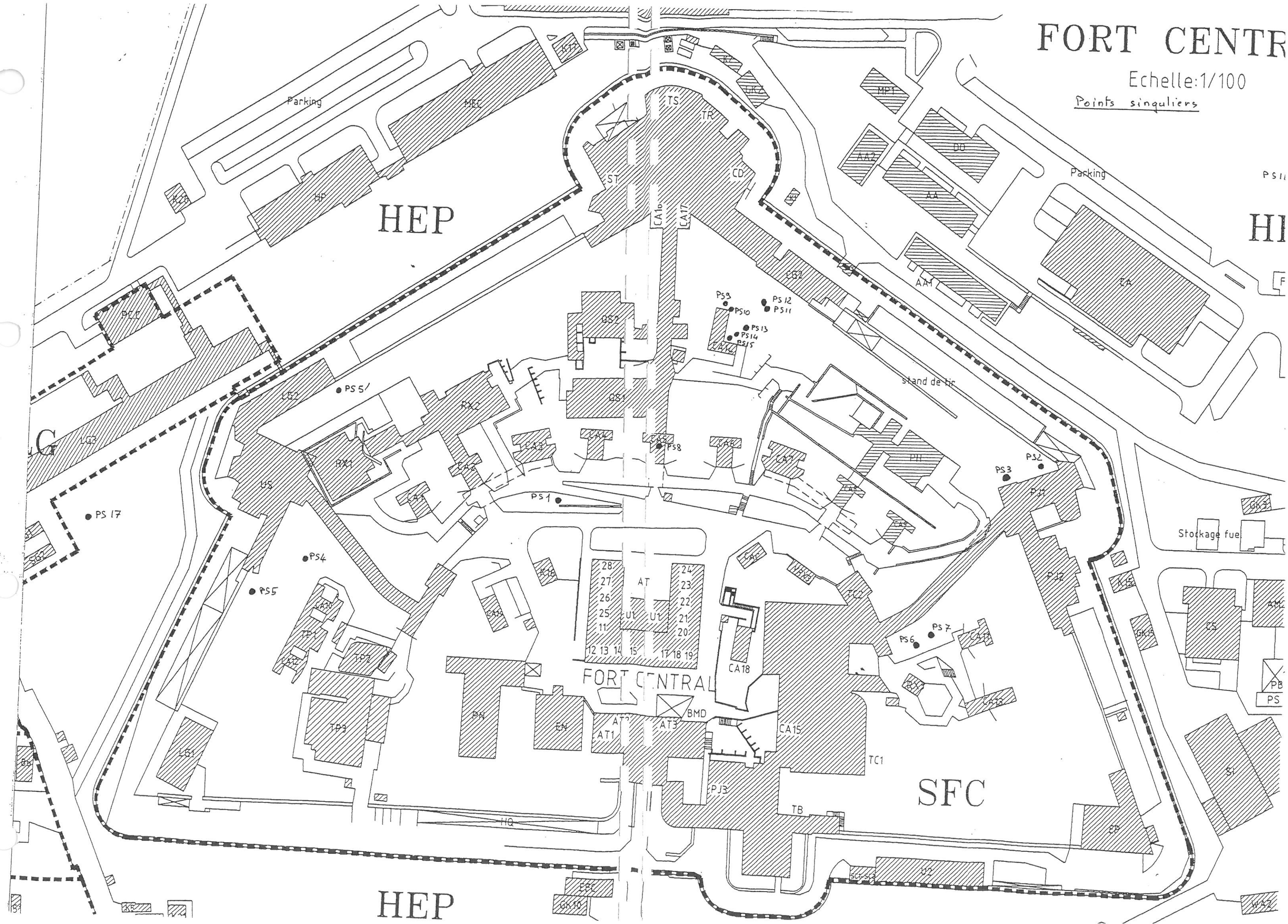
CAMPAGNE DE MESURES RADIOLOGIQUES SUR LE SITE DE VAUJOURS

3 Annexe 3 : Repérage des points singuliers

FORT CENTR

Echelle: 1/100

Points singuliers



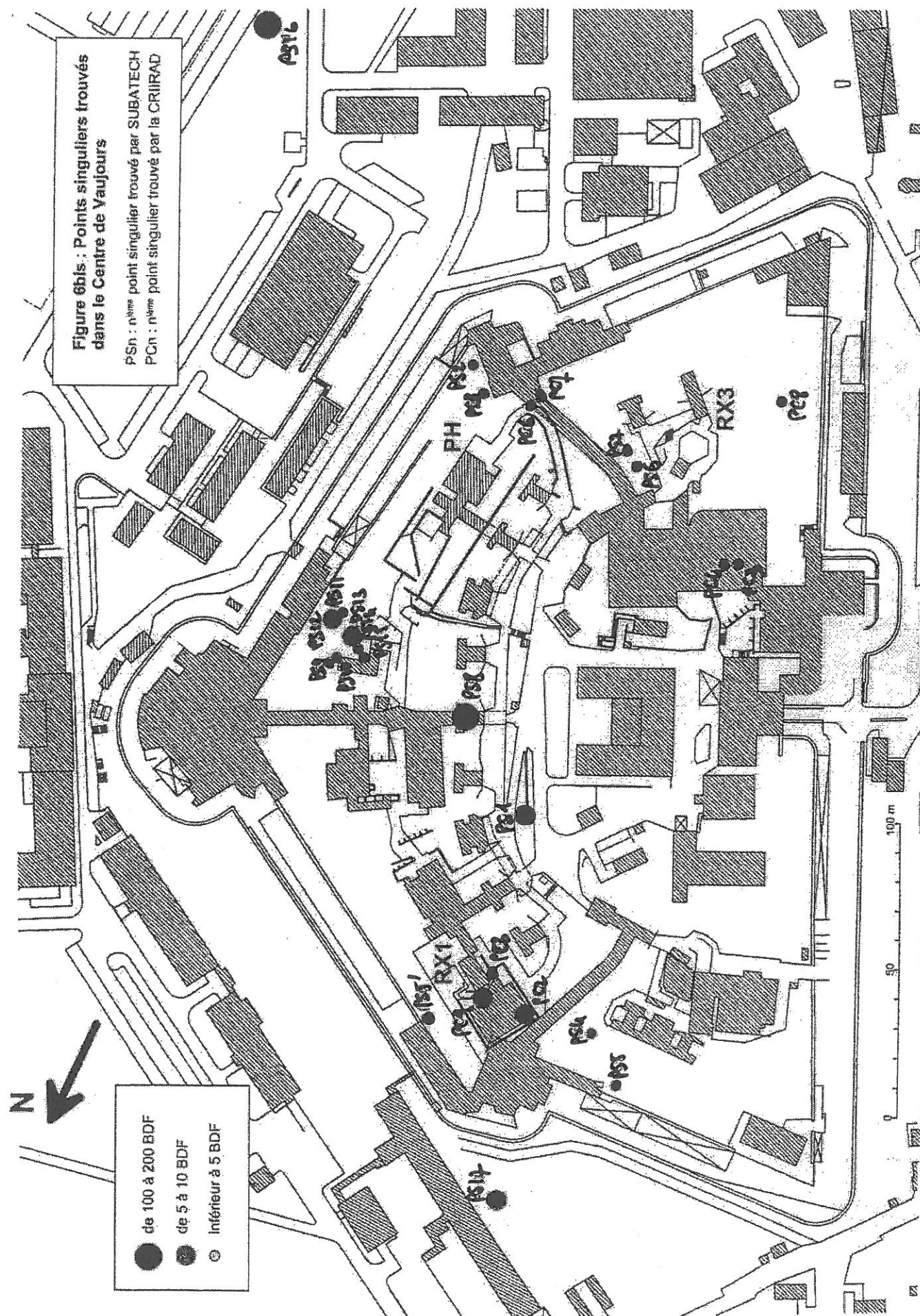


Figure 6bis : Points singuliers trouvés dans le Centre de Vaujours
PSn : n^{ème} point singulier trouvé par SUBATECH
PCn : n^{ème} point singulier trouvé par la CRIIRAD

- de 100 à 200 BDF
- de 5 à 10 BDF
- Inférieur à 5 BDF

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 B

Version :

00

Date :

25/07/01

Page : 1 / 18

CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

SITE DU FORT DE VAUJOURS

CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS

DU 26/06/01 AU 29/06/01

ET DU 10/07/01 AU 12/07/01



Date de mise en application : 25/07/01



Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 B

Version :

00

Date :

25/07/01

Page : 2 / 18

CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

N° de version

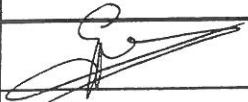
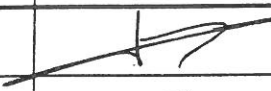
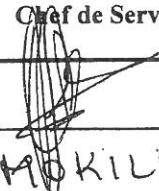
Date de la modification

Objet de la modification

00

25/07/01

création du document

	Rédacteur	Vérificateur	Chef de Service
Visas :			
Noms :	BLAIN	CHARDON	MOKILI
Date :	09/08/01	09/08/01	09/08/01

Exemplaire attribué à : CEA



SOMMAIRE

1.	Objectifs de la campagne	4
2.	Moyens	4
2.1	Personnel	4
2.2	Matériels	4
2.2.1	Matériels de prélèvement :	4
2.2.2	Matériels de mesures :	4
2.3	Méthodologie des prélèvements	5
2.3.1	Principe et identification des prélèvements	5
2.3.2	Prélèvements au niveau des points singuliers :	5
2.3.3	Prélèvements des mousses	6
2.3.4	Traitements des échantillons	6
2.3.5	Mesures des échantillons	7
2.3.6	Archivage des échantillons	7
3.	Définition et localisation des points de prélèvements :	7
4.	Tableau récapitulatif des prélèvements d'échantillons :	10
5.	Tableau des mesures de la radioactivité des points de prélèvements	11
6.	Liste des échantillons	12
7.	Bilan de la campagne de prélèvements	15
7.1	Tableau récapitulatif du bilan des campagnes de prélèvements	15
7.2	Remarques	16
7.2.1	Campagne complémentaire de détection gamma :	16
7.2.2	Remarques sur les échantillons	17



1. Objectifs de la campagne

Cette campagne a pour but le prélèvement du sol au niveau des points singuliers détectés sur le site, de point de référence proche de ces points singuliers et de mousses comme bioindicateurs.

2. Moyens

2.1 Personnel

La campagne s'est déroulée en 2 périodes :

- 1^o période du 26/06/01 au 29/06/01 en présence de 2 techniciens de SUBATECH, en parallèle avec le laboratoire CRIIRAD.
- 2^o période du 10/07/01 au 12/07/01 en présence de 2 techniciens SUBATECH.

2.2 Matériels

2.2.1 Matériels de prélèvement :

pelle, pioche, barre à mine (pour casser les cailloux), pelle US , plantoir, carotteur (diamètre 8 cm sur 25 cm de profondeur), feutres, sacs plastiques (30cm x 60 cm), mètre

2.2.2 Matériels de mesures :

- Un polyradiamètre portatif MIP 21- NARDEUX, compteur équipé d'une sonde de détection de rayonnements X de type SX2-NARDEUX.
- Un appareil EASYSPEC-CANBERRA, équipé d'une sonde à scintillation de type NaI et réalisant les fonctions de compteur de rayonnements gamma, de spectromètre de rayonnements gamma et de radiamètre mesurant le débit de dose gamma.

Tableau des caractéristiques des sondes :

Type	Rayonnement détecté	Caractéristiques	Surface sensible cm ²	Energie limite inférieure détectée keV	Fenêtre de mesure	LD U Naturel a 10 cm Bq/cm ²	BDF en c/s dans ambiance à 0,1 µGy/h
SX2	X,gamma	Scintillateur NaI TI N 32 X 3/B	8	5	Be 0,2 mm	10	20
Easyspec	gamma	Scintillateur NaI 50x50 mm	30	30	Al 0,5 mm		0,05

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes		Doc. : DEV.00.012 B
		Version : 00
		Date : 25/07/01
CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS		Page : 5 / 18

2.3 Méthodologie des prélèvements

2.3.1 Principe et identification des prélèvements

- Mesures de radioactivité (débit de dose et choc par seconde) avec l'EASYSPEC au contact, à 1 mètre au niveau des points singuliers repérés lors de la campagne de détection et mesure du bruit de fond proche de ces points singuliers .
- Les prélèvements ont été effectués sur une profondeur de 30 cm en 3 tranches de 10 cm
 - tranche de 0 à 10 cm référencée A
 - tranche de 10 à 20 cm référencée B
 - tranche de 20 à 30 cm référencée C
- En fonction de la texture du terrain et de la surface du point singulier les échantillons ont été prélevés avec une pelle ou un carotteur muni d'un repère à 10 cm, les cailloux ont été cassés à la pioche ou à la barre à mine , sinon ils ont été mesurés et écartés de l'échantillon si leur activité était celle du bruit de fond.
- Les échantillons ont été conditionnés dans des sacs plastiques avec une étiquette auto collante sur laquelle figure la référence de prélèvement. Les échantillons, dont l'activité est supérieure à 3 fois celle du bruit de fond, ont été conditionnés dans deux sacs plastiques successifs.
- Les prélèvements ont été codifiés sous la référence yy z
 - yy = le numéro de l'emplacement (se reporter au tableau du paragraphe 3 relatif à la localisation des points de prélèvements)
 - z = la lettre de la tranche correspondante (A, B et C)
- Pour chaque point, une fiche de prélèvements a été remplie où figurent la date, les caractéristiques du point de prélèvement, les références des échantillons et des remarques éventuelles. Ces fiches sont archivées au laboratoire SUBATECH et leurs informations sont transcrites dans les tableaux des paragraphes 3,4,5 et 6 du rapport .

2.3.2 Prélèvements au niveau des points singuliers :

- Mesures du débit de dose avec l'EASYSPEC au contact du sol , à 1 mètre et mesure du bruit de fond en un point proche du point après avoir rechercher l'activité maximale avec la sonde SX2 du MIP 21.
- Traçage en surface du contour du point singulier sur le sol (cercle, carré ou rectangle).
- Délimitation en profondeur de la tranche A jusqu'au repère tracé sur la pelle ou le carotteur, prélèvement du sol dans ce volume avec une petite pelle, puis l'application de la procédure identique consécutive pour les tranches B et C.
- Mesures du débit de dose et de l'activité avec l'EASYSPEC aux différentes tranches A, B et C du trou ainsi formé.
- Dans les tranches présentant une activité spécifique ponctuelle, pour l'homogénéité du prélèvement, la portion de sol ou l'élément contaminant a été isolé du reste du prélèvement constituant deux ou trois échantillons distincts pour le niveau considéré. En effet la masse de sol ou de produit radioactif isolé est insuffisant pour constitué 4 lots identiques , ainsi le



CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

même lot sera envoyé à tous les laboratoires concernés puis retournés à SUBATECH pour archivage (se reporter au paragraphe 235). Les échantillons ont été référencés A', A1 ou A2 pour la tranche A et B1 pour la tranche B. La masse totale d'échantillon de chaque tranche a été évaluée et tous les échantillons d'une même tranche sont traités, pesés et mesurés.

- Ces opérations sont également effectuées sur les points de référence qui se situent dans l'environnement proche des points singuliers au niveau moyen de leur bruit de fond.

2.3.3 Prélèvements des mousses

- Elles ont été prélevées par le laboratoire de la CRIIRAD pendant la 1^{ère} campagne de prélèvement.
- Les points de référence de prélèvements des mousses sont indiqués dans le tableau de localisation des points de prélèvements au paragraphe 3.
- Elles ont été stockées en sac plastiques et acheminées au laboratoire SUBATECH pour y être traitées et mesurées.
- Mr Courbon de la CRIIRAD est venu au laboratoire SUBATECH le mercredi 18 juillet 2001 pour montrer la procédure d'identification et de traitement des mousses.
- Après leur traitement au laboratoire SUBATECH, les mousses seront envoyées aux laboratoires concernés par les mesures en spectrométrie gamma (CEA et CRIIRAD).

2.3.4 Traitements des échantillons

- Tous les échantillons subissent la préparation suivante :
 - séchage en étuve à 115°C
 - tamisage à 2 mm
 - la partie supérieure à 2 mm est broyée, excepté les cailloux qui sont isolés du lot
 - pesés, mesurés avec l'EASYSPEC, si l'activité est supérieure à 3 fois celle du bruit de fond, ils sont broyés, sinon ils sont stockés dans des sacs plastiques sous la référence de l'échantillon considéré et conservé leur masse sera ajoutée à celle de l'échantillon
 - homogénéisation de la fraction inférieure à 2 mm avec celle supérieure à 2 mm qui a été broyée
 - conditionnement des échantillons dans des pots en polyéthylène de 500 ou 1000 ml, dans des SG500, dans des boîtes plastiques de 20 ou 200 ml et dans des sacs plastiques pour les cailloux
- Préparation des lots d'échantillons pour mesures et archivages :
 - lot 0 = échantillon dont la masse est insuffisante pour faire 4 lots (prélèvements contaminés ponctuellement isolés du reste du niveau)
 - lot 1 = échantillon archivé
 - lot 2 = échantillon SUBATECH
 - lot 3 = échantillon attribué aux associations et envoyé à la CRIIRAD
 - lot 4 = échantillon attribué au CEA et à l'OPRI
- chaque échantillon a la référence définitive x yy z où :
 - x = numéro du lot
 - yy = référence du point de prélèvement
 - z = référence de la tranche

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes		Doc. : DEV.00.012 B
		Version : 00
		Date : 25/07/01
CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS		Page : 7 / 18

- après leur préparation les échantillons des lots 3 et 4 sont expédiés aux laboratoires concernés :
 - CRIIRAD à Valence
 - CEA – DAM à Bruyères le Châtel

2.3.5 Mesures des échantillons

- Les échantillons isolés des niveaux et ceux des tranches A et C sont mesurés en spectrométrie gamma.
- Les géométries utilisées sont :
 - SG 500 : flacon de polyéthylène d'un volume de 500 ml
 - B200-100 : boîte plastique de diamètre, de 5 cm du haut et d'un volume mesurée de 100 ml
 - B20-15 : boîte plastique de 5 cm de diamètre et de cm de haut et d'un volume mesuré de 15 ml
- Le temps de mesure est de 10 000 secondes pour les échantillons dont l'activité est supérieure à 3 fois le bruit de fond et de 50 000 secondes pour les autres
- Tous les échantillons des tranches, où des prélèvements ont été isolés au regard de leur activité, sont mesurés

2.3.6 Archivage des échantillons

- Les échantillons archivés (lot 1) seront gardés 4 ans au laboratoire SUBATECH puis envoyé au CEA pour stockage définitif.
- Les échantillons de mesures (lot 2, 3 et 4) seront gardés 4 ans par les laboratoires concernés, leur devenir après cette période (élimination, stockage définitif) devra être défini lors d'une prochaine réunion du comité technique de la commission de suivi.
- Après leurs mesures dans les différents laboratoires, les échantillons du lot 0 seront envoyés à SUBATECH pour les joindre aux échantillons du lot 1 et en auront le même devenir .
- Les échantillons des lots 0 et 1 seront stockés après leur préparation et leurs mesures dans un coffre mis sous scellé.

3. Définition et localisation des points de prélèvements :

- Ces points ont été définis :
 - par le document relatif aux modalités d'échantillonnage
 - sur le terrain lors des campagnes de prélèvements (détection de nouveaux points singuliers) .



CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

- Tableau descriptif et récapitulatif de l'ensemble des points de prélèvements

N°	Site	Zone	Descriptif	Nature du point	Nature du prélèvement
1	Fort central	RX1	Entre PS4 et PS5 à l'ouest de RX1 sur le plateau du talus	référence	sol
1 bis	Fort central	RX1	Au niveau du PS4 (silex)	PS4	sol
1 ter	Fort central	RX1	Au niveau de PS5 (cailloux) au pied du mur bordant les douves	PS5	sol
2	Fort central	CA3	Devant la casemate CA3 sur le talus bordant la route d'accès à RX1	PS1	sol
3	Fort central	CA14	Au niveau de PS10 à 1 mètre 50 au SE de la cheminée de CA14	PS10	sol
4	Fort central	CA14	Au niveau des PS11 et 12 sur le talus	PS12	sol
5	Fort central	CA14	Au niveau des PS13, 14 et 15	PS14	sol
6	Fort central	CA14	A 4 mètres à l'est du N°4 et de PS22	référence :	sol
7	Fort central	CA14	A 2 mètres à l'est des PS13, 14 et 15	référence	sol
8	Fort central	CA14	sur un talus, à côté d'un mur à l'entrée de la zone CA14	référence	sol
9	Fort central	PH	Au niveau du PS2	PS2	sol
10	Fort central	PH	Au niveau de PS3 (cailloux)	PS3	sol
11	Fort central	PH	Entre PS2 et 3	référence	sol
12	Fort central	RX3	Au niveau du PS6 sur le talus nord de RX3	PS6	sol
13	Fort central	RX3	Au niveau du PS7 sur le talus nord de RX3	PS7	sol
14	Fort central	RX3	A 4 mètres du N°12 et 3mètres du N°13	référence	sol
15	Fort central	RX3	Au niveau de PC8	PC8	sol
16	Fort central	RX3	A 2 mètre de PC 8 sur talus côté RX3	référence	sol
17	Fort central	RX3	A 2 mètre de PC 8 sur talus côté douves	référence	sol
18	Extérieur du Fort central	SG1-SG2 LG3	Au niveau du PS17 (zone marécageuse)	PS17	sol

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 B

Version :
00

Date :
25/07/01

Page : 9 / 18

CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

N°	Site	Zone	Descriptif	Nature du point	Nature du prélèvement
19	Extérieur du Fort central	Zone brûlage	Dans la petite fosse près du bâtiment K13	référence	sol
20	Extérieur du Fort central	Zone brûlage	Dans la grande fosse près du bâtiment K13	référence	sol
21	Fort central	CA3	Au niveau du PC9 à 3 mètres de PS1	PC9	sol
22	Fort central	CA 14	Au niveau de PS18 sur un petit plateau au bas du talus de PS11 et 12	PS 18	sol
23	Fort central	CA5	Au niveau de PS8 (au pied du paratonnerre)	PS8	sol
24,25	Non attribué				
26	Fort central	RX1	Sur le mur extérieur de RX1		mousse
27	Vaujours	cimetière			mousse
28	Courtry	cimetière			mousse
29	Extérieur du Fort central	FP	Au niveau de la cuve de stockage de gaz propane		mousse
30	Fort central	TP3	Toit de TP3		mousse
31	Villeparisis	cimetière			mousse
32	Extérieur du Fort central	PB	Sur le toit en fibrociment de PB		mousse
33	Fort central	OS1	Sur le toit de OS1		mousse
34	Extérieur du Fort central	LG3	Sur la cheminée de LG3		mousse
35	Fort central	CA14	Au niveau du PS19, à côté de PS18 au pied du talus de PS11 et 12	PS19	sol
36	Fort central	CA14	A 2 mètres de PS20 sur le talus de CA14 au bord du mur des douves	référence	sol
37	Fort central	CA14	Au niveau de PS20 au pied du talus de CA14 à côté du mur des douves	PS20	sol
38	Fort central	CA14	Au niveau de PS20 au pied du talus de CA14 à côté du mur des douves	PS21	sol
39	Fort central	CA14	Au niveau de PS22 sur le plateau au sommet du talus de PS11 et 12	PS22	sol
40	Fort central	CA14	Au niveau de PS23 à côté de PS14 sur le plateau de la cheminée de CA14- zone de PS24, 25, 26 et 27	PS23	sol

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 B

Version :
00

Date :
25/07/01

Page : 10 / 18

CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

4. Tableau récapitulatif des prélèvements d'échantillons :

N°	Nombre d'échantillons	Référence échantillons	Surface du prélèvement cm	Profondeurs cm	Date	Heure	Météo	Remarques
1	3	1A,1B,1C	20x20	10,20,30	28/06	16h30	beau	
1bis	3	1bis A,B,C	20x20	10,20,30	28/06	17h30	beau	activité sur le silex
1ter	4	1ter A,B,C 1ter cailloux	20x20	10,20,30	29/06	8h05	Beau	activité sur pierres du mur
2	3	2 A,B,C	20x20	10,20,30	27/06	8h50	nuageux	
3	3	3 A,B,C	20x20	10,20,30	28/06	11h45	beau	cristaux jaunes actifs en surface
4	3	4 A,B,C	20x20	10,20,30	28/06	10h00	beau	cristaux jaunes actifs à 5 cm
5	3	5 A,B,C	20x20	10,20,30	27/06	17h30	beau	
6	3	6 A,B,C	20x20	10,20,30	28/06	11h15	beau	
7	3	7 A,B,C	20x20	10,20,30	27/06	9h15	beau	
8	3	8 A,B,C	20x20	10,20,30	28/06	14h20	beau	
9	2	9 A,C	20x20	10,30	27/06	14h15	nuageux	9B = 1 caillou
10	1	10 B	20x20	20	27/06	15h30	nuageux	A = 1 caillou A 20 cm béton
11	3	11 A,B,C	20x20	10,20,30	27/06	14h20	nuageux	
12	3	12 A,B,C	20x20	10,20,30	26/06	14h30	beau	
13	3	13 A,B,C	20x20	10,20,30	26/06	14h00	beau	
14	3	14 A,B,C	20x20	10,20,30	26/06	17h45	beau	
15	3	15 A,B,C	20x20	10,20,30	26/06	9h50	beau	pâte jaune active à 10cm
16	3	16 A,B,C	20x20	10,20,30	26/06	11h00	beau	
17	3	17 A,B,C	20x20	10,20,30	26/06	11h05	beau	
18	3	18 A,B,C	20x20	10,20,30	29/06	13h00	beau	
19	3	19 A,B,C	20x20	10,20,30	29/06	10h50	beau	
20	3	20 A,B,C	20x20	10,20,30	29/06	11h45	beau	
21	1	21			27/06	9h50	nuageux	point actif à la surface
22	3	22 A,B,C	20x20	10,20,30	28/06	10h45	beau	cristaux jaunes actifs à la surface
23	3	23 A,B,C	20x20	10,20,30	29/06	9h40	beau	
35	3	35 A,B,C	35x35	10,20,30	11/07	14h30	beau	
36	3	36 A,B,C	diamètre 10	10,20,35	12/07	8h45	nuageux	

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 B

Version :
00

Date :
25/07/01

Page : 11 / 18

CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

N°	Nombre d'échantillons	Référence échantillons	Surface du prélèvement cm	Profondeurs cm	Date	Heure	Météo	Remarques
37	4	37 A,A1,B,C	diamètre 10	10,20,30	12/07	9h30	nuageux	cristaux jaunes en surface
38	5	38 A,A1,A2,B,C	diamètre 20	5,15,25,35	12/07	20h00	nuageux	
39	3	39 A,B,C	diamètre 15	10,20,30	11/07	15h15	beau	Point actif à 10 cm
40	5	40 A,A1,A2,B,C	diamètre 10	10,20,30,40	11/07	15h45	beau	Produit jaune actif à 12 cm

Les échantillons de mousse des points 26 à 34 ont été prélevés par la CRIIRAD

5. Tableau des mesures de la radioactivité des points de prélèvements

N°	Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$			Activité en c/s			Mesures à -30cm	
	contact	à 1 mètre	BDF	contact	à 1 mètre	BDF	c/s	$\mu\text{Sv/h}$
1	0,05	0,04	0,04	116	113	117	213	0,09
1bis	0,12	0,04	0,04	306	108	108	181	0,07
1ter	0,12	0,06	0,06	307	173	153	314	0,12
2	0,16	0,04	0,05	759	112	116	197	0,08
3	0,93	0,04	0,04	3171	129	154	293	0,09
4	0,19	0,04	0,04	830	115	116	228	0,07
5	0,22	0,05	0,05	778	141	132	261	0,09
6	0,04	0,03	0,04	95	94	105	180	0,07
7	0,04	0,03	0,04	105	99	103	183	0,07
8	0,05	0,04	0,05	108	95	114	176	0,07
9	0,13	0,04	0,05	346	124	125	296	0,12
10	0,07	0,04	0,05	172	117	122	217	0,09
11	0,05	0,04	0,05	126	115	130	233	0,09
12	0,11	0,04	0,06	515	124	152	242	0,09
13	0,13	0,05	0,06	509	135	149	247	0,09
14	0,05	0,05	0,05	150	133	142	226	0,09
15	0,13	0,03	0,04	545	107	116	240	0,08
16	0,05	0,04	0,04	116	109	122	187	0,08
17	0,04	0,03	0,04	105	100	112	163	0,07
18	0,04	0,03	0,04	110	102	108	207	0,09



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>



CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

N°	Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$			Activité en c/s			Activité à -30cm	
	contact	à 1 mètre	BDF	contact	à 1 mètre	BDF	c/s	$\mu\text{Sv/h}$
19	0,06	0,04	0,05	138	118	148	203	0,08
20	0,05	0,03	0,05	122	102	123	209	0,08
21	0,12	0,03	0,04	444	90	97	83	0,03
22	4,43	0,04	0,05	11 199	134	135	287	0,09
23	0,43	0,04	0,05	690	102	123	190	0,08
35	0,33	0,03	0,04	1 393	109	143	192	0,07
36	0,05		0,05	116		118	232	0,09
37	0,29	0,03	0,04	1 172	100	96	198	0,08
38	0,85	0,03	0,04	2 500	101	110	153	0,09
39	0,17	0,03	0,05	623	99	169	212	0,08
40	0,31	0,05	0,06	1 167	148	182	309	0,10

Toutes ces mesures ont été réalisées avec l'EASYSPEC

6. Liste des échantillons

Tous les échantillons prélevés ont été acheminés au laboratoire SUBATECH dont voici le tableau d'enregistrement

Référence	Nature	Masse en kg	Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$	Activité en c/s
01 A	sol	4,35	0,09	262
01 B	sol	5,55	0,08	241
01 C	sol	6,35	0,09	255
01 bis B	sol	3,60	0,08	236
01 bisC	sol	4,45	0,09	243
01 terA	sol	5,35	0,09	252
01 terB	sol	5,15	0,09	253
01 terC	sol	1,60	0,10	260
01 ter cailloux	sol	10,55	0,14	363
02 A	sol	5,05	0,10	350
02 B	sol	4,95	0,09	250
02 C	sol	6,10	0,09	247
03 A	sol	7,30	0,25	862
03 B	sol	6,50	0,09	275
03 C	sol	6,50	0,10	280
04 A	sol	4,65	0,12	398
04 B	sol	5,20	0,10	284

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 B

Version :
00

Date :
25/07/01

Page : 13 / 18

CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

Référence	Nature	Masse en kg	Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$	Activité en c/s
04 C	sol	8,10	0,09	253
05 A	sol	5,15	1,48	5 059
05 B	sol	5,35	0,18	709
05 C	sol	6,15	0,10	294
06 A	sol	6,30	0,08	250
06 B	sol	6,80	0,09	254
06 C	sol	6,55	0,09	267
07 A	sol	6,10	0,10	265
07 B	sol	7,05	0,09	254
07 C	sol	5,55	0,09	252
08 A	sol	6,00	0,08	238
08 B	sol	3,95	0,09	245
08 C	sol	6,15	0,09	246
09 A	sol	1,10	0,08	241
09 C	sol	5,40	0,09	250
10 B	sol	1,35	0,09	250
11 A	sol	5,55	0,09	244
11 B	sol	4,40	0,09	250
11 C	sol	5,65	0,09	248
12 A	sol	5,05	0,13	501
12 B	sol	4,40	0,09	271
12 C	sol	4,60	0,10	280
13 A	sol	4,95	0,23	1 034
13 B	sol	5,75	0,12	427
13 C	sol	3,90	0,09	268
14 A	sol	4,65	0,09	257
14 B	sol	5,10	0,10	268
14 C	sol	5,60	0,10	259
15 A	sol	4,20	0,12	407
15 B	sol	5,25	0,10	319
15 C	sol	4,55	0,09	277
16 A	sol	5,05	0,10	263
16 B	sol	4,70	0,08	237
16 C	sol	4,55	0,09	242
17 A	sol	4,45	0,09	250
17 B	sol	5,20	0,09	244
17 C	sol	3,95	0,09	241
18 A	sol	2,55	0,09	245
18 B	sol	4,25	0,09	246
18 C	sol	5,45	0,10	257



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 B

Version :

00

Date :

25/07/01

Page : 14 / 18

CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

Référence	Nature	Masse en kg	Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$	Activité en c/s
19 A	sol	5,75	0,10	260
19 B	sol	6,90	0,09	250
19 C	sol	6,50	0,09	254
20 A	sol	5,65	0,09	253
20 B	sol	6,75	0,09	242
20 C	sol	6,45	0,09	259
21	sol	0,60	0,12	373
22 A	sol	6,20	0,39	1 463
22 B	sol	6,25	0,10	314
22 C	sol	8,45	0,10	280
23 A	sol	5,20	0,10	278
23 B	sol	5,10	0,09	247
23 C	sol	4,95	0,09	244
26	mousse	0,194	0,10	272
27	mousse	0,300	0,10	266
28	mousse	0,314	0,10	270
29	mousse	0,120	0,10	271
30	mousse	0,119	0,10	278
31	mousse	0,385	0,10	273
32	mousse	0,153	0,10	276
33	mousse	0,130	0,10	277
34	mousse	0,209	0,10	270
35 A	sol	8,10	0,20	735
35 B	sol	7,40	0,09	266
35 C	sol	4,90	0,09	266
36 A	sol	5,70	0,09	244
36 B	sol	3,40	0,09	240
36 C	sol	4,00	0,09	254
37 A1	sol	0,90	0,70	2 800
37 A	sol	2,50	0,10	252
37 B	sol	1,70	0,10	252
37 C	sol	1,70	0,09	239
38 A1	sol	4,00	0,39	1 100
38 A2	sol	1,60	0,10	300
38 A	sol	7,00	0,12	320
38 B	sol	6,10	0,10	263
38 C	sol	2,80	0,10	267
39 A	sol	1,60	0,11	327



CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

Référence	Nature	Masse en kg	Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$	Activité en c/s
39 B	sol	1,30	0,10	243
39 C	sol	1,30	0,10	245
40 A	sol	1,20	0,52	2 400
40 A1	sol	7,50	0,11	300
40 A2	sol	3,20	0,09	259
40 B	sol	6,60	0,10	299
40 C	sol	1,20	0,09	259
BDF			0,09	224

Les activités supérieures à 3 fois le bruit de fond sont indiquées en gras dans le tableau

7. Bilan de la campagne de prélèvements

7.1 Tableau récapitulatif du bilan des campagnes de prélèvements

Prélèvements	Nature	Campagne 1	Campagne 2	Total
Nombre Points de prélèvements	Sol	23	6	29
	Mousse	9	0	9
Nombre échantillons	Niveau A	22	10	32
	Niveau B	23	6	29
	Niveau C	23	6	29
	Autres	2		2
	Mousses	9	0	9
			Total	101



CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

7.2 Remarques

7.2.1 Campagne complémentaire de détection gamma :

- Lors de la réunion du 29 juin, il a été décidé d'opérer une campagne complémentaire de détection gamma dans les zones des casemates CA14, CA7, CA8 et CA9 qui ont été débroussaillées avant le 10 juillet, date du début de cette campagne complémentaire de recherche de points singuliers et des prélèvements au niveau des points détectés .
- Les zones supplémentaires mesurées ont été :
 - la zone nord et ouest de la casemate CA14
 - le talus est de la casemate CA14 descendant vers les douves
 - les talus des casemates CA6, CA7, CA8 et CA9
- Lors de la campagne de détection, ces zones n'avaient pas été mesurées en raison de leur végétation abondante ne permettant pas une progression normale pour effectuer les mesures
- Le taux de radioactivité de ces zones n'est pas différent de celui de l'ensemble du fort central, soit à l'EASYSPEC, à 10 cm du sol, une activité gamma de 80 à 160 chocs par secondes, avec une moyenne de 115 chocs par secondes et un débit de dose variant de 0,04 à 0,06 $\mu\text{Sv/h}$.
- Il a été détecté 10 nouveaux points singuliers sur ces zones, répertoriés dans le tableau suivant :

Référence Zone	Nature	Au contact		A 1 mètre		BDF		remarque
		c/s	$\mu\text{Sv/h}$	c/s		c/s		
PS 18 FC-CA14	terre talus	11200	4,34	134	0,04	135	0,05	proche de PS 11 et 12
PS 19 FC-CA14	terre talus	1 934	0,30	121	0,04	110	0,04	à côté de PS18
PS 20 FC-CA14	terre talus	2 941	1,00	132	0,05	129	0,04	bas talus douve
PS 21 FC-CA14	terre talus	334	0,09			129	0,04	bas talus douve
PS 22 FC-CA14	terre talus	582	0,16			100	0,04	haut talus PS11 et 12
PS 23 FC-CA14	terre talus	1 167	0,31	148	0,05	132	0,05	sur plateau talus PS14
PS 24 FC-CA14	terre talus	526	0,14			109	0,04	sur plateau talus PS14
PS 25 FC-CA14	terre talus	746	0,15			109	0,04	sur plateau talus PS14
PS 26 FC-CA14	terre talus	477	0,11			109	0,04	sur plateau talus PS14
PS 27 FC-CA14	terre talus	337	0,10			109	0,04	sur plateau talus PS14



CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE SOLS SUR LE SITE DE VAUJOURS

- Les mesures ont été réalisées avec l'EASYSPEC
- Au niveau du PS23, lors du prélèvement, il a été détecté des points singuliers supplémentaires (PS24, 25, 26 et 27) dont le plan de leur position est reporté en annexe.
- Il n'a pas été effectué de prélèvements au niveau de ces points car ils présentaient la même configuration que le point PS 23, soit des lentilles de quelques centimètres d'un produit plus ou moins cristallisé jaune avec des taches noires dans un horizon à 15 cm de profondeur. Un forage de 30 centimètres de profondeur et de 10 cm de diamètre a été fait sur le PS 27 où on observe très bien ces structures lenticulaires .

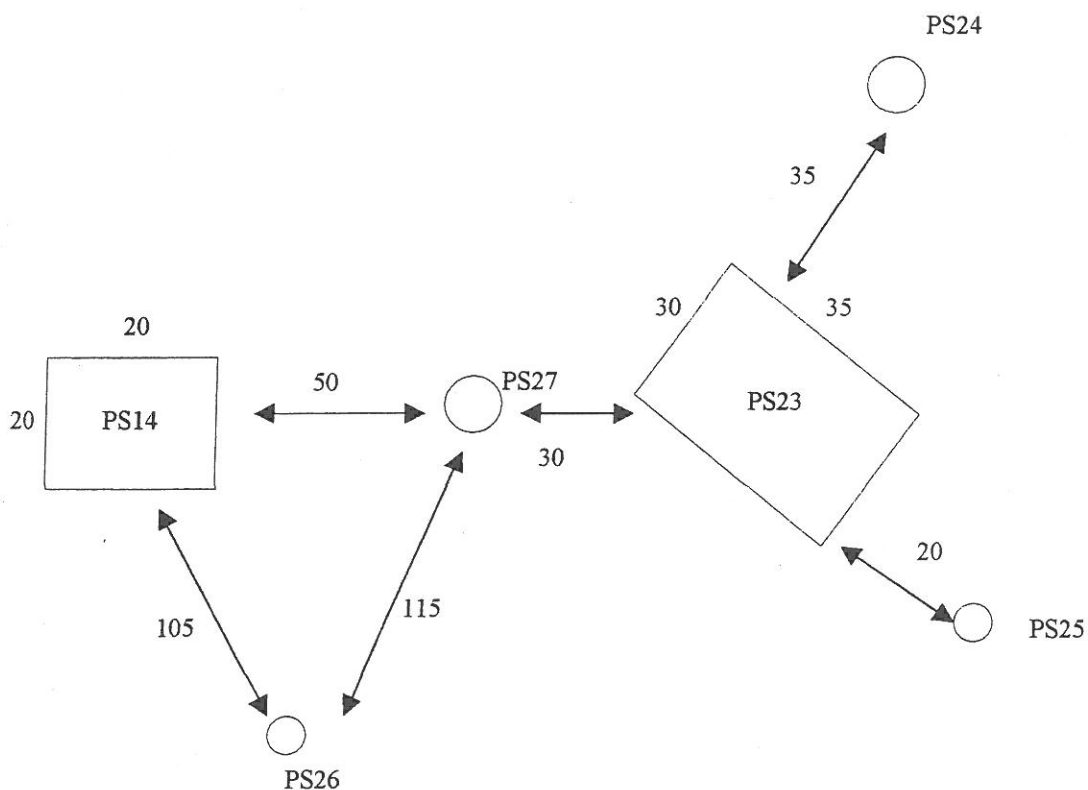
7.2.2 Remarques sur les échantillons

- Tous les échantillons sont préparés suivant les traitements indiquées dans le paragraphe 234.
- Les échantillons isolés et ceux des tranches A et C sont mesurés en spectrométrie gamma .
- Ils sont séparés en 5 lots et les lots 0, 3 et 4 sont envoyés aux laboratoires concernés par les mesures en spectrométrie gamma (CRIIRAD et CEA-OPRI)
- Le premier envoi est effectué le 30 juillet, les autres seront échelonnés en fonction de leur préparation



ANNEXE :

POSITION DES POINTS SINGULIERS PS23, 24, 25, 26 et 27

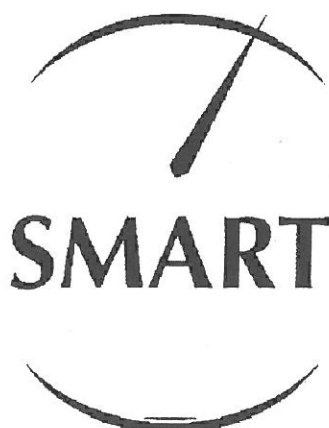


Les dimensions et distances entre les positions sont en centimètres

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes	Doc. : DEV.00.012 C Version : 03 Date : 13/11/01
RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS	Page : 1 / 28

SITE DU FORT DE VAUJOURS

**RESULTATS DES MESURES
EN SPECTROMETRIE GAMMA
DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES
SUR LE SITE**



Date de mise en application 13/11/01

 ECOLE DES MINES DE NANTES	Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes 4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3 Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - http://www.smart-subatech.com
---	--

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes			Doc : DEV.00.012 C Version : 03 Date : 13/11/01 Page : 2 / 28
RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS			

N° de version	Date de la modification	Objet de la modification
00	08/10/01	création du document
01	26/10/01	Document corrigé suivant remarques du CEA
02	13/11/01	Document corrigé suivant remarques de Mr Guillaumont, Mr Adloff et du CEA

	Rédacteur	Vérificateur	Chef de Service
Visas :			
Noms :			
Date :			

Exemplaires attribués à : Mr le Professeur Robert Guillaumont
 Mr Patrick Massicot du CEA
 Mr Remo Chiappini du CEA

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes	Doc. : DEV.00.012 C Version : 03 Date : 13/11/01
RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS	Page :3 / 28

SOMMAIRE

1.	Objectifs des mesures	4
2.	Moyens	4
2.1	<i>Matériels</i>	4
2.1.1	Matériels de traitement	4
2.1.2	Matériels de mesures	4
2.2	<i>Méthodologie du traitement des échantillons</i>	5
2.3	<i>Méthdologie de la mesure des échantillons</i>	5
2.3.1	Préparation des mesures	5
2.3.2	Exploitation des résultats	6
3.	Résultats des mesures radiologiques	8
3.1	<i>Tableau récapitulatif du traitement des échantillons</i>	8
3.2	<i>Tableau récapitulatif des mesures de radioactivité sur les points de prélèvements</i>	10
3.3	<i>Tableau récapitulatif des mesures de contrôle de radioactivité des lots d'échantillon</i>	11
3.4	<i>Tableau récapitulatif des activités des échantillons en uranium 238 et en uranium 235</i>	14
3.5	<i>Tableau récapitulatif des autres radioéléments détectés</i>	18
4.	Résultats des mesures radiologiques des mousses	21
5.	Commentaires	21

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes	Doc. : DEV.00.012 C Version : 03 Date : 13/11/01 Page : 4 / 28
RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS	

1 Objectifs des mesures

L'analyse radiologique des échantillons solides par spectrométrie gamma, a pour but, après traitement :

- de mesurer principalement l'activité massique de l'uranium 238 dans les échantillons du niveau (ou tranche) A, (de 0 à 10 cm de profondeur) et du niveau C (de 20 à 30 cm de profondeur) prélevés sur le site .
- d'évaluer le rapport de l'activité de l'uranium 238 sur celle de l'uranium 235 pour déterminer la nature (ou l'origine) de l'uranium (naturel, anthropique ou appauvri) .
- de détecter la présence d'autres radionucléides (artificiels ou naturels) pour avoir des indications sur l'état d'équilibre de la famille de l'uranium et des informations sur la nature et le taux de contamination éventuels de ces échantillons .

2 Moyens

2.1 Matériels

2.1.1 Matériels de traitement des échantillons :

- balances :
 - balance Testut (max 75 kg - min 2,5 kg – Δ 50 g)
 - balance Sartorius (max 3 kg - min 20 g – Δ 1 g)
- étuves ventilées 300°C max
- broyeur pulvérisette Fritsch avec bol de 500 ml et billes
- tamis OSI de maille de 2 mm
- béchers de 1 et 3 litres
- récipients : flacons polyéthylène de 50 ml, 100 ml, 1000 ml et 2000 ml , boîtes plastiques de 20 et 100 ml , SG 500 (flacons de polyéthylène de 500 ml), sacs plastiques .

2.1.2 Matériels de mesures :

- un polyradia-mètre portatif MIP 21- NARDEUX, compteur équipé d'une sonde de détection de rayonnements bêta de type SB 70 NARDEUX pour contrôle de radioprotection .
- un appareil EASYSPEC-CANBERRA, équipé d'une sonde à scintillation de type NaI et réalisant les fonctions de compteur, de spectromètre grossier de rayonnements gamma et de radia-mètre mesurant le débit de dose gamma.
- une chaîne de spectrométrie gamma équipée d'un détecteur germanium grande énergie CANBERRA (modèle BE 4823/S) de diamètre actif 78 mm, de surface active 4800 mm² et d'épaisseur 23 mm avec une fenêtre en carbon epoxy de 0,5 mm d'épaisseur (résolution de 2,1 keV à 1,33 MeV et 0,8 keV à 122 keV).

Cette chaîne est gérée par un logiciel Génie 2000 de CANBERRA.

Elle est équipée d'un château de plomb de 18 cm d'épaisseur et d'un passeur d'échantillon ASC-20 de TRACERLAB.

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes	Doc. : DEV.00.012 C Version : 03 Date : 13/11/01
RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS	Page : 5 / 28

2.2 Méthodologie du traitement des échantillons

- Tous les échantillons ont subi la préparation suivante :
 - transfert dans un b cher de 3 litres et pesée
 - séchage en étuve à 115 C
 - pesée et détermination du poids sec
 - tamisage à 2 mm
 - la fraction supérieure à 2 mm est broyée , exceptées les cailloux et les morceaux supérieurs à 3 cm qui sont isolés du lot, pesés et mesurés avec l'EASYSPEC. Les cailloux avec une activité supérieure à 3 fois le bruit de fond sont broyés ; les restants sont stockés dans des sacs plastiques sous la référence de l'échantillon considéré et conservé . Leur poids est ajoutée à celui de l'échantillon .
 - homogénéisation de la fraction inférieure à 2 mm avec celle supérieure à 2 mm après broyage comme indiqué .
 - conditionnement des échantillons dans des récipients en polyéthylène de 500 ou 1000 ml, dans des SG500 , dans des boîtes plastiques de 20 ou 200 ml et dans des sacs plastiques pour les cailloux
- Préparation des lots d'échantillons pour mesures et archivages :
 - lot 0 = échantillon dont la masse est insuffisante pour faire 4 lots (il s'agit des prélèvements contaminés ponctuellement et isolés du reste du niveau)
 - lot 1 = échantillon archivé
 - lot 2 = échantillon SUBATECH
 - lot 3 = échantillon attribué aux associations et envoyé à la CRIIRAD
 - lot 4 = échantillon attribué au CEA et à l'OPRI
- Chaque échantillon a la référence définitive x yy z où :
 - x = numéro du lot
 - yy = référence du point de prélèvement
 - z = référence de la tranche
- Les échantillons des lots 3 et 4 ont été expédiés aux laboratoires concernés :
 - CRIIRAD   Valence
 - CEA – DAM   Bruyères le Châtel

2.3 Méthodologie de la mesure des échantillons

2.3.1 Préparation des mesures

- Les échantillons des niveaux A et C (ainsi que quelques échantillons de la tranche B) ont été mesurés en spectrométrie gamma .
- Les formes et dimensions des récipients, utilisées pour les géométries de mesure, sont :
 - SG 500 : flacon de polyéthylène de 500 ml rempli à 500 ml
 - SG 250 : flacon polyéthylène de 500 ml rempli à 250 ml
 - B200-100 : boîte plastique de diamètre, de 5 cm du haut et de 8 cm de diamètre, remplie à 100 ml
 - B20-15 : boîte plastique, de 5 cm de diamètre et de 17 mm de haut, remplie à 15 ml

- Les temps de mesure ont été d'abord de 10 000 secondes pour les échantillons dont l'activité était supérieure à 3 fois le bruit de fond et de 50 000 secondes pour les autres échantillons . Toutefois, suite à un dysfonctionnement du passeur d'échantillon d'une chaîne de spectrométrie gamma, ces temps de comptage ont été réduits à 1000 secondes pour les premiers et à 5000 secondes pour les seconds afin d'achever la totalité des mesures pour le 25 septembre .
- Tous les fractionnements d'un échantillon d'une tranche donnée, suite à l'extraction d'éléments d'activité significatives, ont été mesurés .
- Les morceaux d'uranium, dont la nature reste à déterminer, extraits des échantillons, ont été mesurés pour calculer le rapport de l'activité uranium 238 sur celle de l'uranium 235 afin de déterminer la nature (ou l'origine) de l'uranium. Ces morceaux ne peuvent pas être intégrés dans l'une des géométries de mesure utilisées . Leur densité est plus élevée que celle des autres échantillons . Il n'est donc pas possible d'en déduire le rapport U238/U235 à partir du rapport Th234/U235 en raison de l'atténuation des raies due à l'autoabsorption des rayonnements gamma de faible énergie du Th234 .

2.3.2 Exploitation des résultats des mesures

- Les résultats des mesures sont extraits des rapports d'analyses édités pour chaque mesure à partir du logiciel Génie 2000 . Ces rapports indiquent :
 - les conditions de mesures et les caractéristiques des échantillons
 - le relevé des raies gamma identifiées par le détecteur avec leur statistique de comptage et l'incertitude associée
 - la liste des radioéléments émettant ces raies
 - leur activité massique ou volumique et leur incertitude associée à 2 sigma, correspondant à une probabilité de 95% que la valeur réelle soit comprise dans l'intervalle défini . Elle inclut les incertitudes sur la surface de la raie en impulsions, sur le rendement en efficacité du détecteur dans la géométrie de mesure considérée, sur l'intensité de la raie, sur le temps de comptage et sur le poids de l'échantillon .
 - leur limite de détection
- Tableau 1 : Radionucléides (RN) identifiés

RN	Famille radioactive	Mode de désintégration	Raies gamma caractéristiques en keV (intensité d'émission en %)	Périodes
Th 234	U 238	β	63 (4,5) – 93 (5,2)	24,1 jours
Ra 226	U238	α	186 (3,28)	1 600 ans
Bi 214	U238	β	609 (44,8)	19,9 minutes
Pb 214	U238	β	351 (35,8)	26,8 minutes
Pb 210	U 238	β	46,5 (4,1)	22,2 ans
U 235	U 235	α	144 (10,5) - 163 (4,7) – 185 (54,0)	7,1 10 ⁸ ans
Ac 228	Th 232	β	911 (29,0)	6,13 heures
Pb 212	Th 232	β	238 (43,6)	10,6 heures

REA		Mode de désintégration	Raies gamma caractéristiques en keV et leur intensité d'émission en %	Périodes
K40	naturel	β	1460 (10,67)	$1,3 \cdot 10^9$ ans
Am 241	artificiel	α	59,5 (36,30)	433 ans
Cs 137	artificiel	β	661 (85,0)	30,2 ans

- L'énergie des rayonnements gamma du thorium 234 est faible et les raies sont atténuées en fonction de la densité de l'échantillon .

La raie à 63 keV subit une atténuation de (45+/- 9) % et la raie à 93 keV subit une atténuation de (15 +/- 3) % dont il est tenu compte dans les résultats .

- L'activité de l'uranium 238, émetteur alpha qui n'émet pas de rayons gamma mesurables, a été déduite de celle de son descendant direct, le thorium 234 sur la moyenne des activités mesurées aux énergies 63 et 93 keV (corrigées du facteur d'atténuation) en admettant que l'équilibre de régime est atteint, ce qui est réalisé au bout de 8 mois .

- L'activité de l'uranium 235 a été mesurée à partir de ses gammas de 163 keV et de 185 keV. L'activité du radium 226 est déduite de celle du bismuth 214 si ces deux radionucléides sont à l'équilibre de régime (au moins 3 semaines après la mise en géométrie pour éviter la fuite de radon) ou de son activité mesurée à partir de son gamma de 186 keV après correction :

- de l'activité de l'uranium 235 à partir de son gamma de 163 keV
- ou de celui de 144 keV, si la statistique de comptage est faible sur celui de 163 keV
- ou de l'activité du thorium 234 (représentant celle de l'uranium 238) à laquelle est appliqué le rapport 21,6 qui est celui des activités de l'uranium 238 et de l'uranium 235 dans leur rapport isotopique naturel c'est à dire à l'équilibre séculaire .

- Dans le cas des échantillons contenant plus de 100 Bq d'uranium 238 par kg de matière , l'influence du radium 226 sur le gamma de 185 keV de l'uranium 235 est trop faible et son interférence est négligeable .Ceci est dû au déséquilibre de régime entre l'uranium 238 et le radium 226 (le thorium 230 émet un gamma de 67 keV d'intensité trop faible, inférieure à 0,5%, pour être mesuré)et l'activité du radium dans les échantillons est inférieure à 50 Bq/kg . Par ailleurs cela est confirmé par les résultats des activités de l'uranium 235 mesurées à partir de ses gammas de 163 keV et de 185 keV qui présentent la même valeur aux incertitudes près

- Dans les tableaux des résultats des mesures de radioactivité sont reportés :

- l'activité de l'uranium 238 calculée sur la moyenne de celles du thorium 234 à 63 et 93 keV corrigée du facteur d'atténuation
- l'activité de l'uranium 235 calculée sur la moyenne de celle mesurées à partir des gammas de 163 et de 185 keV
- le rapport de l'activité de l'uranium 238 sur celle de l'uranium 235
- l'activité du radium 226 corrigée à partir du gamma de 186 keV , uniquement pour les échantillons qui ont une activité du niveau de celle du bruit de fond (inférieure à 100 Bq/kg)
- l'activité du bismuth 214 à partir du gamma de 609 keV et celle du plomb 214 à partir du gamma de 351 keV

- l'activité de l'actinium 228 à partir de son gamma 911 keV, ce radionucléide est l'indicateur de l'activité du thorium 232 dans les mesures en spectrométrie gamma
- l'activité du potassium 40 à partir de son gamma de 1460 keV
- l'activité du césium 137 à partir de son gamma de 661 keV
- l'activité de l'américium 241 à partir de son gamma de 59,5 keV

3 Résultats des mesures de radioactivité

3.1 Tableau 2 : Traitement des échantillons

- dans ce tableau sont reportés :
- la référence de l'échantillon conformément aux règles énoncées dans le rapport relatif aux prélèvements
 - le poids brut (**Pb**) en kilogramme de l'échantillon après prélèvement et conditionnement
 - le poids de matière sèche (**Ps**) en kilogramme de l'échantillon après son séchage
 - le rapport du poids de matière sèche sur le poids de matière brute (**Ps/Pb**)
 - le poids d'échantillon traité et mesuré en spectrométrie gamma (**Pm**) en kilogramme
 - le poids de la fraction d'échantillon traité (généralement la fraction inférieure à 2 mm) d'où a été extraite la masse d'échantillon mesurée (**Pf**) en kilogramme
 - le rapport du poids brut de la fraction traitée (d'où a été extraite la masse d'échantillon mesurée) sur celui de matière sèche (**Pf/Ps**)
 - la géométrie de mesure en spectrométrie gamma
 - la durée des mesure en secondes
 - l'erreur sur le poids est estimé à 5% et est intégrée au calcul de l'activité en spectrométrie gamma dans le logiciel de traitement Génie 2000

Référence	Pb kg	Ps kg	Ps/Pb	Pm kg	Pf kg	Pf/Ps	Géométrie	Durée de mesure
1A	4,35	3,35	0,77	0,620	2,90	0,87	SG500	50 000
1B	5,55	4,50	0,81	0,616	4,30	0,96	SG 500	50 000
1C	6,35	5,50	0,87	0,661	3,55	0,65	SG 500	50 000
1bisB	3,60	2,95	0,82	0,664	2,25	0,76	SG 500	50 000
1bisC	4,45	3,70	0,83	0,636	3,35	0,91	SG 500	50 000
1terA	5,35	4,10	0,77	0,699	3,35	0,82	SG 500	50 000
1terB	5,15	4,15	0,81	0,661	2,90	0,70	SG 500	50 000
1terC	1,60	1,25	0,78	0,248	0,95	0,76	B200-100	50 000
2A	5,05	3,83	0,76	0,679	3,23	0,84	SG 500	50 000
2B	4,95	3,80	0,77	0,576	2,40	0,63	SG 500	50 000
2C	6,10	5,15	0,84	0,725	4,09	0,79	SG 500	50 000

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 C

Version :
03

Date :
13/11/01

Page : 9 / 28

RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS

Référence	Pb kg	Ps kg	Ps/Pb	Pm kg	Pf kg	Pf/Ps	Géométrie	Durée de mesure
3AS-2	7,30	6,30	0,86	0,586	1,70	0,27	SG 500	10 000
403AR+2	7,30	6,30	0,86	0,0278	0,52	0,083	B20-15	10 000
203AR+2	7,30	6,30	0,86	0,0258	0,52	0,083	B20-15	10 000
3B	6,50	5,43	0,84	0,710	4,58	0,84	SG 500	50 000
3C	6,50	5,45	0,84	0,682	4,50	0,83	SG 500	50 000
4A	4,65	4,00	0,86	0,718	2,10	0,53	SG 500	50 000
4B	5,20	4,35	0,84	0,713	2,90	0,67	SG 500	50 000
4C	8,10	7,13	0,88	0,697	3,78	0,53	SG 500	10 000
5A	5,15	3,80	0,74	0,133	3,39	0,89	B200-100	1 000
5B	5,35	4,33	0,81	0,727	3,24	0,75	SG 500	1 000
5C	6,15	5,00	0,81	0,607	3,50	0,70	SG 500	50 000
6A	6,30	4,95	0,79	0,639	3,95	0,80	SG 500	50 000
6C	6,55	5,25	0,80	0,654	4,55	0,87	SG 500	50 000
7A	6,10	4,65	0,76	0,692	3,75	0,81	SG 500	50 000
7C	5,55	4,70	0,85	0,729	3,60	0,77	SG 500	50 000
8A	6,00	4,80	0,80	0,730	4,10	0,85	SG 500	5 000
8C	6,15	5,30	0,86	0,723	3,70	0,70	SG 500	50 000
9A	1,10	0,73	0,66	0,141	0,70	0,96	B200-100	5 000
9C	5,40	4,38	0,81	0,980	3,68	0,84	SG 500	5 000
11A	5,55	4,25	0,77	0,778	3,70	0,87	SG 500	50 000
11C	5,65	4,76	0,84	0,804	4,40	0,92	SG 500	10 000
12A	5,05	4,41	0,87	0,751	4,22	0,96	SG 500	5 000
12C	4,60	4,06	0,88	0,735	3,81	0,94	SG 500	50 000
13AR-2	4,95	4,25	0,86	0,1449	1,35	0,32	B200-100	10 000
13AS-2	4,95	4,25	0,86	0,700	2,60	0,61	SG 500	10 000
13C	3,90	3,39	0,87	0,765	3,39	1,00	SG 500	50 000
14A	4,65	3,74	0,80	0,709	3,49	0,93	SG 500	5 000
14C	5,60	4,80	0,86	0,811	4,30	0,90	SG 500	50 000
15A	4,20	3,31	0,79	0,671	2,56	0,77	SG 500	5 000
15C	4,55	3,80	0,84	0,718	3,04	0,80	SG 500	10 000
16A	5,05	4,62	0,91	0,679	2,57	0,56	SG 500	5 000
16C	4,55	3,92	0,86	0,680	2,97	0,76	SG 500	82 300
17A	4,45	3,80	0,85	0,718	2,60	0,68	SG 500	5 000
17C	3,95	3,36	0,85	0,733	2,61	0,78	SG 500	82 415
18A	2,55	1,59	0,62	0,462	1,24	0,78	SG 500	5 000
18C	5,45	4,26	0,78	0,601	2,81	0,66	SG 500	50 000
19A	5,75	4,91	0,85	0,790	3,56	0,73	SG 500	5 000
19C	6,50	5,42	0,83	0,661	3,42	0,63	SG 500	50 000



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>



**RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA
DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS**

Référence	Pb kg	Ps kg	Ps/Pb	Pm kg	Pf kg	Pf/Ps	Géométrie	Durée de mesure
20A	5,65	4,69	0,83	0,734	3,89	0,83	SG 500	5 000
20C	6,45	5,48	0,85	0,738	4,13	0,75	SG 500	83 932
21	0,60	0,30	0,50	0,020	0,25	0,83	B20-15	5 000
22A	6,20	5,02	0,81	0,143	1,87	0,37	B200-100	10 000
22C	8,45	6,80	0,80	1,037	3,41	0,50	SG 500	10 000
23A	5,20	4,08	0,78	0,674	2,48	0,61	SG 500	5 000
23C	4,95	4,09	0,83	0,610	2,89	0,71	SG 500	82 704
35A	8,10	6,33	0,78	0,677	4,13	0,65	SG 500	1 000
35C	4,90	4,09	0,83	0,351	1,40	0,34	SG 250	10 000
36A	5,70	4,63	0,81	0,648	3,83	0,83	SG 500	5 00
36C	4,00	3,47	0,87	0,756	2,78	0,80	SG 500	51 567
37A1R-2	3,40	2,77	0,81	0,024	0,38	0,14	B20-15	1 000
37A	3,40	2,77	0,81	0,126	0,79	0,29	B200-100	5 000
37C	1,70	1,38	0,81	0,127	0,88	0,64	B200-100	5 000
38A1	12,60	10,77	0,85	0,023	0,47	0,044	B20-15	1 000
38A2	12,60	10,77	0,85	0,125	0,60	0,056	B200-100	5 000
38A	12,60	10,77	0,85	0,757	3,15	0,29	SG 500	5 000
38C	2,80	2,35	0,84	0,655	1,61	0,69	SG 500	51 518
39A	1,60	1,34	0,84	0,154	0,73	0,54	B200-100	10 000
39A'	1,60	1,34	0,84	0,024	0,086	0,064	B20-15	10 000
39C	1,30	1,13	0,87	0,136	1,13	1,00	B200-100	5 000
40A1	11,90	8,80	0,74	0,637	4,35	0,49	SG 500	50 000
40A2	11,90	8,80	0,74	0,639	1,94	0,22	SG 500	50 000
40A	11,90	8,80	0,74	0,144	0,78	0,089	B200-100	10 000
40C	1,20	0,95	0,79	0,299	0,80	0,84	SG 500	50 000

3.2 Tableau 3 : Mesures de radioactivité sur les points de prélèvements

- Les mesures ont été faites sur les points de prélèvements, avec l'EASYSPEC CANBERRA avant et après le prélèvement .
- Elles ont été réalisées au contact du point de prélèvement, à 1 mètre de hauteur et à 30 cm de profondeur après le prélèvement de l'échantillon de la tranche C .
- Dans ce tableau sont reportées les activités gamma en chocs par seconde et les débits de dose gamma en $\mu\text{Sv/h}$.



**RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA
DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS**

N°	Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$			Activité en c/s			Mesures à -30cm	
	contact	à 1 mètre	BDF	contact	à 1 mètre	BDF	c/s	$\mu\text{Sv/h}$
1	0,05	0,04	0,04	116	113	117	213	0,09
1bis	0,12	0,04	0,04	306	108	108	181	0,07
1ter	0,12	0,06	0,06	307	173	153	314	0,12
2	0,16	0,04	0,05	759	112	116	197	0,08
3	0,93	0,04	0,04	3171	129	154	293	0,09
4	0,19	0,04	0,04	830	115	116	228	0,07
5	0,22	0,05	0,05	778	141	132	261	0,09
6	0,04	0,03	0,04	95	94	105	180	0,07
7	0,04	0,03	0,04	105	99	103	183	0,07
8	0,05	0,04	0,05	108	95	114	176	0,07
9	0,13	0,04	0,05	346	124	125	296	0,12
10	0,07	0,04	0,05	172	117	122	217	0,09
11	0,05	0,04	0,05	126	115	130	233	0,09
12	0,11	0,04	0,06	515	124	152	242	0,09
13	0,13	0,05	0,06	509	135	149	247	0,09
14	0,05	0,05	0,05	150	133	142	226	0,09
15	0,13	0,03	0,04	545	107	116	240	0,08
16	0,05	0,04	0,04	116	109	122	187	0,08
17	0,04	0,03	0,04	105	100	112	163	0,07
18	0,04	0,03	0,04	110	102	108	207	0,09
19	0,06	0,04	0,05	138	118	148	203	0,08
20	0,05	0,03	0,05	122	102	123	209	0,08
21	0,12	0,03	0,04	444	90	97	83	0,03
22	4,43	0,04	0,05	11 199	134	135	287	0,09
23	0,43	0,04	0,05	690	102	123	190	0,08
35	0,33	0,03	0,04	1 393	109	143	192	0,07
36	0,05		0,05	116		118	232	0,09
37	0,29	0,03	0,04	1 172	100	96	198	0,08
38	0,85	0,03	0,04	2 500	101	110	153	0,09
39	0,17	0,03	0,05	623	99	169	212	0,08
40	0,31	0,05	0,06	1 167	148	182	309	0,10

3.3 Tableau 4 : Mesures de contrôle de radioactivité des lots d'échantillon

Dans ce tableau sont reportés :

- Les poids des lots d'échantillons envoyés aux différents laboratoires concernés par les mesures :

- lot 2 pour le laboratoire SUBATECH
- le lot 3 pour le laboratoire CRIIRAD



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>



**RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA
DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS**

- le lot 4 pour les laboratoires du CEA et de l'OPRI
- Les mesures de contrôle de radioprotection représentées par les résultats des mesures de l'activité gamma et du débit de dose associée au contact de l'échantillon avec l'EASYSPEC CANBERRA.
Cela permet d'évaluer l'homogénéité des échantillons à mesurer en spectrométrie gamma.

Référence	Poids envoyée			Activité gamma en c/s			Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$		
	CEA PI4	CRIIRADPI3	SMART PI2	CEA	CRIIRAD	SMART	CEA	CRIIRAD	SMART
1A	0,715	0,621	0,620	305	315	309	0,11	0,11	0,11
1B	0,986	1,023	0,616	324	316	317	0,12	0,12	0,12
1C	0,957	0,962	0,661	389	343	353	0,15	0,13	0,13
1 bis B	0,675	0,668	0,664	352	341	345	0,13	0,13	0,13
1bis C	0,927	0,896	0,636	333	310	324	0,12	0,11	0,12
1 ter A	0,912	0,829	0,699	323	326	296	0,12	0,12	0,11
1 ter B	0,757	0,755	0,661	318	312	345	0,11	0,11	0,12
1 ter C	0,224	0,236	0,248	353	361	376	0,13	0,14	0,15
2A	0,828	0,801	0,679	441	430	435	0,14	0,14	0,14
2B	0,640	0,610	0,576	338	327	350	0,13	0,12	0,13
2C	1,136	1,125	0,725	234	242	248	0,08	0,09	0,09
3AS-2	0,550	0,553	0,586	469	466	489	0,14	0,13	0,14
3AR+2	0,0278	0,1517	0,0258	1227	1065	379	0,37	0,34	0,13
3B	1,277	1,276	0,710	264	272	266	0,10	0,10	0,10
3C	1,256	1,272	0,682	285	290	298	0,10	0,10	0,10
4A	0,425	0,463	0,718	380	366	379	0,12	0,12	0,12
4B	0,737	0,736	0,713	289	287	302	0,10	0,11	0,10
4C	1,050	1,023	0,697	256	252	259	0,09	0,09	0,09
5A	0,159	0,144	0,133	941	816	958	0,22	0,20	0,22
5B	0,702	0,715	0,274						
5C	0,966	0,971	0,607	292	294	297	0,11	0,11	0,11
6A	1,115	1,114	0,639	290	292	294	0,11	0,11	0,11
6C	1,302	1,277	0,654	311	296	275	0,12	0,12	0,12
7A	1,026	1,043	0,692	296	297	298	0,11	0,12	0,11
7C	0,934	0,964	0,729	278	269	278	0,11	0,10	0,11
8A	1,109	1,089	0,730	239	242	260	0,10	0,10	0,11
8C	1,020	1,022	0,723	249	245	263	0,10	0,10	0,11
9A	0,184	0,188	0,141	243	244	242	0,09	0,09	0,09
9C	0,980	0,988	0,980	235	240	260	0,10	0,10	0,11
11A	0,975	0,969	0,778	243	250	244	0,10	0,10	0,10
11C	1,207	1,197	0,804	231	231	294	0,09	0,09	0,12



SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 C

Version :
03

Date :
13/11/01

Page : 13 / 28

RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS

Référence	Poids envoyée			Activité gamma en c/s			Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$		
	CEA PI4	CRIIRADPI3	SMART PI2	CEA	CRIIRAD	SMART	CEA	CRIIRAD	SMART
12A	1,165	1,150	0,751	290	279	262	0,10	0,09	0,09
12C	1,038	1,020	0,735	230	231	233	0,09	0,09	0,09
13AR-2	0,1514	0,1524	0,1449	460	473	539	0,12	0,13	0,14
13AS-2	0,750	0,750	0,700	264	274	264	0,10	0,10	0,10
13C	0,880	0,873	0,765	235	221	232	0,09	0,08	0,09
14A	0,926	0,931	0,709	231	231	238	0,09	0,09	0,09
14C	1,167	1,156	0,811	236	244	234	0,09	0,09	0,09
15A	0,633	0,859	0,671	306	339	362	0,11	0,12	0,13
15C	0,783	0,780	0,718	232	235	232	0,09	0,09	0,09
16A	0,612	0,644	0,679	223	215	226	0,09	0,08	0,09
16C	0,679	0,893	0,680	250	245	243	0,09	0,09	0,09
17A	0,732	0,781	0,718	250	248	257	0,09	0,09	0,10
17C	0,704	0,814	0,733	311	321	310	0,11	0,11	0,11
18A	0,251	0,293	0,462	276	276	264	0,10	0,11	0,10
18B	0,577	0,727	0,605	259	268	270	0,09	0,09	0,10
18C	0,641	0,749	0,601	265	260	265	0,09	0,10	0,10
19A	0,767	1,003	0,790	292	277	273	0,11	0,11	0,10
19C	0,687	1,059	0,661	277	279	274	0,10	0,10	0,10
20A	0,743	1,157	0,734	262	270	262	0,10	0,10	0,10
20C	0,744	1,343	0,738	282	281	278	0,11	0,10	0,10
21	0,082	0,076	0,020	284	295	282	0,10	0,10	0,10
22A	0,144	0,138	0,143	568	574	660	0,14	0,14	0,15
22C	0,348	0,664	1,037	276	280	279	0,09	0,10	0,10
23A	0,674	0,784	0,674	324	269	268	0,13	0,10	0,10
23C	0,625	0,852	0,610	277	273	281	0,10	0,10	0,11
35A	0,686	0,667	0,677	357	378	376	0,12	0,11	0,12
35C	0,324	0,386	0,351	261	284	274	0,10	0,11	0,10
36A	0,677	1,215	0,648	263	263	251	0,10	0,10	0,10
36C	0,729	0,819	0,756	285	273	266	0,11	0,11	0,10
37A1 R-2	0,1353	0,354	0,024	1118	1132	671	0,24	0,24	0,16
37A	0,155	0,144	0,126	265	262	264	0,10	0,10	0,10
37C	0,154	0,149	0,127	263	256	272	0,10	0,10	0,11
38A1	0,022	0,021	0,023	425	462	485	0,12	0,12	0,12
38A2	0,149	0,156	0,125	290	286	298	0,11	0,10	0,11
38A	0,690	0,924	0,757	297	304	292	0,11	0,11	0,10
38C	0,346	0,532	0,655	284	288	289	0,10	0,11	0,11



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>

Référence	Poids envoyée			Activité gamma en c/s			Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$		
	CEA PI4	CRIIRADPI3	SMART PI2	CEA	CRIIRAD	SMART	CEA	CRIIRAD	SMART
39A	0,148	0,143	0,154	279	279	288	0,10	0,10	0,11
39A'	0,025	0,024	0,024	453	574	719	0,14	0,15	0,20
39C	0,145	0,145	0,136	258	255	257	0,10	0,10	0,10
40A1	0,677	1,241	0,637	306	307	289	0,11	0,11	0,11
40A2	0,616	0,600	0,639	277	267	287	0,10	0,10	0,11
40A	0,141	0,145	0,144	357	378	376	0,11	0,12	0,12
40C	0,139	0,136	0,299	312	296	293	0,11	0,11	0,11
BDF				274	274	274	0,10	0,10	0,10

3.4 Tableau 5 : Activités des échantillons en uranium 238 et en uranium 235

Dans ce tableau sont reportés :

- l'activité, en choc/seconde, sur le point de prélèvement mesurée avec l'EASYSPEC CANBERRA, notée **A/PS**
- l'activité de l'échantillon, notée **A/ECH**, en choc/secondes, mesuré avec l'EASYSPEC CANBERRA, avant le traitement en laboratoire
- l'activité de l'uranium 238 déduite de celle du thorium 234 en **Bq par kg sec**
- l'activité de l'uranium 235, en **Bq par kg sec**, calculée sur la moyenne des activités mesurées à partir de ses gammas de 164 keV et de 185 keV ou la limite de détection de l'activité mesurée à partir de son gamma de 144 keV quand son activité est trop faible (inférieure à 25 Bq/kg)

En effet la limite de détection du gamma de 163 keV est trop élevée (du fait de sa faible intensité) et celle du gamma de 185 keV, qui subit alors l'influence du radium 226 présent dans l'environnement, devient non significative après correction de l'interférence

-le rapport de l'activité de l'uranium 238 sur celle de l'uranium 235, des échantillons dans lesquels l'uranium 235 est mesurable (c'est à dire ceux dont l'activité est supérieure à 100 Bq/kg en uranium 238) . Pour les autres, l'incertitude sur les mesures du thorium 234 et le faible signal de l'uranium 235 ne permettent pas d'obtenir des résultats significatifs dans le calcul de ce rapport .

- notons que la formule du calcul de l'activité **A** d'un radionucléide à partir d'un gamma d'énergie donnée est la suivante :

$$A_i = S / T * I_i * Rdt * M$$

Où

A_i = l'activité en Bq/kg à partir du gamma d'énergie **i**

S = surface nette du pic, du gamma d'énergie **i**, en impulsions

I_i = intensité du gamma d'énergie **i**

Rdt = efficacité du détecteur à l'énergie **i** dans la géométrie de mesure utilisée



**RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA
DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS**

T = le temps de mesure en secondes

M = le poids d'échantillon mesurée en kg

Le calcul de son incertitude associé est le suivant

$$\left(\frac{\sigma A_i}{A_i} \right) = \sqrt{\left(\frac{\sigma S}{S} \right)^2 + \left(\frac{\sigma T}{T} \right)^2 + \left(\frac{\sigma I_i}{I_i} \right)^2 + \left(\frac{\sigma M}{M} \right)^2 + \left(\frac{\sigma Rdt}{Rdt} \right)^2}$$

Par ailleurs il est à remarquer que :

- Les références **xx AG** représentent le bilan des activités des différentes fractions d'une même tranche dont la somme (corrigée des masses de chaque fraction) est rapportée à la totalité de la masse du niveau considéré (niveau A principalement).

Le résultat du bilan de ces activités a été obtenu par la somme des produits de l'activité de l'uranium 238 dans la fraction considérée par le poids celle-ci (**Pf** dans le tableau 1) sur le poids de matière sèche (**Ps** dans ce même tableau) (idem pour l'uranium 235).

L'écart observé avec le résultat de la somme des activités de l'uranium 238 des différentes fractions d'un niveau donné (indiquées dans le tableau 5) provient de l'approximation faite sur le rapport **Pf/Ps** qui a servi au calcul de cette activité dans le tableau 5 (idem pour l'uranium 235)

- Les activités d'uranium 238 supérieures à 100 Bq/kg et celles de l'uranium 235 correspondantes ont été rapportées à la masse totale de matière sèche en tenant compte du rapport **Pf/Ps**.

- En effet les activités inférieures à 100 Bq/kg, étant du niveau du bruit de fond, ne nécessitent pas cette correction car l'activité des radionucléides naturels doit être du même ordre de grandeur dans les différentes fractions et cette correction n'est plus significative dans le domaine d'incertitude des mesures.

- L'échantillon **403 AR+2**, destiné au CEA, a été mesuré car il présentait une différence significative dans sa mesure de radioprotection (voir tableau 4), par rapport à l'échantillon **203 AR+2**, destiné à SUBATECH. L'hétérogénéité apparente de ces 2 échantillons a entraîné l'intégration de cette activité avec celle de l'échantillon **3 AS-2**, à la place de celle de l'échantillon **203AR+2**, dans le calcul récapitulatif du niveau **3A**, référencé **3AG** dans le tableau.

Référence	A/PS c/s	A/ECH c/s	U238 Bq/kg	U235 Bq/kg	A _{U8} /A _{U5}	Remarques
1A	116	262	62 +/- 27	< 6,5	-	référence
1B		241	51 +/- 23	< 6,5	-	référence
1C	213	243	48 +/- 22	< 6,3	-	référence
1bisB	306	236	47 +/- 21	< 6,1	-	PS4
1bisC	181	243	61 +/- 26	< 6,4	-	PS4



SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 C

Version :
03

Date :
13/11/01

Page : 16 / 28

RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS

Référence	A/PS c/s	A/ECH c/s	U238 Bq/kg	U235 Bq/kg	A _{U8} /A _{U5}	Remarque
1terA	307	252	43 +/- 19	< 5,7	-	PS5
1terB		253	40 +/- 18	< 6,3	-	PS5
1terC	314	260	43 +/- 19	< 7,3	-	PS5
2A	759	350	12 034 +/- 5 256	538 +/- 118	22,3 +/- 9,8	PS1
2B		250	567 +/- 241	28 +/- 8	20,2 +/- 8,6	PS1
2C	197	247	266 +/- 118	12 +/- 5	22,2 +/- 9,8	PS1
3AS-2			9732 +/- 4187	432 +/- 81	22,5 +/- 9,7	
403AR+2			21 001 +/- 10 073	996 +/- 249	21,1 +/- 10,1	
203AR+2			5 225 +/- 2 239	237 +/- 50	22,0 +/- 9,4	
3AG	3 171	862	30 610 +/- 14 201	1 422 +/- 328	21,5 +/- 10,0	PS10
3B		275	2080 +/- 903	92 +/- 17	22,6 +/- 9,8	PS10
3C	293	280	1216 +/- 516	57 +/- 15	21,3 +/- 9,0	PS10
4A	830	398	6754 +/- 2 789	331 +/- 69	20,4 +/- 8,4	PS12
4B		284	2 060 +/- 881	94 +/- 20	21,9 +/- 9,4	PS12
4C	228	253	603 +/- 256	27 +/- 8	22,3 +/- 9,5	PS12
5A	778	5 059	146 541 +/- 67 012	6 720 +/- 1 424	21,8 +/- 10,0	PS14
5B		709	35 414 +/- 15 481	1 650 +/- 375	21,5 +/- 9,4	PS14
5C	261	294	1 149 +/- 508	54 +/- 13	21,3 +/- 9,4	PS14
6A	95	250	37 +/- 17	< 5,8	-	référence
6C	180	267	45 +/- 20	< 6,2	-	référence
7A	105	265	48 +/- 22	< 6,2	-	référence
7C	183	252	52 +/- 22	< 6,0	-	référence
8A	108	238	63 +/- 34	< 4,1	-	référence
8C	176	245	49 +/- 21	< 5,7	-	référence
9A	346	241	42 +/- 28	< 6,3	-	PS2
9C	296	250	41 +/- 30	< 3,5	-	PS2
11A	126	244	45 +/- 20	< 5,8	-	référence
11C	233	248	38 +/- 22	< 2,3	-	référence
12A	515	501	6 622 +/- 2 813	336 +/- 86	19,7 +/- 8,4	PS6
12C	242	280	884 +/- 371	39 +/- 8	22,7 +/- 9,5	PS6
13AR-2			28 421 +/- 12 358	1 216 +/- 256	23,4 +/- 10,2	
13AS-2			1 331 +/- 584	59 +/- 17	22,6 +/- 9,9	
13AG	509	1 034	29 532 +/- 12 870	1 266 +/- 271	23,3 +/- 10,1	PS7
13C	247	268	911 +/- 395	42 +/- 10	21,7 +/- 9,4	PS7
14A	150	257	319 +/- 142	< 22	-	référence
14C	226	259	152 +/- 64	< 13	-	référence
15A	545	407	6 955 +/- 2 858	304 +/- 31	22,9 +/- 9,4	PC8
15C	240	277	1 310 +/- 555	58 +/- 18	22,6 +/- 9,6	PC8



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 C

Version :
03

Date :
13/11/01

Page : 17 / 28

RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS

Référence	A/PS c/s	A/ECH c/s	U238 Bq/kg	U235 Bq/kg	A _{U8} /A _{U5}	Remarque
16A	116	263	71 +/- 39	< 3,6	-	référence
16C	187	252	53 +/- 23	< 3,9	-	référence
17A	105	250	58 +/- 28	< 3,9	-	référence
17C	163	241	35 +/- 16	< 4,0	-	référence
18A	110	245	41 +/- 25	< 5,4	-	PS17
18C	207	257	79 +/- 35	< 5,8	-	PS17
19A	138	260	37 +/- 21	< 3,8	-	référence
19C	203	250	50 +/- 24	< 3,1	-	référence
20A	213	243	44 +/- 27	< 4,2	-	référence
20C	306	236	38 +/- 17	< 4,3	-	référence
21	444	373	8 590 +/- 3 780	390 +/- 95	22,0 +/- 9,7	PC9
22A	11 199	1 463	50 178 +/- 20 815	2 220 +/- 352	22,6 +/- 9,4	PS18-CA14
22C	287	280	1 733 +/- 733	80 +/- 15	21,7 +/- 9,2	PS18-CA14
23A	690	278	50 +/- 25	< 4,5	-	PS8
23C	190	244	53 +/- 24	< 4,2	-	PS8
35A	1 393	735	11 262 +/- 5 249	514 +/- 111	21,9 +/- 10,2	PS19-CA14
35C	192	266	762 +/- 325	35 +/- 6	21,8 +/- 9,3	PS19-CA14
36A	116	244	58 +/- 24	< 4,4	-	référence
36C	232	254	51 +/- 22	< 4,7	-	référence
37A1R-2			54 802 +/- 22 610	2 520 +/- 420	21,7 +/- 8,9	
37A			365 +/- 160	17 +/- 4	21,5 +/- 9,4	
37 AG	1 172	2 800	54 059 +/- 22 311	2 486 +/- 554	21,7 +/- 8,9	PS20-CA14
37C	198	239	193 +/- 84	< 15	-	PS20-CA14
38A1			10 259 +/- 4 212	440 +/- 66	23,3 +/- 9,6	
38A2			509 +/- 220	25 +/- 5	20,4 +/- 8,8	
38A			1 290 +/- 546	67 +/- 13	19,2 +/- 8,1	
38 AG	2 500	1 100	12 126 +/- 5 007	536 +/- 113	22,6 +/- 9,3	PS23-CA14
38C	153	267	569 +/- 244	26 +/- 5	21,9 +/- 9,4	PS23-CA14
39A			3 901 +/- 1 646	194 +/- 38	20,1 +/- 8,5	
39A'			11 606 +/- 4 846	576 +/- 102	20,1 +/- 8,4	
39 AG	623	430	15 573 +/- 6 520	774 +/- 184	20,1 +/- 8,4	PS22-CA14
39C	212	245	589 +/- 257	26 +/- 10	22,6 +/- 9,9	PS22-CA14
40A1			1 567 +/- 689	69 +/- 12	22,7 +/- 10,0	
40A2			782 +/- 342	37 +/- 7	21,13 +/- 9,2	
40A			57 588 +/- 25 510	2 848 +/- 445	20,2 +/- 8,9	
40 AG	1 167	2 400	59 725 +/- 26 447	2 943 +/- 555	20,3 +/- 8,9	PS23-CA14
40C	309	259	1 756 +/- 678	81 +/- 17	21,9 +/- 8,4	PS23-CA14



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes	Doc. : DEV.00.012 C Version : 03 Date : 13/11/01
RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS	Page : 18 / 28

3.5 Tableau 6 : Autres radionucléides détectés

Dans ce tableau sont reportées :

- l'activité du radium 226 à partir de son gamma de 186 keV (intensité de 3,28 %)

Comme il existe une interférence avec l'uranium 235, la correction suivante a été réalisée :

- soit à partir de l'activité de l'uranium 235 déterminé à 163 keV, quand la mesure est significative à cette énergie (cas des échantillons dont la teneur en uranium 238 est supérieure à 100Bq/kg)

- soit en prenant l'activité de l'uranium 235 déduite de celle de l'uranium 238 (indiquée dans le tableau du paragraphe 3.4, quand celle ci est inférieure à 100 Bq/kg) en appliquant la formule suivante

$$A_{U235} = A_{U238} / 21,6$$

La valeur 21,6 étant le rapport théorique entre l'activité de l'uranium 238 et celle de l'uranium 235 dans l'uranium naturel .

Dans les échantillons, le calcul de ce rapport, quand il a pu être effectué, se rapproche de cette valeur dans le domaine d'incertitude des mesures (qui fera l'objet d'une discussion dans le paragraphe commentaires)

- l'activité du plomb 214 mesurée à 351 keV
- l'activité du bismuth 214 mesurée à 609 keV

L'activité de ces deux radionucléides (de période radioactive courte : 26,8 et 19,9 minutes) en équilibre avec leur parent, le radon 222 (de 3,8 jours de période) est représentative de celle du radium 226 si celui ci est en équilibre radioactif avec son descendant , le radon 222. Le radon étant un gaz , on considère, qu'après traitement (entraînant une rupture de l'équilibre entre ces deux radioéléments) celui ci est rétabli au moins après 7 périodes du descendant soit 27 jours environ après confinement de l'échantillon (conditionnement dans un récipient hermétique).

- l'activité de l'actinium 228 à 911 keV , représentant l'activité du thorium 232 en équilibre radioactif dans les mesures en spectrométrie gamma
- l'activité du potassium 40 sur sa raie à 1460 keV (radioélément naturel)
- l'activité du césium 137 sur sa raie à 661 keV (radioélément artificiel)
- l'activité de l'américium 241 sur sa raie à 59,5 keV (radioélément artificiel)

Ce radioélément n'a été détecté que dans deux échantillons, niveau A et C du point 2 de prélèvement 23 (PS8).

- toutes les activités sont exprimées en Becquerel par kilogramme de matière sèche (Bq/kg_{sec})

- ces activités n'ont pas été corrigées du rapport Pf/Ps comme dans le cas des activités d'uranium 238 inférieure à 100 Bq/kg compte tenu de la remarque faite dans le paragraphe 3.4.

- l'abréviation NS se traduit par Non Significatif ; elle explique le fait que les activités, ne sont pas significatives car leurs limites de détection ont des valeurs élevées (supérieures à 100 Bq/kg) dues à un temps de comptage court et à une activité globale élevée (supérieure à 500 Bq/kg) de l'échantillon .

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 C

Version :
03

Date :
13/11/01

Page : 19 / 28

RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS

Référence	Ra226	Pb214	Bi214	Ac228	K40	Cs137	Am241
1A	49+/-21	43+/-5	41+/-4	18+/-3	280+/-40	9,0+/-1,0	< 0,7
1B	77+/-34	50+/-6	46+/-6	13+/-3	260+/-30	2,0+/-0,4	< 0,7
1C	63+/-29	48+/-6	43+/-5	18+/-4	276+/-34	1,5+/-0,3	< 0,8
1bisB	59+/-26	42+/-6	42+/-4	16+/-3	240+/-30	8,7+/-0,5	< 0,7
1bisC	53+/-22	47+/-6	45+/-5	17+/-3	252+/-32	2,4+/-0,4	< 0,8
1terA	49+/-21	34+/-4	34+/-6	14+/-4	302+/-38	6,4+/-1,0	< 0,6
1terB	54+/-24	42+/-6	37+/-4	20+/-3	424+/-50	2,8+/-0,4	< 0,7
1terC	65+/-29	40+/-6	36+/-4	17+/-4	425+/-52	1,2+/-0,3	< 0,9
2A	< 91	35+/-5	34+/-4	20+/-4	315+/-40	18,0+/-2,4	< 3,9
2B	< 36	41+/-5	39+/-5	19+/-3	295+/-36	5,8+/-0,8	< 2,2
2C	32+/-14	37+/-5	36+/-4	18+/-3	291+/-36	3,0+/-0,4	< 0,9
3AS-2	< 35	33+/-14	37+/-12	< 11	81+/-28	5,4+/-3,4	< 13,9
403AR+2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
203AR+2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
3B	< 44	38+/-4	36+/-4	18+/-3	276+/-34	3,1+/-0,4	< 3,3
3C	< 38	48+/-6	43+/-5	18+/-3	265+/-32	3,2+/-0,4	< 1,3
4A	< 89	16+/-3	14+/-3	12+/-3	61+/-12	3,7+/-1,0	< 3,8
4B	< 42	20+/-4	19+/-2	12+/-3	91+/-14	2,1+/-0,5	< 1,6
4C	< 78	33+/-5	32+/-5	17+/-5	291+/-42	4,1+/-1,2	< 2,7
5A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
5B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
5C	75+/-33	54+/-8	51+/-6	15+/-3	212+/-28	2,8+/-0,4	< 2,0
6A	36+/-16	32+/-5	29+/-4	14+/-3	200+/-26	4,7+/-0,6	< 0,6
6C	56+/-25	44+/-6	42+/-5	19+/-3	271+/-32	0,9+/-0,2	< 0,7
7A	60+/-27	44+/-6	42+/-5	15+/-3	243+/-30	11,8+/-1,4	< 0,7
7C	56+/-24	45+/-6	40+/-5	17+/-3	266+/-32	2,1+/-0,4	< 1,4
8A	37+/-19	36+/-8	33+/-6	19+/-6	265+/-48	11,9+/-2,4	< 2,3
8C	37+/-16	42+/-6	39+/-5	13+/-2	184+/-25	6,3+/-0,8	< 0,6
9A	44+/-28	36+/-8	33+/-7	34+/-12	336+/-80	15,0+/-4,0	< 2,8
9C	36+/-14	43+/-6	39+/-6	25+/-5	405+/-52	7,2+/-1,6	< 2,8
11A	41+/-18	32+/-4	29+/-4	27+/-4	395+/-48	12,3+/-1,4	< 0,5
11C	33+/-16	31+/-5	29+/-4	27+/-4	438+/-50	2,1+/-0,8	< 1,8
12A	NS	33+/-6	35+/-8	28+/-9	420+/-64	7,2+/-3,0	< 8,2
12C	24+/-10	34+/-4	32+/-4	28+/-4	435+/-52	1,9+/-0,3	< 2,3
13AR-2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
13AS-2	NS	29+/-4	29+/-4	28+/-4	438+/-50	9,9+/-1,4	< 4,6
13C	31+/-8	33+/-4	30+/-4	29+/-4	418+/-50	1,5+/-0,3	< 2,9
14A	NS	35+/-6	29+/-5	23+/-8	401+/-62	12,8+/-2,6	< 3,1
14C	30+/-12	32+/-4	30+/-4	26+/-4	389+/-46	2,4+/-0,4	< 0,8



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 C

Version :
03Date :
13/11/01

Page : 20 / 28

**RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA
DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS**

Référence	Ra226	Pb214	Bi214	Ac228	K40	Cs137	Am241
15A	NS	24+/-6	28+/-8	29+/-11	465+/-92	7,5+/-3,0	NS
15C	< 79	23+/-4	23+/-3	23+/-4	436+/-50	< 1,0	< 4,0
16A	47+/-26	39+/-6	37+/-5	20+/-4	285+/-40	14,0+/-2,2	< 2,4
16C	49+/-21	41+/-6	38+/-4	21+/-3	309+/-33	0,8+/-0,2	< 0,7
17A	28+/-13	27+/-5	25+/-4	13+/-4	318+/-52	13,6+/-2,5	< 2,1
17C	35+/-16	31+/-4	29+/-3	23+/-3	398+/-46	2,3+/-0,4	< 0,6
18A	42+/-25	48+/-8	47+/-8	13+/-6	303+/-54	15,5+/-3,0	< 3,0
18C	66+/-29	57+/-8	56+/-6	20+/-3	402+/-44	4,2+/-0,9	< 1,1
19A	64+/-36	32+/-5	27+/-5	20+/-6	416+/-62	< 3,5	< 2,1
19C	47+/-22	38+/-5	35+/-4	26+/-3	469+/-50	2,7+/-0,4	< 1,0
20A	27+/-16	39+/-6	36+/-6	26+/-7	408+/-64	< 4,2	< 2,3
20C	39+/-17	37+/-5	34+/-4	28+/-3	431+/-50	2,6+/-0,4	< 0,6
21	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
22A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
22C	NS	35+/-6	33+/-4	23+/-4	348+/-42	2,1+/-1,0	< 5,6
23A	87+/-43	48+/-7	42+/-7	19+/-6	272+/-50	17,2+/-2,6	54+/-7
23C	52+/-23	49+/-6	46+/-5	17+/-2	280+/-30	3,7+/-0,7	3,9+/-0,8
35A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
35C	NS	41+/-6	44+/-6	13+/-4	208+/-28	2,8+/-0,8	< 3,5
36A	77+/-32	43+/-6	40+/-6	18+/-6	255+/-46	2,8+/-1,6	< 2,4
36C	34+/-15	30+/-4	29+/-3	26+/-3	391+/-42	2,1+/-0,3	< 0,7
37A1R-2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
37A	NS	27+/-6	22+/-7	< 20	131+/-52	8,8+/-3,0	< 6,3
37C	53+/-27	47+/-8	45+/-8	< 15	216+/-48	< 3,4	< 3,7
38A1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
38A2	NS	22+/-8	19+/-11	< 27	< 129	< 14	< 15
38A	NS	16+/-4	14+/-5	17+/-5	113+/-26	7,3+/-2,5	< 7,0
38C	< 40	37+/-5	37+/-4	26+/-3	372+/-44	3,8+/-0,5	< 1,5
39A	NS	17+/-5	17+/-6	17+/-12	97+/-32	< 2,8	< 11
39A'	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
39C	NS	45+/-8	46+/-8	< 17	323+/-56	< 5,0	< 3,9
40A1	< 50	36+/-5	36+/-5	26+/-3	420+/-44	13,8+/-1,8	< 2,5
40A2	< 51	42+/-5	40+/-5	27+/-4	454+/-54	7,4+/-1,0	< 2,0
40A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
40C	< 50	46+/-5	44+/-5	22+/-4	324+/-38	2,8+/-0,5	< 3,2

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes	Doc. : DEV.00.012 C Version : 03 Date : 13/11/01
RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS	Page : 21 / 28

4 Résultats des mesures de radioactivité des mousses

Ce paragraphe fera l'objet d'un rapport complémentaire car les échantillons de mousse envoyés par le laboratoire CRIIRAD, nous sont parvenus pour mesure le 11 octobre 2001 et sont en cours de comptage .

Les mesures sont terminées et un tableau des résultats sera présenté le 19 novembre .

5 Commentaires

- Le traitement des échantillons a nécessité plus de temps que prévu en raison de leur nombre, de la quantité de matière et de leur particularité. En effet les échantillons contaminés ont demandé une attention particulière pour le nettoyage et la vérification du matériel de broyage entre chaque opération pour éviter toute contamination mutuelle . Les échantillons ont dû être traités comme des sources radioactives .

Seuls quelques échantillons des tranches B ont été traités et mesurés , les autres seront séchés, pesés conditionnés et stockés en attente d'une demande d'analyse .

Le lot 1 d'archivage, ainsi que les lots 2 de mesures du laboratoire SUBATECH et les lots annexes (lot 0, cailloux isolés et référencés) seront conservés 4 ans au laboratoire SUBATECH puis remis au CEA. Il reste à définir le devenir des lots 3 et 4 distribués au CEA et à la CRIIRAD

- Pour les mesures sur le terrain il faut se reporter aux conclusions des rapports de la campagne de détection édité le 18 mai 2001 et au rapport de prélèvements édité le 25 juillet 2001.

- Les activités en uranium 238 ont été visualisées sur trois plans, en annexe .

- Les activités mesurées, avec la sonde gamma, sur le terrain et à 30 cm de profondeur sont représentatives de l'activité résiduelle du point après le prélèvement de l'échantillon.

- Pour le point de prélèvement N°2, correspondant au point singulier PS1 où il a été détecté un autre point singulier PC9 (point N°21), à moins de 50 cm du premier lors de la campagne de prélèvement des échantillons nous pouvons remarquer que :

- lors de la campagne de détection, ce point PC 9 était dans la zone d'influence du point PS1 (l'activité relevée au point N°2 étant de 759 c/s avec la sonde gamma alors que celle du point N°21 est de 444 c/s)

- ceci est confirmé par l'activité globale au niveau A du point 2 (12 034 x 3,83 soit 46 090 Bq en uranium 238) qui est plus élevée que celle du niveau A du point 21 (8 590 x 0,30 soit 2 577 Bq en uranium 238)

- Les zones de RX3, de la casemate CA 14 et en face de la casemate CA3, sont les seules dont les échantillons présentent une contamination significative en uranium 238 .

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes	Doc. : DEV.00.012 C Version : 03 Date : 13/11/01 Page :22 / 28
RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS	

- On constate que les points de référence ne présentent pas une activité en uranium 238 supérieure à celle de l'environnement du site excepté sur le point N°14, proche des points N° 12 et N° 13 dans la zone de RX3 où elle est comprise entre 100 et 500Bq/kg .

- L'ensemble des rapports de l'activité de l'uranium 238 sur celle de l'uranium 235, du tableau du paragraphe 3.4, malgré les incertitudes élevées, se regroupent dans une fourchette de 19,2 à 23,4 dont la moyenne est à 21,0 ce qui est proche de la valeur théorique 21,6 de l'uranium naturel et qui est à comparer avec celles de l'uranium appauvri de type 1 (62), de l'uranium appauvri de type 2 (52) et de l'uranium appauvri de type 3 (25) Ces valeurs sont extraites du document édité le 18 janvier 2001 par le CEA sur l'uranium et diffusé en réunion technique .

Le graphique, joint en annexe, montre la variation de ces résultats centrée aux environs de 21,6 . **Le calcul de la moyenne pondérée sur les 35 résultats de ce rapport donne la valeur suivante :**

$$R_{U8/U5} = 21,6 \pm 1,4$$

Ceci nous permet donc d'identifier l'uranium ajouté sur le site comme de l'uranium naturel; une mesure isotopique, par une analyse en ICP-MAS ou une mesure en spectrométrie alpha, entre l'uranium 238 et l'uranium 235 nous permettrait de le confirmer au regard des incertitudes élevées .

- Les incertitudes élevées, de 40 à 50 %, des activités de l'uranium 238 (donc de celles du rapport de l'activité de l'uranium 238 sur celle de l'uranium 235) s'expliquent par le fait
 - que cette activité est calculée, en spectrométrie gamma à partir de l'activité du thorium 234
 - que cet élément à deux raies gamma de faible intensité et de faible énergie (4,5 % pour la raie à 63 keV et 5,2 % pour la raie à 93 keV)
 - que ces raies se trouvent dans un domaine de bruit de fond élevé
 - que ces incertitudes sont calculées par le logiciel en tenant compte de tous ces paramètres

Ces incertitudes qui sont donc liées à l'appareillage, au domaine de mesure, à l'activité, au temps de comptage et à la nature de l'échantillon, ne peuvent pas être améliorées dans ces conditions.

- Les activités du plomb 212 et du bismuth 212 n'ont pas été reportées dans les tableaux de résultats car elles étaient équivalentes à celle de l'actinium 228 ce qui montre que la famille du thorium 232 est à l'équilibre avec une activité de 20 Bq/kg environ dans l'environnement.
- L'américium 241 a été détecté seulement au point 23 du PS18 qui correspondait à une contamination par la source radioactive d'un paratonnerre .
- Certains lots d'échantillons d'un même niveau, envoyés aux différents laboratoires, présentent des écarts dans les résultats de la mesure du contrôle de la radioactivité (se reporter au tableau du paragraphe 3.3) .Ceci s'explique, dans ces échantillons qui ont été broyés et tamisés à 2 mm, par la présence de morceaux d'uranium métallique ou d'oxydes d'uranium inférieurs à 2 mm qui sont répartis d'une façon hétérogène dans l'ensemble de la fraction traitée .

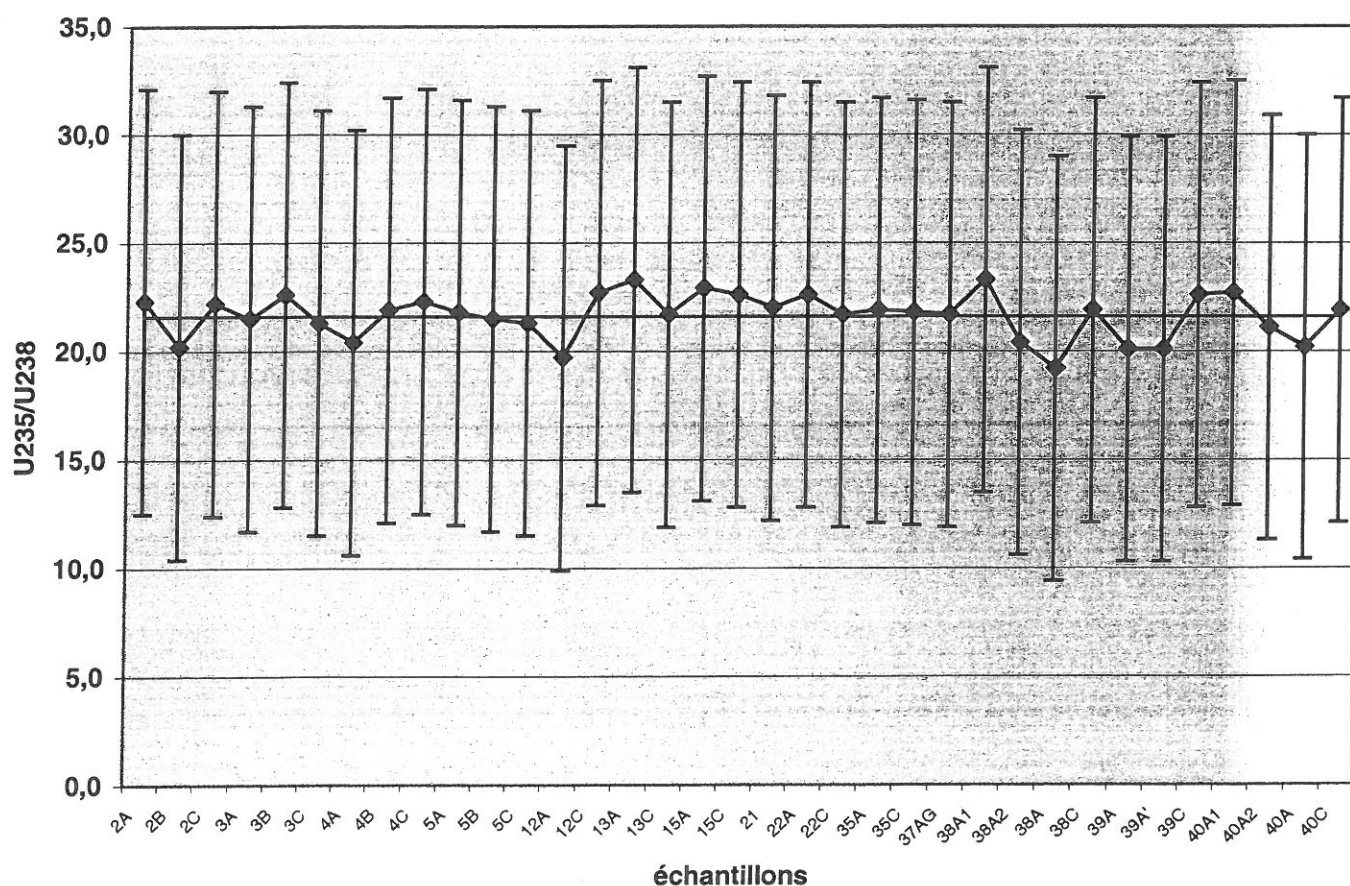
RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA
DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS

ANNEXE 1

Variation du rapport de l'activité de l'uranium 235 sur celle de l'uranium 238

- Les valeurs reportées dans ce graphique sont celles qui se trouvent dans le tableau 3.4
- La droite de couleur rouge correspond à la valeur théorique de 21,6 de ce rapport dans l'uranium naturel

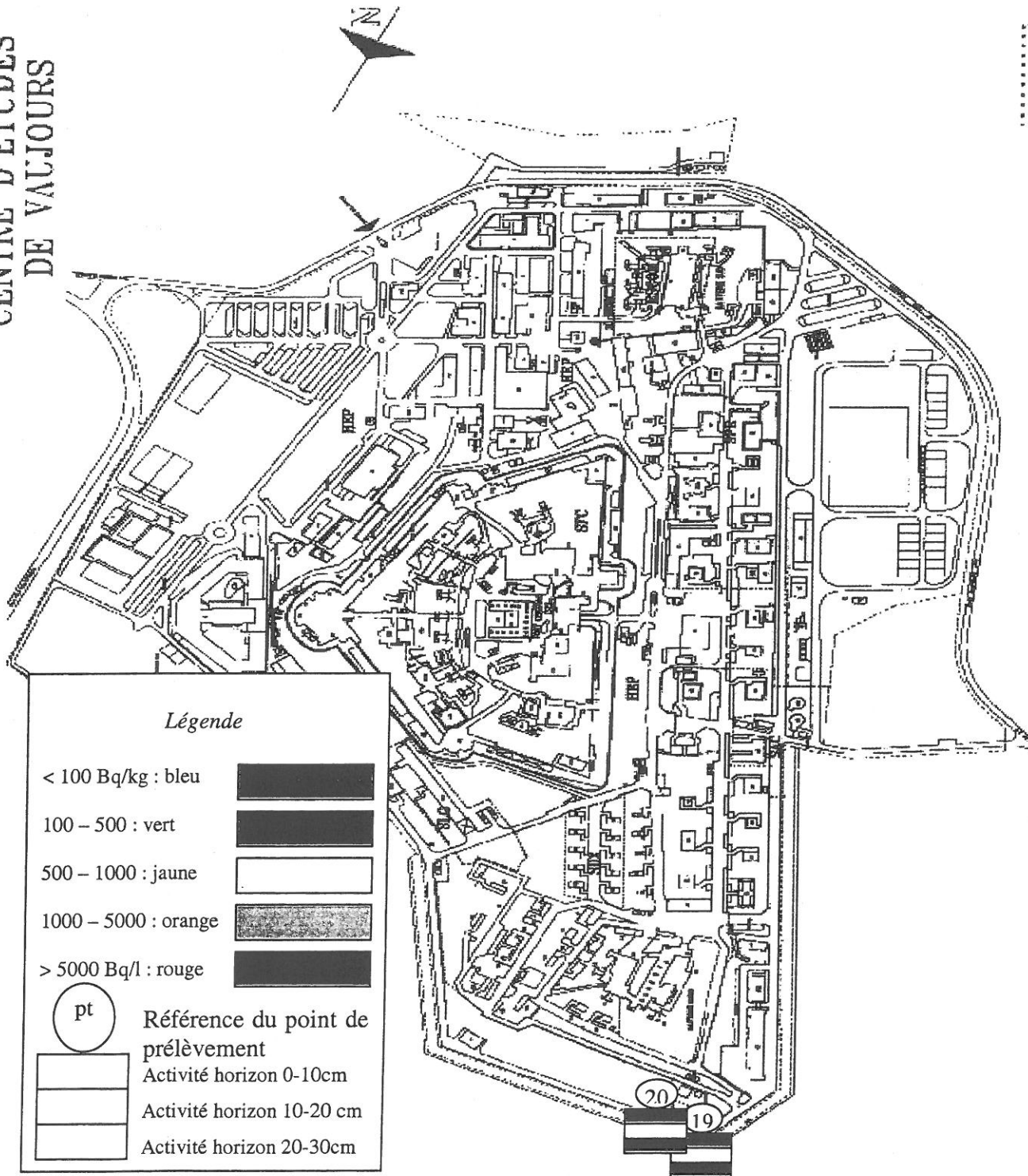
Rapport de l'activité U238/U235 en fonction des points des échantillons



**RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA
DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS**

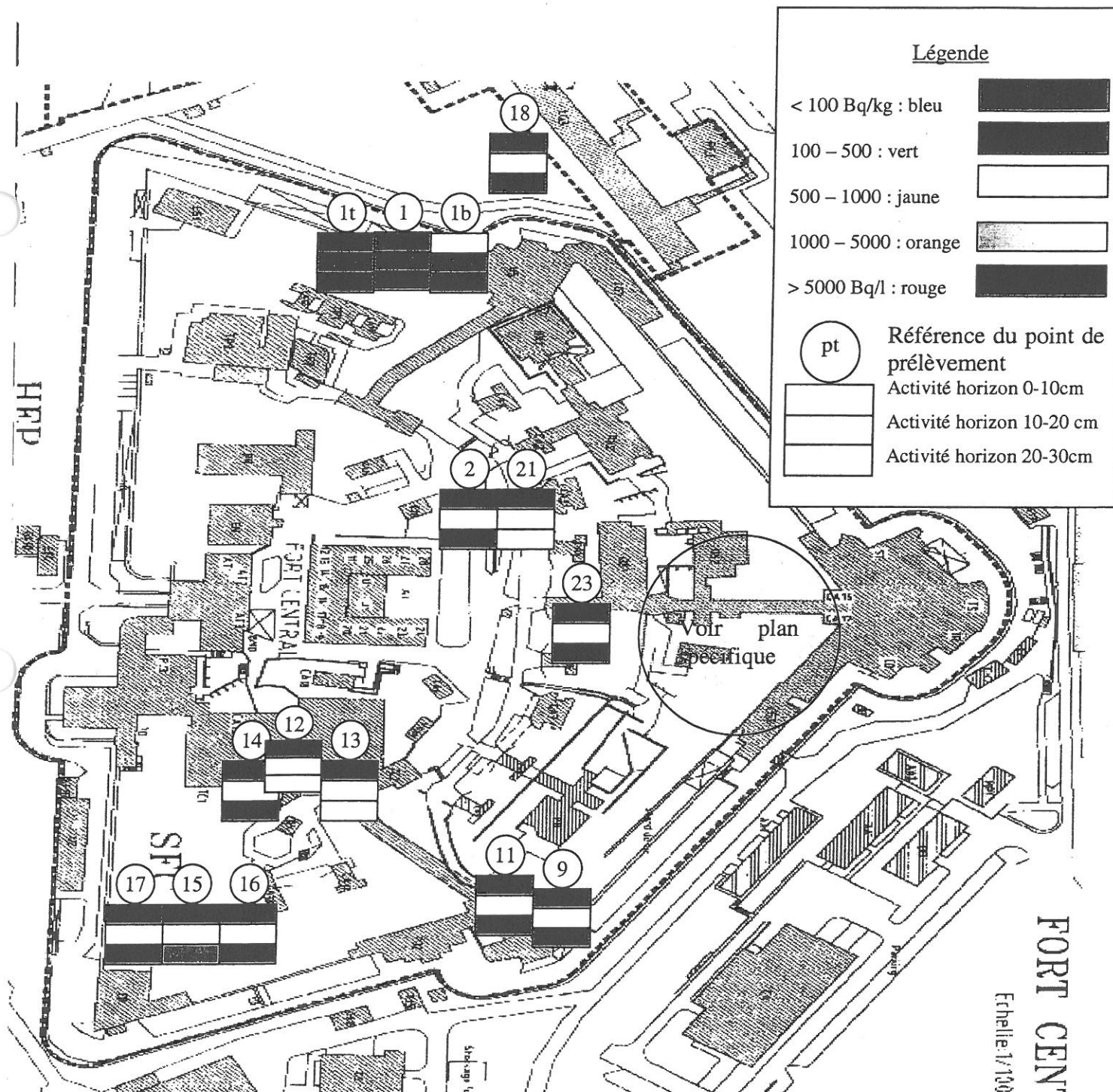
ANNEXE 2 : PLAN DES POINTS DE PRELEVEMENT HORS FORT CENTRAL

**CENTRE D'ETUDES
DE VAUJOURS**



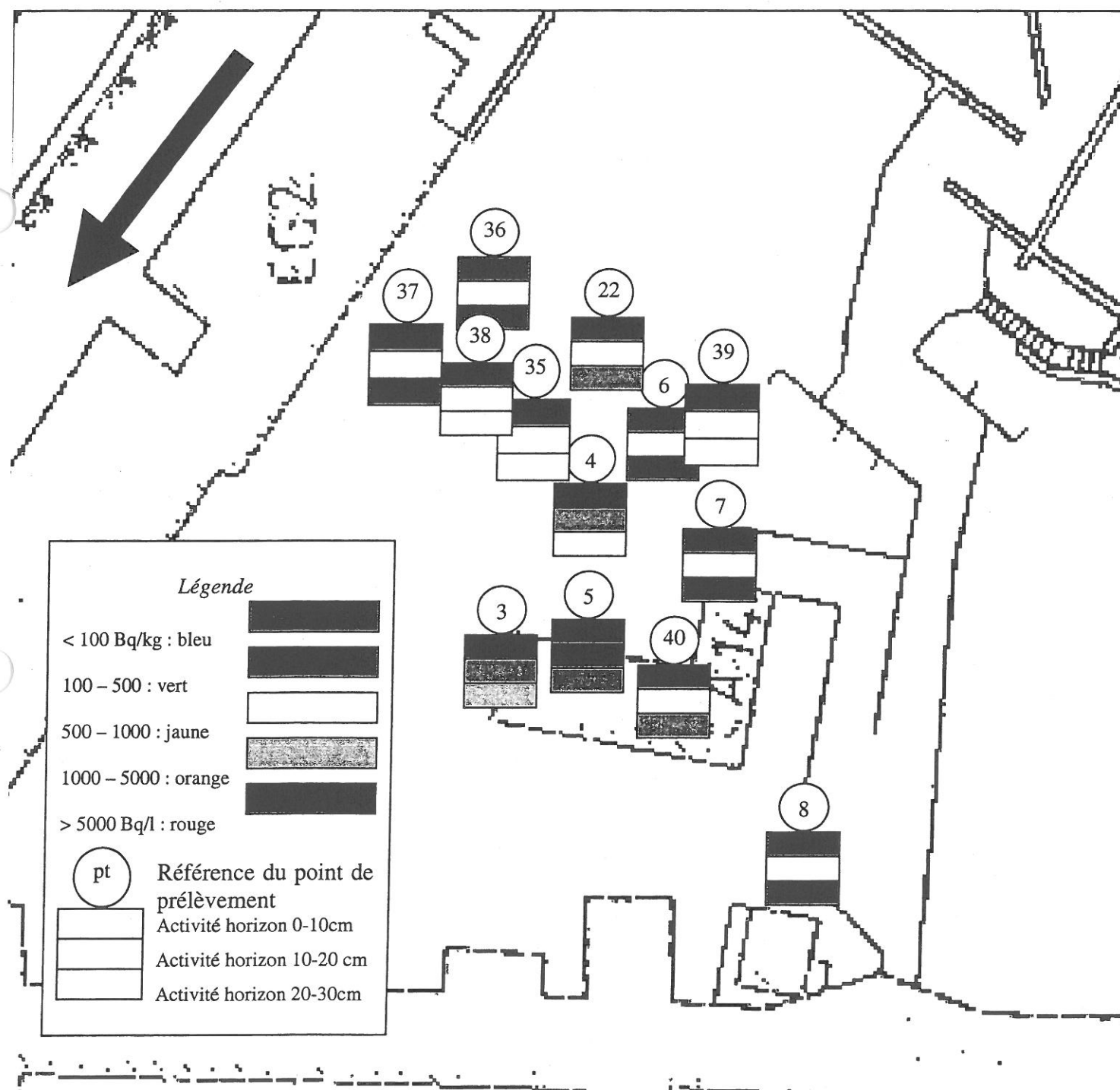
**RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA
DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS**

ANNEXE 3 : PLAN DES PRELEVEMENTS DANS LE FORT CENTRAL



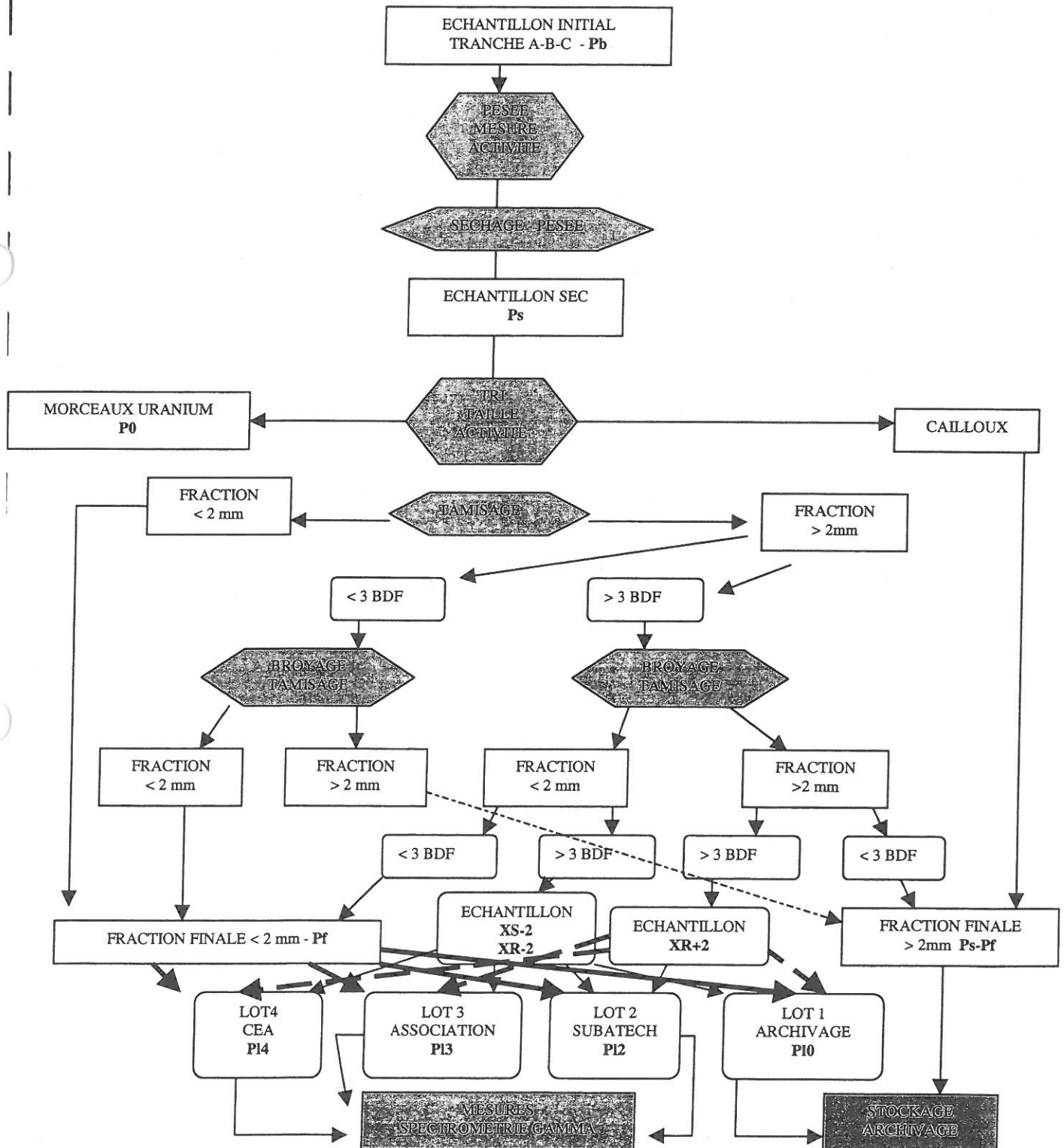
RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA
 DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS

ANNEXE 4 : PLAN DES PRELEVEMENTS AU NIVEAU DE LA CASEMATE 14



**RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA
DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS**

ANNEXE 5 : ORGANIGRAMME DU TRAITEMENT DES ECHANTILLONS



SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes			Doc. : DEV.00.012 C Version : 03 Date : 13/11/01 Page : 28 / 28
RESULTATS DES MESURES EN SPECTROMETRIE GAMMA DES ECHANTILLONS SOLIDES PRELEVES SUR LE SITE DU FORT DE VAUJOURS			

ANNEXE 6 POIDS DES MORCEAUX D'URANIUM

Référence échantillon	Référence morceau du morceau d'uranium	Poids du morceau P0 en gramme
5 A	005 A U	12,3
22 A	122 A U	92,3
38 A1	0 138 A1 U	3,3

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 D

Version :

00

Date :

24/05/02

Page : 1 / 20

**CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA14
ET DES POINTS SINGULIERS**

COPIE

SITE DU FORT DE VAUJOURS

**CAMPAGNE DU CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA
ZONE CA14 ET DES POINTS SINGULIERS
DU 13/05/02 AU 15/05/02**



Date de mise en application : 24 / 05 / 02



Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 D

Version :

00

Date :

24/05/02

Page : 2 / 20

CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA14
ET DES POINTS SINGULIERS**COPIE**

N° de version	Date de la modification	Objet de la modification
00	24/05/02	création du document

	Rédacteur	Vérificateur	Chef de Service
Visas :			
Noms :	G. Blain	P. Chardon	M. Mokili
Date :	03 juin 2002	03 juin 2002	03 juin 2002

Exemplaire attribué à : Mr le Professeur Guillaumont et au CEA



CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA14
ET DES POINTS SINGULIERS

SOMMAIRE

COPIE

1.	Objectifs de la campagne	4
2.	Moyens	4
2.1	<i>Personnel</i>	4
2.2	<i>Matériel</i>	4
2.2.1	Caractéristiques	4
2.2.2	Correspondances des valeurs instrumentales	5
2.3	<i>Méthodologie des mesures</i>	6
3.	Déroulement de la campagne de mesures	7
3.1	<i>Zonage du site</i>	7
3.1.1	Les secteurs de la zone CA 14	7
3.1.2	Les points singuliers SUBATECH - PS	8
3.1.3	Les points singuliers CRIIRAD - PC	9
3.1.4	Mesures du bruit de fond :	9
3.2	<i>Déroulement des opérations de mesures :</i>	10
4.	Résultats des mesures	10
4.1	<i>Résultats des mesures de bruit de fond</i>	10
4.1.1	Mesures de bruit de fond de la zone CA 14	10
4.1.2	Mesures du bruit de fond des points singuliers	11
4.2	<i>Résultats des mesures de contrôles de la zone CA 14</i>	11
4.2.1	Tableaux de résultats de mesures effectuées avec les appareils EM1 et EM2	11
4.2.2	Résultats des mesures d'activité en c/s avec ESM des points des secteurs de CA14	12
4.2.3	Résultats des mesures d'exposition en $\mu\text{Sv/h}$ avec l'ESM des points des secteurs de CA14	13
4.3	<i>Résultats des mesures de contrôle des points singuliers CRIIRAD - PC :</i>	14
4.3.1	Tableau des résultats des mesures des activités gamma mesurées à l'ESM:	14
4.3.2	Tableaux des résultats des mesures de l'exposition externe mesurées à l'ESM :	15
4.4	<i>Résultats des mesures de contrôle des points singuliers SUBATECH - PS :</i>	16
4.4.1	Tableau des résultats des mesures d'activités gamma à l'ESM	16
4.4.2	Tableau des résultats des mesures d'exposition externe à l'ESM :	17
4.5	<i>Commentaires :</i>	18
5.	Conclusions :	19
6.	Annexes	20





COPIE

1. Objectifs de la campagne

Cette campagne a pour but le contrôle radiologique de l'assainissement de la zone CA14 et des points spécifiques (PC et PS) effectué par le CEA de février à avril 2002 et suivi par un contrôle radiologique de cette campagne, par le système AUTONUC, réalisé par le CEA .

Après information auprès de Mr le Professeur Guillaumont, en accord avec Mr Milliès du CEA supervisant ces opérations et sur la demande du laboratoire CRIIRAD, qui a participé conjointement, par l'intermédiaire de Mr Courbon, avec SUBATECH à ce contrôle, il a été réalisé, par SUBATECH, trois prélèvements sur la zone CA14 et un au PS5.

2. Moyens

2.1 Personnel

La campagne s'est déroulée du lundi 13 mai, 14 heures 30, au mercredi 15 mai 2002 , 11 heures, avec la participation, pour SUBATECH de deux techniciens , Mrs Bailly et Pleiber, et d'un ingénieur, Mr Blain et de Mr Courbon de la CRIIRAD le mardi 14 mai 2002.

Mr Milliès du CEA a supervisé les opérations .

2.2 Matériel

2.2.1 Caractéristiques

Les matériels utilisés pendant la campagne ont été les suivants :

- Deux polyradimètres portatifs MIP 21- NARDEUX, compteurs équipés de deux sondes gamma NaI de type SG2-NARDEUX.
- Un appareil EASYSPEC-CANBERRA, équipé d'une sonde à scintillation de type NaI et réalisant les fonctions de compteur de rayonnements gamma, de spectromètre de rayonnements gamma et de radimètre mesurant le débit de dose gamma.
- Une échelles de comptage à mémoires (capacité de 500 mesures consécutives) de type ECM 21-nardeux, équipé d'une sonde de détection de rayonnements gamma de type SG2-NARDEUX.

Tableau des caractéristiques des sondes :

Type	Rayonnement détecté	Caractéristiques	Surface sensible cm ²	Energie limite inférieure détectée keV	Fenêtre de mesure	LD U Naturel à 10 cm Bq/cm ²	BDF en c/s dans ambiance à 0.1 µGy/h
SG2	gamma	Scintillateur NaI 32x25 mm	8	30	Al 0,5 mm	20	50
Easyspec	gamma	Scintillateur NaI 50x50 mm	30	30	Al 0,5 mm		0,05

Pour le contrôle de la zone CA14 il a été utilisé deux ensembles MIP 21 + sonde SG2 :

- un premier ensemble MIP 21 (N°604) avec la sonde gamma SG2 (484) référencé EM1 dans la suite du rapport et dans les tableaux de mesures .
- un deuxième ensemble MIP 21 (N°237) avec la sonde gamma SG2 (214) référencé EM2 dans la suite du rapport et dans les tableaux de mesures .

Pour le contrôle des PS et des PC il a été utilisé l'appareil EASYSPEC de CANBERRA référencé ESM dans la suite du rapport et dans les tableaux de mesures .

2.2.2 Correspondances des valeurs instrumentales

Des mesures communes, sur une source de pechblende de 21 880 Bq, ont été effectuées entre les appareils LB 123 du laboratoire CRIIRAD et l'ESM de SUBATECH .

Ces mesures ont été faites en complément de celles qui avaient été réalisées pour les campagnes de détection précédentes avec les mêmes matériels (cf rapport *campagne de détection de terrain* du 18/05/01, paragraphe 2.2.2 , pages 5 à 7).

Elles ont pour but de comparer les résultats des mesures d'exposition (en $\mu\text{Sv/h}$) obtenues avec l'appareil LB 123- BERTHOLD de CRIIRAD et de l'appareil EASYSPEC- CANBERRA de SUBATECH.

Il faut remarquer que le LB 123, équipé d'un compteur proportionnel , mesure des expositions aux rayonnements bêta et gamma tandis que l'EASYSPEC, équipé d'une sonde NaI, mesure une exposition aux rayonnements gamma seulement

Tableau des résultats :

Appareil	Organisme	Distance de mesure en cm	Activité en c/s	Débit de dose $\mu\text{Sv/h}$
ESM	SUBATECH	contact	4 117	2,34
LB 123	CRIIRAD	contact	19	3,5-3,4-3,4
ESM	SUBATECH	10 cm	774	0,37
LB 123	CRIIRAD	10 cm	3	0,58-0,52-0,54
ESM	SUBATECH	50 cm	132	0,06
LB 123	CRIIRAD	50 cm	0,7	0,1-0,09-0,11
ESM	SUBATECH	100 cm	94	0,04
LB 123	CRIIRAD	100 cm	0,5	0,1-0,09-0,11
ESM	SUBATECH	Sans source	85	0,04
LB 123	CRIIRAD	Sans source	0,4	0,1-0,08-0,08

Les différences observées peuvent s'expliquer par l'exposition bêta de la source, dans les positions de mesures proches de la source (contact et 10 cm), pris en compte uniquement par le LB 123 .

SUBATECH			Doc. :
Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes			DEV.00.012 D
			Version : 00
			Date : 24/05/02
CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA14 ET DES POINTS SINGULIERS			Page : 6 / 20

COPIE

Celles qui sont observées aux autres positions de mesures (50, 100 cm et sans source) peuvent avoir pour cause la différence de sensibilité des deux appareils , l'EASYSPEC étant un peu plus sensible que le LB 123 .

Mais à ces très faibles niveaux d'exposition externe , ces différences ne sont pas significatives en notant qu'il faudrait, dans cette ambiance, rester environ 14 mois pour atteindre la limite réglementaire d'exposition annuelle ajoutée pour le public de 1 mSv.

2.3 Méthodologie des mesures

Pour le contrôle de la zone CA14 et des PC et PS les méthodes suivantes ont été utilisées :

Type	Mesures	Matériel	Description	Type de zones mesurées	Codification
Balayage serré (BS)	- Comptage manuel (CM) - à 10 cm du sol - en chocs par seconde (c/s)	MIP 21- SG2 EM1 et EM2	- Couverture de la zone par piétinement - Mesures en continu - Seuil sonore (MIP) fixé à 3 fois le BDF - Lecture visuelle continue	Talus de la zone CA14	BS-EM
	- Comptage manuel (CM) - à 10 cm du sol - en chocs par seconde (c/s) - en $\mu\text{Sv/h}$	Easyspec -ES ESM	- Couverture de la zone par piétinement - Mesures en continu - Seuil visuel (ES) à 3 fois le BDF - Lecture visuelle continue	PC et PS	BS-SM
Serpentin (S)	- Comptage manuel (CM) - à 10 cm du sol - en chocs par seconde (c/s)	MIP 21- SG2 EM1 et EM2 Sur roulette d'arpenteur	- Couverture de la zone par une progression suivant une sinusoïde d'un pas de 1 mètre - Mesures en continu - Seuil sonore (MIP) fixé à 3 fois le BDF - Lecture visuelle continue	Surfaces planes de la zone CA14	S-EM
Mesures Ponctuelle (MP)	- Comptage intégré (CI) - au contact du sol - à 1 mètre - au fond du trou - (c/s) - en $\mu\text{Sv/h}$ pour les mesures d'exposition	Easyspec -ES ESM	Mesures en un point spécifique par intégration sur 30 secondes	PC PS Mesures débit de dose sur les secteurs de la zone CA14	MP-CI

SUBATECH			Doc. :
Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées			DEV.00.012 D
Unité Mixte de Recherche 6457			Version :
Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes			00
			Date :
			24/05/02
CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA 14 ET DES POINTS SINGULIERS		COPIE	Page : 7 / 20

La zone d'assainissement CA 14 a été divisée en secteurs de contrôles dont la topographie permet de classer en deux espèces :

- des secteurs de surface relative plane où il a été appliquée une méthode S-EM pour le contrôle et la méthode MP-CI pour les mesures d'exposition effectuées sur 1 à 4 points dans chaque secteur.
- des secteurs pentus, correspondant aux talus formés par le stockage des terres non contaminées traitées lors de la phase d'assainissement, où il a été appliquée une méthode BS-EM pour le contrôle et la méthode MP-CI pour les mesures d'exposition effectuées sur 1 à 4 points dans chaque secteur.

Les PC et les PS où il a été appliquée la méthode BS-SM sur un espace de 1 mètre autour du point et la méthode MP-CI pour les mesures d'exposition au fond des trous, formés par l'assainissement du point, au niveau du sol et à 1 mètre.

3. Déroulement de la campagne de mesures

3.1 Zonage du site

La zone CA 14 a été divisée en 20 secteurs A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S et T qui ont été balisés avec de la peinture au sol sur le site et qui sont reportés sur le plan de la zone CA14 en annexe 1.

Dans chaque secteur 1 à 4 points ont été définis pour mesurer l'exposition externe au contact du sol et à 1 mètre. Ces points sont référencés X i 0 et X i 1 où X est la référence du secteur, i (de 1 à 4) la position du point, 0 (pour la mesure au contact du sol) et 1 (pour la mesure à 1 mètre).

Les points singuliers PC et PS contrôlés correspondent à ceux indiqués dans le rapport d'assainissement du CEA dans les 2 tableaux *points singuliers CRIIRAD (hors zone CA14)* et *points singuliers SUBATECH (hors zone CA 14)*.

3.1.1 Les secteurs de la zone CA 14

Zone	Secteur	Secteur CEA	Nature	Méthodologie de mesures	Appareil	Points de mesure d'exposition
CA14	A	3	Talus	BS-SM / MP-CI	EM 1+ESM	A1-A2-A3-A4
CA 14	B	2	Talus	BS-SM / MP-CI	EM 2+ESM	B1-B2-B3
CA 14	C	2+3+8	Zone plane	S-EM / MP-CI	EM 1+ESM	C1-C2-C3
CA 14	D	2+3+8	Zone plane	S-EM / MP-CI	EM 1+ESM	D1-D2-D3
CA 14	E	1+2+5+8+9	Zone plane	S-EM / MP-CI	EM 2+ESM	E1-E2-E3-E4
CA 14	F	5+6+9	Zone plane	S-EM / MP-CI	EM 1+ESM	F1-F2-F3-F4
CA 14	G	6+9	Zone plane	S-EM / MP-CI	EM 2+ESM	G1-G2-G3-G4
CA 14	H	7+10	Zone plane	S-EM / MP-CI	EM 1+ESM	H1-H2-H3

SUBATECH

Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées

Unité Mixte de Recherche 6457

Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes



Doc. :

DEV.00.012 D

Version :
00

Date :
24/05/02

Page : 8 / 20

CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA 14
ET DES POINTS SINGULIERS

COPIE

Zone	Secteur	Secteurs CEA	Nature	Méthodologie de mesures	Appareil	Points de mesure d'exposition externe
CA 14	I	7+10	Talus	BS-SM / MP-CI	EM 2+ESM	I1-I2-I3
CA 14	J	6	Zone plane	S-EM / MP-CI	EM 1+ESM	J1-J2
CA 14	K	6+7	Zone plane	S-EM / MP-CI	EM 1+ESM	K1-K2
CA 14	L	7	Talus	BS-SM / MP-CI	EM 1+ESM	L1-L2
CA 14	M	6+hors zone	Talus + chemin	S-EM / MP-CI	EM 1+ESM	M1+M2+M3+M4
CA 14	N	1+2	talus	BS-SM / MP-CI	EM 1+ESM	N1+N2+N3
CA 14	O	1+2	talus	BS-SM / MP-CI	EM 2+ESM	O1+O2+O3
CA 14	P	4+8	talus	BS-SM / MP-CI	EM 2+ESM	P1
CA 14	Q	8+9+10	talus	BS-SM / MP-CI	EM 1+ESM	Q1
CA 14	R	4+8	talus	BS-SM / MP-CI	EM 2+ESM	R1
CA 14	S	4+8+9	Zone plane	BS-SM / MP-CI	EM 2+ESM	S1
CA 14	T	5	Trou cheminée	BS-SM / MP-CI	EM 1+ESM	S1+S2+S3

3.1.2 Les points singuliers SUBATECH – PS

PS	Zone	Méthodologie de mesures	Appareil
PS1	Fort central devant CA3	BS-SM / MP-CI	ESM
PS2	Fort central dessus PJ1	BS-SM / MP-CI	ESM
PS3	Fort central dessus PJ1	BS-SM / MP-CI	ESM
PS4	Fort central proximité CA10	BS-SM / MP-CI	ESM
PS5	Fort central mur d'enceinte CA10	BS-SM / MP-CI	ESM
PS6-RX1	Fort central mur d'enceinte nord RX1	BS-SM / MP-CI	ESM
PS6-RX3	Fort central talus nord RX3	BS-SM / MP-CI	ESM
PS7	Fort central talus nord RX3	BS-SM / MP-CI	ESM
PS8	Fort central sur CA5	BS-SM / MP-CI	ESM
PS16	Hors fort central à côté de LG3	BS-SM / MP-CI	ESM
PS17	Hors fort central	BS-SM / MP-CI	ESM



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 84 01 - Fax 02 51 85 84 52 - <http://www.smart-subatech.com>

CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA14
ET DES POINTS SINGULIERS

COPIE

3.1.3 Les points singuliers CRIIRAD - PC

PS	Zone	Méthodologie de mesures	Appareil
PC1	Canalisation RX1	BS-SM / MP-CI	ESM
PC2	Sur sol béton RX1	BS-SM / MP-CI	ESM
PC3	Galerie canalisation RX1	BS-SM / MP-CI	ESM
PC4	Mur CA14	BS-SM / MP-CI	ESM
PC5	Mur CA14	BS-SM / MP-CI	ESM
PC6	Mur galerie PJ1	BS-SM / MP-CI	ESM
PC7	Mur galerie PJ1	BS-SM / MP-CI	ESM
PC8	Chemin talus sud RX3	BS-SM / MP-CI	ESM

3.1.4 Mesures du bruit de fond :

3.1.4.1 Mesures du bruit de fond de la CA14

Les mesures de bruit de fond ont été faites sur 5 points autour de la zone CA14 sur des endroits non traités mais encore végétalisés .

Elles ont été réalisées avec l'appareil ESM (avec des intégrations de 30 secondes) au contact du sol et à 1 mètre du sol et avec les appareils ESM1 et ESM 2 (avec des intégrations de 30 secondes) à 10 cm du sol .

Pour chaque appareil une moyenne de ces 5 mesures a été calculée ce qui a permis de fixer le **seuil de déclenchement** de chacun à une valeur égale à **trois fois la valeur moyenne du bruit de fond** . Les points de mesure sont reportés sur le plan de la zone en annexe.

3.1.4.2 Mesures du bruit de fond sur les points singuliers

Les mesures du bruit de fond pour le contrôle des points singuliers ont été faites avec l'appareil ESM (avec un temps d'intégration de 30 secondes) dans un endroit non traité proche du point assaini au contact du sol et à 1 mètre .

Le seuil de déclenchement a été fixé à trois la valeur du bruit de fond mesuré à 1 mètre du sol .

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes			Doc. : DEV.00.012 D Version : 00 Date : 24/05/02 Page : 10 / 20
CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA14 ET DES POINTS SINGULIERS			

3.2 Déroulement des opérations de mesures :

COPIE

Date	Météo	Opérations
13/05/02	Beau temps -venteux	Balisage des secteurs de mesures de la zone CA14 Mesures du bruit de fond de la zone CA14
14/05/02	Pluvieux avec averses et vents	Mesures des secteurs de la zone CA 14 et des points singuliers PS et PC
15/05/02	Beau temps	Mesures d'exposition externe sur les secteurs de la zone CA 14 Prélèvement de 3 échantillons sur CA 14 et un prélèvement en PS 5

4. Résultats des mesures

4.1 Résultats des mesures de bruit de fond

4.1.1 Mesures de bruit de fond de la zone CA 14

Référence	ESM				EMI A 10 cm c/s	EMI A 10 cm c/s
	Contact sol		1 mètre			
	c/s	µSv/h	c/s	µSv/h		
BDF1	125	0,05	109	0,04	36	42
BDF2	116	0,05	105	0,04	34	39
BDF3	103	0,04	85	0,03	31	36
BDF4	85	0,03	78	0,03	26	30
BDF5	126	0,05	96	0,04	36	40
Moyenne	111	0,05	95	0,04	33	37

CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA14
ET DES POINTS SINGULIERS

Donc le seuil de déclenchement est fixé à

- $33 \times 3 = 99$ c/s pour EM1

- $37 \times 3 = 111$ c/s pour EM2

COPIE

4.1.2 Mesures du bruit de fond des points singuliers

Ces résultats sont reportés dans les tableaux de résultats de ces points .

4.2 Résultats des mesures de contrôles de la zone CA 14

4.2.1 Tableaux de résultats de mesures effectuées avec les appareils EM1 et EM2

Secteur	Mesures EM1 et EM2 c/s			BDF c/s	Seuil c/s	Equivalent ESM *	
	Min	Max	Moy			c/s	$\mu\text{Sv/h}$
A	28	39	34	33	99	105	0,04
B	31	45	38	37	111	106	0,04
C	34	54	39	37	111	109	0,04
D	27	41	35	33	99	109	0,04
E	30	45	39	37	111	109	0,04
F	26	42	35	33	99	109	0,04
G	28	51	40	37	111	112	0,04
H	34	48	43	37	111	120	0,04
I	35	55	45	37	111	126	0,04
J	28	41	36	33	99	112	0,04
K	28	39	34	33	99	105	0,04
L	27	36	32	33	99	99	0,03
M	28	43	35	33	99	109	0,04
N	28	43	34	33	99	105	0,04
O	28	45	35	37	111	98	0,03
P	28	45	35	37	111	98	0,03
Q	21	39	31	33	99	96	0,03
R	28	47	35	33	99	109	0,04
S	31	50	40	37	111	112	0,04
T	37	72	50	37	111	140	0,05

*L'équivalence ESM est obtenue :

- en multipliant par un facteur 3,1 l'activité moyenne en c/s obtenue avec EM1 et par un facteur 2,8 l'activité moyenne en c/s obtenue avec EM2.

- en multipliant par un facteur $3,5 \cdot 10^{-4}$ l'activité en c/s de ESM pour obtenir la valeur de l'exposition externe en $\mu\text{Sv/h}$.



COP

4.2.2 Résultats des mesures d'activité en c/s avec ESM des points des secteurs de CA14

Points de mesure		1	2	3	4	Moyenne
A	0-Contact	118	108	121	119	117
	1-1 mètre	95	101	96	97	97
B	0-Contact	128	119	117		121
	1-1 mètre	106	97	98		100
C	0-Contact	109	107	113		110
	1-1 mètre	101	104	108		104
D	0-Contact	110	108	97		105
	1-1 mètre	102	101	89		97
E	0-Contact	100	95	108	110	103
	1-1 mètre	99	95	101	106	100
F	0-Contact	110	109	99	103	105
	1-1 mètre	110	101	95	96	100
G	0-Contact	93	103	102	114	103
	1-1 mètre	90	109	97	110	102
H	0-Contact	105	99	109		104
	1-1 mètre	98	100	103		100
I	0-Contact	128	133	153		138
	1-1 mètre	108	112	122		114
J	0-Contact	119	99			109
	1-1 mètre	109	103			106
K	0-Contact	96	112			104
	1-1 mètre	101	105			103
L	0-Contact	105	113			109
	1-1 mètre	98	100			99
M	0-Contact	113	103	106	103	106
	1-1 mètre	101	101	98	93	98
N	0-Contact	125	110	110		115
	1-1 mètre	101	102	106		103
O	0-Contact	120	114	141		125
	1-1 mètre	102	104	112		106
P	0-Contact	109				109
	1-1 mètre	96				96
Q	0-Contact	143				143
	1-1 mètre	100				100





CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA14
ET DES POINTS SINGULIERS

C O P I E

Points de mesure		1	2	3	4	Moyenne
R	0-Contact	131				131
	1-1 mètre	103				103
S	0-Contact	110				110
	1-1 mètre	104				104
T	0-Contact	120	179	110		136
	1-1 mètre	105	154	115		125

4.2.3 Résultats des mesures d'exposition en $\mu\text{Sv/h}$ avec l'ESM des points des secteurs de CA14

Points de mesure		1	2	3	4	Moyenne
A	0-Contact	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
B	0-Contact	0,06	0,05	0,05		0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04	0,04		0,04
C	0-Contact	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04
D	0-Contact	0,05	0,05	0,04		0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04	0,03		0,04
E	0-Contact	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
F	0-Contact	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04
G	0-Contact	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
	1-1 mètre	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
H	0-Contact	0,04	0,04	0,05		0,04
	1-1 mètre	0,04	0,04	0,04		0,04
I	0-Contact	0,06	0,06	0,07		0,06
	1-1 mètre	0,04	0,04	0,05		0,04
J	0-Contact	0,05	0,05			0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04			0,04
K	0-Contact	0,05	0,05			0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04			0,04
L	0-Contact	0,05	0,05			0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04			0,04
M	0-Contact	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
N	0-Contact	0,06	0,05	0,05		0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04	0,04		0,04





CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE PC 14
ET DES POINTS SINGULIERS

C O P I E

Points de mesure		1	2	3	4	Moyenne
O	0-Contact	0,04	0,05	0,06		0,05
	1-1 mètre	0,04	0,04	0,05		0,04
P	0-Contact	0,05				0,05
	1-1 mètre	0,03				0,03
Q	0-Contact	0,06				0,06
	1-1 mètre	0,04				0,04
R	0-Contact	0,06				0,06
	1-1 mètre	0,04				0,04
S	0-Contact	0,05				0,05
	1-1 mètre	0,04				0,04
T	0-Contact	0,05	0,07	0,05		0,06
	1-1 mètre	0,05	0,06	0,04		0,05

4.3 Résultats des mesures de contrôle des points singuliers CRIIRAD – PC :

4.3.1 Tableau des résultats des mesures des activités gamma mesurées à l'ESM:

Référence	Balayage de la zone en c/s			BDF c/s	Seuil c/s
	Min	Max	Moyenne		
PC 1	94	111	119	101	303
PC 2	82	137	103	96	288
PC 3	*	*	*	100	300
PC 4 mur	100	155	128	105	315
PC 4 sol	122	161	135	105	315
PC 4 trou	108	115	113	105	315
PC 4 trou CEA	102	127	113	105	315
PC 4 sol angle mur	188	325	255	105	315
PC 5 mur	96	137	118	105	315
PC 5 sol	128	167	130	105	315
PC 5 trou 1	108	151	132	105	315
PC 5 trou 2	115	136	123	105	315
PC 6 mur	205	303	250	179	537
PC 6 trou	300	400	331	179	537
PC 7 mur	280	320	295	179	537
PC 7 trou	350	380	355	179	537
PC 8 trou	152	201	175	94	282
PC 8 sol	103	125	110	94	282

* comme le point est un puisard en galerie il n'a pas été possible d'effectuer un balayage de la zone , une mesure au fond du puisard a été seulement réalisée .



COPIE

4.3.2 Tableaux des résultats des mesures de l'exposition externe mesurées à l'ESM :

Référence	Activité gamma en c/s	Seuil en c/s	Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$
PC 1 fond trou	162	303	0,05
PC 1 sol	129	303	0,04
PC 1 à 1 mètre	87	303	0,04
PC 2 sol	114	288	0,04
PC 2 à 1 mètre	80	288	0,05
PC 3 fond puisard	240	300	0,10
PC 3 sol puisard	143	300	0,06
PC 3 à 1 mètre	104	300	0,04
PC 4 sol	166	315	0,06
PC 4 fond trou	112	315	0,04
PC 4 fond trou CEA	109	315	0,04
PC 4 à 1 mètre	103	315	0,05
PC 4 sol angle du mur	301	315	0,08
PC 5 sol	117	315	0,04
PC 5 fond trou 1	141	315	0,05
PC 5 fond trou 2	122	315	0,05
PC 5 à 1 mètre	92	315	0,03
PC 6 fond du trou	357	537	0,14
PC 6 mur	279	537	0,12
PC 7 fond du trou	285	537	0,15
PC 7 mur	354	537	0,15
PC 8 fond trou	198	282	0,08
PC 8 sol	116	282	0,04
PC 8 à 1 mètre	94	282	0,03



COPIE

4.4 Résultats des mesures de contrôle des points singuliers SUBATECH – PS :

4.4.1 Tableau des résultats des mesures d'activités gamma à l'ESM

Référence	Balayage de la zone en c/s			BDF c/s	Seuil c/s
	Min	Max	Moyenne		
PS 1	110	175	145	104	312
PS 2 sol	138	183	162	119	357
PS 2 trou	200	290	240	119	357
PS 2 cailloux	210	308	262	119	357
PS 3	124	158	137	129	387
PS 4 sol	95	120	111	109	327
PS 4 trou	123	166	148	109	327
PS 5 trou	137	199	163	132	396
PS 5 mur	170	211	193	132	396
PS 5 tas de cailloux	148	177	163	132	396
RX1 PS 6 trou	238	251	245	142	426
RX1 PS6 sol	169	206	193	142	426
RX1 PS 6 mur	209	241	223	142	426
RX3 PS 6 sol	144	166	152	138	414
RX3 PS6 trou	187	216	199	138	414
PS 7 sol	179	224	200	140	420
PS 7 trou	138	153	139	140	420
PS 8 sol	110	204	149	108	324
PS 8 trou	128	203	173	108	324
PS 17 sol	90	104	115	121	363





CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE L'AYOUE
ET DES POINTS SINGULIERS

COPIE

4.4.2 Tableau des résultats des mesures d'exposition externe à l'ESM :

Référence	Activité gamma en c/s	Seuil en c/s	Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$
PS 1 sol	119	312	0,05
PS 1 fond trou	164	312	0,06
PS 1 à 1 mètre	99	312	0,04
PS 2 sol	177	357	0,07
PS 2 fond trou	203	357	0,08
PS 2 à 1 mètre	128	357	0,05
PS 2 cailloux	342	357	0,15
PS 3 cailloux	123	387	0,05
PS 3 sol	133	387	0,05
PS 3 à 1 mètre	103	387	0,04
PS 4 sol	113	327	0,05
PS 4 fond trou	164	327	0,07
PS 4 à 1 mètre	91	327	0,03
PS 5 sol	125	396	0,05
PS 5 fond trou	166	396	0,07
PS 5 à 1 mètre	121	396	0,05
RX 1 PS 6 sol	183	426	0,07
RX 1 PS 6 fond trou	259	426	0,10
RX 1 PS 6 à 1 mètre	175	426	0,07
RX 1 PS 6 mur	222	426	0,09
RX3 PS 6 sol	154	414	0,06
RX 3 PS 6 fond trou	226	414	0,09
RX3 PS 6 à 1 mètre	123	414	0,05
PS 7 sol	129	420	0,05
PS 7 fond trou	225	420	0,10
PS 7 à 1 mètre	124	420	0,05
PS 8 sol	123	324	0,05
PS 8 fond trou	190	324	0,08
PS 8 à 1 mètre	96	324	0,04
PS 16 sol	147	369	0,06
PS 16 fond trou	202	369	0,09
PS 16 à 1 mètre	110	369	0,04
PS 17 sol	105	363	0,04
PS 17 fond trou	137	363	0,05
PS 17 à 1 mètre	98	363	0,03



SUBATECH			Doc. :
Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées			DEV.00.012 D
Unité Mixte de Recherche 6457			Version :
Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes			00
			Date :
			24/05/02
CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA14 ET DES POINTS SINGULIERS		COPIE	Page : 18 / 20

4.5 Commentaires :

Le seuil de détection a été fixé à trois fois la valeur du bruit de fond mesuré en un point proche de la zone contrôlée mais hors sol ou terre traitée lors de la campagne d'assainissement et hors cailloux .

Pour les contrôles dans les casemates (PC 4 à PC 7) le bruit de fond a été mesuré au sol, au milieu du chemin à l'entrée des galeries .

Il a été réalisé un spectre gamma avec l'ESM sur le sol de l'angle du mur du PC 4 et au fond du trou de PC 7 .

Au regard de la résolution spectrale du NaI de l'ESM , il a été identifié principalement la raie à 351 keV du plomb 214 et la raie à 609 keV du bismuth 214 , descendants du radon 222 et du radium 226.

Il a été réalisé, à la demande de la CRIIRAD et avec l'accord de Mr le professeur Guillaumont, quatre prélèvements de sol :

- Trois, fixé par la CRIIRAD, sur la zone CA14 , repérés par des triangle sur le plan schématique du contrôle en annexe .

Il ont été faits avec un carotteur qui a permis d'obtenir des carottes d'une vingtaine de centimètres de longueurs sur 10 centimètres de diamètre et de 3 kg environ .

Les mesures de radioactivité effectuées sur ces carottes et dans les trous ainsi formés n'ont pas décelé de radioactivité spécifique , car les valeurs obtenues ne différaient pas de celles observées dans les zones considérées

- Un prélèvement au point PS 5 qui a été réalisé avec une petite pelle et qui a permis de recueillir environ 3 kg de terre sur une profondeur de 10 à 15 cm .

Ces échantillons seront séchés et broyés pour être mesurés en spectrométrie gamma dont les résultats feront l'objet d'un rapport ultérieur .

SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes			Doc. : DEV.00.012 D Version : 00 Date : 24/05/02 Page : 19 / 20
CAMPAGNE DE CONTROLE DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA14 ET DES POINTS SINGULIERS			

COPIE

5. Conclusions :

Lors du contrôle d'assainissement de la zone CA 14 et des points singuliers il n'a pas été **détecté de points singuliers supplémentaires** supérieurs au seuil de détection fixé à trois fois la valeur du bruit de fond .

On constate, au regard des résultats , que les valeurs mesurées sur ces points et ces zones sont proches de celles de leur bruit de fond respectif et sont systématiquement inférieures à deux fois leur bruit de fond .

Pour les points PC 4, PC 6 et PC 7 l'activité relevée est due à l'uranium naturel contenu dans les roches comme le confirme les deux spectres gamma réalisés et comme l'avait montré les résultats de la campagne de d'assainissement du CEA .

La zone CA 14 ne présente plus de points singuliers ni d'activité en uranium spécifique hormis celle de l'environnement (sols, cailloux ...) et prouve ainsi l'efficacité de l'assainissement qui a été réalisé .

Les mesures de débit de dose n'ont pas révélées d'exposition gamma particulière sur le site , les valeurs varient de 0,03 à 0,07 $\mu\text{Sv/h}$ à 1 mètre du sol , de 0,04 à 0,08 $\mu\text{Sv/h}$ au niveau du sol et de 0,05 à 0,15 $\mu\text{Sv/h}$ au fond des trous d'assainissement (dû à l'effet de masse principalement) .

Les mesures à 1 mètre du sol, hauteur de référence pour la mesure de l'exposition gamma , donnent une exposition annuelle variant de 0,3 à 0,6 mSv , ce qui correspond aux niveaux d'exposition annuelle gamma mesurée par l'OPRI dans ces départements :

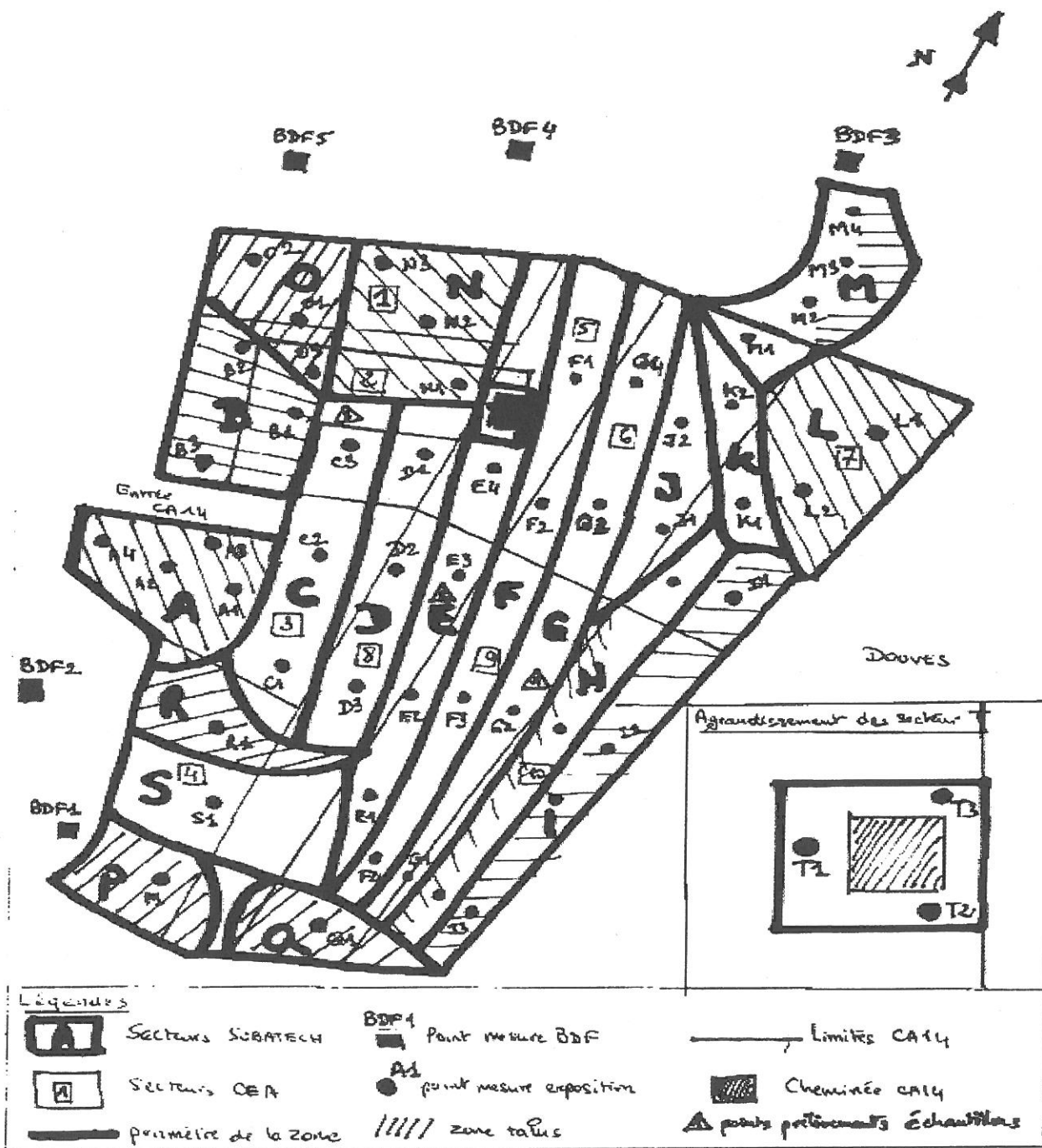
- Seine et Marne : 0,64 mSv
- Seine St Denis : 0,62 mSv

(cf tableau page 82 du rapport d'activité 1997 de l'OPRI).

COPIE

6. Annexes

**PLAN SCHEMATIQUE DES SECTEURS DE CONTROLE
DE L'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE CA14**

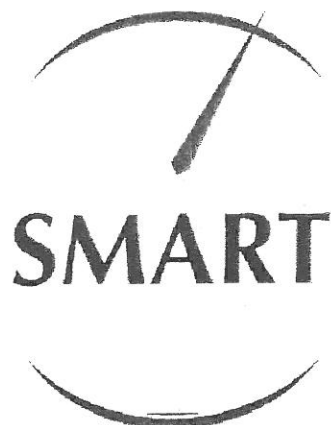


SUBATECH Laboratoire de Physique subatomique et des technologies associées Unité Mixte de Recherche 6457 Ecole des Mines de Nantes, IN2P3/CNRS, Université de Nantes	Doc. : DEV.00.012 F Version : 00 Date : 06/08/02
MESURES DES MOUSSES	Page : 1 / 9

SITE DU FORT DE VAUJOURS

RAPPORT SUR LES MESURES

DES MOUSSES



Date de mise en application : 06/08 / 02

SOMMAIRE

1.	Objectif du présent rapport	4
2.	Prélèvement des mousses	4
2.1	Tableau récapitulatif des prélèvements de mousses	4
2.2	Tableau des mesures radia métriques des mousses	5
3.	Préparation des échantillons	5
4.	Résultats des mesures en spectrométrie gamma	6
4.1	Tableau des caractéristiques des échantillons	6
4.2	Résultats des mesures	7
4.2.1	Résultats des activités du béryllium 7, du potassium 40, du césium 137 et de l'américium 241 :	7
4.2.2	Résultats des mesures des activités des radio nucléides de la famille du thorium 232 :	7
4.2.3	Résultats des mesures des activités des radio nucléides de la famille de l'uranium :	8
4.2.4	Commentaires :	8
5.	Commentaires sur une question posée en comité de suivi technique	8

1. Objectif du présent rapport

Il a pour but de présenter les résultats des analyses effectuées sur les bio indicateurs représentés par des mousses ainsi que leur traitement .

2. Prélèvement des mousses

Elles ont été prélevées, par Mr Didier Courbon du laboratoire CRIIRAD, pendant la campagne de juin 2001 .

Le tableau suivant récapitule leur site de prélèvement .

2.1 Tableau récapitulatif des prélèvements de mousses

N°	Site	Zone	Descriptif	Nature du prélèvement
26	Fort central	RX1	Sur le mur extérieur de RX1	mousse
27	Vaujours	cimetière		mousse
28	Courtry	cimetière		mousse
29	Extérieur du Fort central	FP	Au niveau de la cuve de stockage de gaz propane	mousse
30	Fort central	TP3	Toit de TP3	mousse
31	Villeparisis	cimetière		mousse
32	Extérieur du Fort central	PB	Sur le toit en fibrociment de PB	mousse
33	Fort central	OS1	Sur le toit de OS1	mousse
34	Extérieur du Fort central	LG3	Sur la cheminée de LG3	mousse

2.2 Tableau des mesures radia métriques des mousses

Ces mesures ont été réalisées avec l'EASYSPEC de CANBERRA

Référence	Nature	Masse en kg	Débit de dose Au contact en $\mu\text{Sv/h}$	Activité en c/s
26	mousse	0,194	0,10	272
27	mousse	0,300	0,10	266
28	mousse	0,314	0,10	270
29	mousse	0,120	0,10	271
30	mousse	0,119	0,10	278
31	mousse	0,385	0,10	273
32	mousse	0,153	0,10	276
33	mousse	0,130	0,10	277
34	mousse	0,209	0,10	270

Ces échantillons, après prélèvement ont été acheminés conditionnés dans des sacs plastiques au laboratoire SUBATECH pour traitements et mesures .

3. Préparation des échantillons

- Dans un premier temps, au mois de juillet 2001, Mr Didier Courbon, du laboratoire CRIIRAD, est venu pendant une journée au laboratoire SUBATECH, pour présenter aux techniciens de ce laboratoire, le protocole CRIIRAD de traitements des mousses .

-Puis les techniciens de SUBATECH ont appliqué le protocole utilisé par CRIIRAD, soit :

- 1- Séchage à l'air libre dans une barquette en aluminium des échantillons humides
- 2- Identification des mousses entre 2 espèces principales : le genre *Grimmia* et le genre *Bryum*.
- 3-Triage des échantillons pour isoler uniquement le genre *Grimmia*.
- 4- Nettoyage des échantillons triés à l'aide d'un tamis de 2 mm, dans cette opération il est important de bien éliminer la terre, les cailloux, les brindilles par des tamisages successifs pour ne garder que le végétal.
- 5- Rinçage avec de l'eau déminéralisée pour éliminer les poussières
- 6- Séchage sur un papier absorbant puis dans une barquette en aluminium de un litre à l'étuve ventilée à 60°C jusqu'à masse constante.
- 7- Broyage
- 8- Conditionnement en géométrie de type SG 500 pour mesures en spectrométrie gamma.

4. Résultats des mesures en spectrométrie gamma

4.1 Tableau des caractéristiques des échantillons

Point prélèvement	Site	Référene SMART	Masse mesurée g	Géométrie mesure	Volume mesurée ml	Temps de mesure s
26	Fort central – RX1	GI 001	32,9	B200-100	100	100 000
27	Cimetière Vaujours	GI 002	34,7	B200-100	100	100 000
28	Cimetière Courtry	GI 003	28,0	B200-100	100	100 000
29	Extérieur fort central-FP	GI 004	24,5	B200-100	100	100 000
30	Fort central – TP3	GI 005	8,8	B20-15	15	50 000
31	Cimetière Villeparisi	GI 006	23,9	B200-100	10	50 000
32	Fort central – PB	GI 007	24,3	B200-100	100	50 000
33	Fort central - OS1	GI 008	26,5	B200-100	100	50 000
34	Fort central – CA14	GI 009	32,2	B200-100	100	50 000

4.2 Résultats des mesures

4.2.1 Résultats des activités du béryllium 7, du potassium 40, du césium 137 et de l'américium 241 :

Référence	Be 7 Bq/kg	K 40 Bq/kg	Cs 137 Bq/kg	Am 241 Bq/kg
26	1 100 +/- 200	< 73	43 +/- 6	< 1,6
27	560 +/- 100	49 +/- 34	52 +/- 6	< 1,5
28	600 +/- 100	54 +/- 44	94 +/- 11	< 1,9
29	750 +/- 120	< 95	19 +/- 3	< 1,9
30	1 100 +/- 200	< 31	< 9	< 5,2
31	440 +/- 110	96 +/- 70	20 +/- 4	< 2,9
32	430 +/- 120	< 150	68 +/- 9	< 3,0
33	1 300 +/- 200	87 +/- 66	77 +/- 10	13 +/- 2
34	950 +/- 140	< 100	51 +/- 6	< 2,3

4.2.2 Résultats des mesures des activités des radio nucléides de la famille du thorium 232 :

Référence	Ac 228 Bq/kg	Pb 212 Bq/kg	Bi 212 Bq/kg
26	< 18	4,5 +/- 1,3	< 29
27	< 10	4,9 +/- 1,2	< 27
28	< 27	7,0 +/- 1,6	< 34
29	< 12	2,9 +/- 1,5	< 80
30	< 33	< 14	< 110
31	< 44	8,7 +/- 2,4	< 59
32	< 21	6,5 +/- 2,0	< 57
33	< 20	10 +/- 3	< 52
34	< 27	9,7 +/- 2,2	< 43

4.2.3 Résultats des mesures des activités des radio nucléides de la famille de l'uranium :

Référence	Pb210 Bq/kg	Ra226 Bq/kg	Pb 214 Bq/kg	Bi 214 Bq/kg	Th234 Bq/kg	U235 Bq/kg
26	1 200 +/- 300	< 71	14 +/- 4	13 +/- 5	170 +/- 80	< 19
27	1 200 +/- 300	< 68	11 +/- 4	7,0 +/- 4,4	11 +/- 7	< 4,1
28	1 200 +/- 300	< 83	7,1 +/- 3,6	< 11	21 +/- 14	< 5,0
29	930 +/- 220	< 94	< 10	< 12	< 36	< 5,8
30	1 600 +/- 600	< 230	22 +/- 11	< 34	< 94	< 14
31	820 +/- 190	< 140	14 +/- 7	< 18	< 31	< 8,4
32	1 200 +/- 300	< 130	< 15	< 18	< 37	< 7,8
33	1 600 +/- 400	< 130	13 +/- 6	< 17	22 +/- 12	< 7,8
34	1 300 +/- 300	< 100	< 12	< 12	< 42	< 6,2

4.2.4 Commentaires :

- On note principalement la présence de plomb 210 et de béryllium 7 .
- L' activité du thorium 234, indicateur de l'uranium 238 en spectrométrie gamma, est inférieure à 100 Bq/kg, en notant l'activité de 170 Bq/kg dans l'échantillon 26 prélevé dans la zone RX1 du Fort Central, mais au regard de l'incertitude elle reste faible et non spécifique par rapport aux activités du plomb et du béryllium .
- On note aussi la présence de traces d'américium 241 dans l'échantillon 33 qui a été prélevé dans la zone du point singulier PS8 relatif à la contamination du sol par un paratonnerre qui contenait de ce radioélément .
- **Au regard de ces résultats, on n'observe pas de contamination spécifique par l'uranium .**

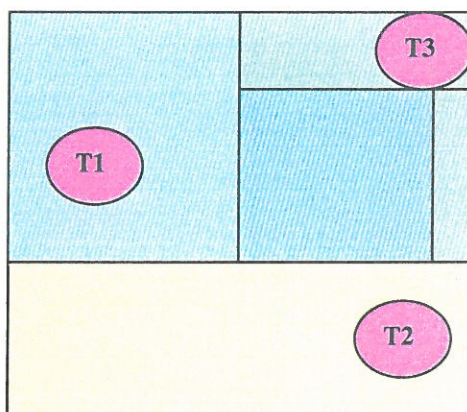
5. Commentaires sur une question posée en comité de suivi technique

Ce paragraphe fait l'objet de la réponse relative à une question de Mr Chareyron, du laboratoire CRIIRAD, posée en comité de suivi technique sur l'assainissement de la zone CA14 .

Cette question porte sur l'activité gamma observée dans le secteur T de contrôle d'assainissement de la zone CA 14, qui est un peu plus élevée, d'un facteur 1,5 environ, par rapport au reste de la zone et sur la réalisation d'une spectrométrie gamma dans ce secteur .

En réponse à cette question nous pouvons dire que dans le secteur T, il n'a pas été réalisé de spectrométrie gamma avec l'EASYSPEC, et de plus nous devons faire la remarque suivante qui ne figure pas dans le plan du rapport du contrôle d'assainissement :

- le **secteur T** est un trou à trois niveaux :



Partie du secteur T au même niveau que les secteurs voisins, D,E et F



Cheminée d'aération de la casemate CA 14



Partie du secteur T qui est en dénivellation de 50 cm par rapport aux secteurs voisins



Cette partie du secteur T est un trou de 90 à 120 cm de profondeur en allant de gauche à droite



Points de mesure de l'exposition dans le secteur T avec l'ESM

Sur ce schéma, l'activité maximale mesurée dans le secteur T est au point T2 (170 c/s) c'est le point le plus profond de secteur (à 1,2 mètre de profondeur) Elle peut s'expliquer par l'effet de masse de la terre entourant ce trou (de 80 cm environ de large). On peut remarquer aussi que cette activité maximale est inférieure à 2 fois l'activité mesurée en surface (110 c/s au point T3 en surface) .

AMENDEMENT AU RAPPORT D'ESSAI

N° 01-187-C

Page :

1/3

CLIENT

Nom : CEA/DAM

Adresse : Service Radiolyse, Chimie et Environnement

BP 12

91680 BRUYERES- LE-CHATEL

Destinataire : R. CHIAPPINI

Description de l'échantillon : 17 Effluents liquides

N° de bon de commande : Contrat Vaujours

Référence(s) client :

Source Malade/1, PZ3/1fr.Dcht, Puits Gagnet,
Source J, Puits2, Puits9, Puits D, Puits D, Puits K,
Puits L, PZ1*, PZ2, PZ3, PZ4, PZ5, PZ6, PZ7

Date de réception : 23/11/2001

AMENDEMENT AU RAPPORT
D'ESSAI

N° 01-187-C

Date du rapport : 17/12/2001

	Chef de Service
Nom :	M. MOKILI
Visa :	

Le rapport d'essai ne comporte que les échantillons mentionnés dans ce document. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte ...3... page(s).



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

RESULTATS DES ANALYSESExpression des résultats :si $SD > A_m$ alors l'activité s'exprime selon : $A < LD$ si $SD \leq A_m$ alors l'activité s'exprime selon : $A = A_m \pm 2\sigma_{A_m}$

avec : SD : seuil de décision, LD : limite de détection, (LD= 2SD)

A : activité calculée, A_m : Activité mesurée, σ_{A_m} = incertitude associée à A_m **Informations utiles à un essai spécifique :** Ce rapport annule et remplace le rapport 01-187-C du 15/12/2001.

Tableau des résultats des mesures de la concentration en uranium 238, en uranium 235 et du rapport isotopique dans les eaux prélevées sur le site de VAUJOURS. La référence « Blanc » a été supprimée. Ce « Blanc »

d'analyse (eau ultra pure) faisait partie du lot d'échantillons prélevés par Burgéap et dont le résultat a été demandé par le CEA

RESULTATS DES ANALYSES D'U 238 ET D'U 235 EN ICP MS EAUX DE VAUJOURS

Référence(s) échantillon	Concentration U238 en $\mu\text{g/litre}$	Concentration U235 en $\mu\text{g/litre}$	Rapport isotopique
Source malade/1	$2,01 \pm 0,10$	$(1,45 \pm 0,07) 10^{-2}$	$(0,723 \pm 0,036)$
PZ3/1 fr dcht	$2,95 \pm 0,15$	$(2,20 \pm 0,11) 10^{-2}$	$(0,745 \pm 0,037)$
Puits Gagnet	$3,00 \pm 0,15$	$(2,21 \pm 0,11) 10^{-2}$	$(0,737 \pm 0,037)$
Source J	$2,98 \pm 0,15$	$(2,13 \pm 0,11) 10^{-2}$	$(0,717 \pm 0,036)$
Puits 2	$6,09 \pm 0,31$	$(4,45 \pm 0,22) 10^{-2}$	$(0,730 \pm 0,037)$
Puits 9	$0,87 \pm 0,04$	$(6,25 \pm 0,31) 10^{-3}$	$(0,718 \pm 0,036)$
Puits D	$1,33 \pm 0,07$	$(1,00 \pm 0,05) 10^{-2}$	$(0,753 \pm 0,038)$
Puits K	$0,45 \pm 0,02$	$(3,19 \pm 0,16) 10^{-3}$	$(0,710 \pm 0,036)$
Puits L	$0,94 \pm 0,05$	$(6,94 \pm 0,35) 10^{-3}$	$(0,738 \pm 0,037)$

ND : Non Déterminé



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

RESULTATS DES ANALYSES D'U 238 ET D'U 235 EN ICP MS EAUX DE VAUJOURS suite

Référence(s) échantillon	Concentration U238 en $\mu\text{g/litre}$	Concentration U235 en $\mu\text{g/litre}$	Rapport isotopique
Pz 1	$6,35 \pm 0,32$	$(4,51 \pm 0,22) 10^{-2}$	$(0,709 \pm 0,035)$
Pz 2	$6,19 \pm 0,31$	$(4,59 \pm 0,23) 10^{-2}$	$(0,742 \pm 0,037)$
Pz 3	$5,62 \pm 0,28$	$(4,07 \pm 0,20) 10^{-2}$	$(0,724 \pm 0,036)$
Pz 4	$3,86 \pm 0,19$	$(2,86 \pm 0,14) 10^{-2}$	$(0,741 \pm 0,037)$
Pz 5	$3,88 \pm 0,19$	$(2,97 \pm 0,15) 10^{-2}$	$(0,765 \pm 0,038)$
Pz 6	$2,33 \pm 0,12$	$(1,74 \pm 0,09) 10^{-2}$	$(0,745 \pm 0,037)$
Pz 7	$8,95 \pm 0,45$	$(6,73 \pm 0,34) 10^{-2}$	$(0,752 \pm 0,038)$



AMENDEMENT AU RAPPORT D'ESSAI

N° 02-9-C

Page :

1/7

CLIENT

Nom : CEA/DAM

Adresse : Service Radiolyse, Chimie et Environnement

BP 12

91680 BRUYERES- LE-CHATEL

Destinataire : P. MASSICOT - R. CHIAPPINI

Description de l'échantillon : 28 échantillons de carottage

N° de bon de commande : Contrat Vaujours

Référence(s) client :

B1/1, B1/2, B1/3, B1/4, B1/5, B1/6, B1/7, B1/8, B1/9

B2/1, B2/2, B2/3, B2/4, B2/5, B2/6, B2/7, B2/8, B2/9

B3/1, B3/2, B3/3, B3/4, B3/5, B3/6, B3/7, B3/8, B3/9, B3/10

Date de réception : 04/12/2001

RAPPORT D'ESSAI

N° 02-9-C

Date du rapport : 11/01/2002

	Chef de Service
Nom :	M. MOKILI
Visa :	

Le rapport d'essai ne comporte que les échantillons mentionnés dans ce document. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte ...7... page(s).



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

AMENDEMENT AU RAPPORT D'ESSAI

N° 02-9-C

Page :

2/7

RESULTATS DES ANALYSES

Expression des résultats :

si $SD > A_m$ alors l'activité s'exprime selon : $A < LD$ si $SD \leq A_m$ alors l'activité s'exprime selon : $A = A_m \pm 2\sigma_{A_m}$ avec : SD : seuil de décision, LD : limite de détection. ($LD = 2SD$)A : activité calculée, A_m : Activité mesurée, σ_{A_m} = incertitude associée à A_m

Informations utiles à un essai spécifique :

Les 28 échantillons ont été reçus au laboratoire conditionnés dans des sacs plastiques sans les fiches relatives à leur traitement ce qui fait que nous n'avons pas les informations relatives au rapport du poids sec sur le poids brute et sur la granulométrie de ces échantillons.

Ils ont été contrôlés avec une sonde NaI (SG2 NARDEUX et un compteur intégrateur ECM 21 NARDEUX

Les activités mesurées variaient de 83 c/s à 77 chocs par seconde (c/s) pour un bruit de fond de 76 c/s donc aucune activité spécifique n'a été décelée dans ces échantillons.

Ils ont été transférés dans leur géométrie de comptage (flacons en polyéthylène de 500 ml type SG500), puis pesés.

Les échantillons ont été mesurés sur une chaîne de spectrométrie gamma équipée d'un détecteur germanium grande énergie CANBERRA (modèle BE 4823/S) de diamètre actif 78 mm, de surface active 4800 mm² et d'épaisseur 23 mm avec une fenêtre en carbon epoxy de 0,5 mm d'épaisseur (résolution de 2,1 keV à 1,33 MeV et 0,8 keV à 122 keV).

Cette chaîne est équipée d'un château de plomb de 18 cm d'épaisseur et d'un passeur d'échantillon ASC-20 de TRACERLAB, et est gérée par un logiciel Génie 2000 de CANBERRA

Les temps de comptage ont été de 50 000 ou de 100 000 secondes.

Tableau des radionucléides (RN) identifiés

RN	Famille radioactive	Mode de désintégration	Raies gamma caractéristiques en keV (intensité d'émission en %)	Périodes
Th 234	U 238		63 (4,5) – 93 (5,2)	24,1 jours
Ra 226	U238		186 (3,28)	1 600 ans
Bi 214	U238		609 (44,8)	19,9 minutes
Pb 214	U238		351 (35,8)	26,8 minutes
Pb 210	U 238		46,5 (4,1)	22,2 ans
U 235	U 235		144 (10,5) - 163 (4,7) – 185 (54,0)	7,1 10 ⁸ ans
Ac 228	Th 232		911 (29,0)	6,13 heures
Pb 212	Th 232		238 (43,6)	10,6 heures
K40	Radionucléide naturel		1460 (10,67)	1,3 10 ⁹ ans



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

AMENDEMENT AU RAPPORT D'ESSAI

N° 02-9-C

Page :

3/7

Le thorium 234 a été déterminé à partir de son gamma à 63 keV après correction du facteur d'atténuation de 46 %.

Au regard de sa faible activité, l'uranium 235 a été déterminé à partir de son gamma de 144 keV dont l'intensité est de 10,5 %, après correction de l'interférence du radium 223 quand ce radionucléide était mesurable sinon la limite de détection de l'uranium 235 sur cette raie gamma à 144 keV a été reportée.

Au regard des échéances déjà remise des résultats, les échantillons ont été mesurés dès leur mise en géométrie de comptage sans

attendre l'équilibre de régime entre le radium 226 et le radon 222 et ses descendants, qui est obtenu au moins 30 jours après le confinement de l'échantillon.

Aussi l'activité du radium 226 a été déterminée à partir de sa raie gamma à 186 keV après correction de l'interférence de l'uranium 235 à partir de son activité obtenue sur sa raie gamma de 144 keV.

Quand l'uranium 235 n'a pas pu être mesuré, la correction de cette interférence a été calculée à partir de l'activité du thorium 234 divisée par 21,6 qui est le rapport entre l'activité de l'uranium 238 et celle de l'uranium 235 dans l'uranium naturel.

La concentration massique de l'uranium 238 a été calculée à partir de l'activité du thorium 234 en prenant 12 300 Bq/kg comme activité massique pour ce radionucléide.

Celle de l'uranium 235 a été calculée à partir de son activité en prenant 80 000 Bq/kg comme activité massique pour ce radionucléide.

TABLEAU DES CONDITIONS DE MESURES DES ECHANTILLONS DES CAROTTES

Référence	Référence SUBATECH	Masse mesurée kg	Temps de mesure s	Géométrie ml
B1/1	GD009	0,352	100 000	500
B1/2	GD010	0,278	100 000	250
B1/3	GD011	0,323	100 000	250
B1/4	GD012	0,258	50 000	250
B1/5	GD013	0,270	50 000	250
B1/6	GD014	0,567	100 000	500
B1/7	GD015	0,466	50 000	500
B1/8	GD016	0,493	50 000	500
B1/9	GD017	0,278	50 000	250
B2/1	GD018	0,637	50 000	500
B2/2	GD019	0,360	50 000	250
B2/3	GD020	0,354	50 000	250
B2/4	GD021	0,344	50 000	250
B2/5	GD022	0,540	100 000	500
B2/6	GD023	0,217	100 000	250
B2/7	GD024	0,478	50 000	500



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

AMENDEMENT AU RAPPORT D'ESSAI

N° 02-9-C

Page :

4/7

Référence	Référence SUBATECH	Masse mesurée kg	Temps de mesure s	Géométrie ml
B2/8	GD025	0,461	50 000	500
B2/9	GD026	0,341	50 000	250
B3/1	GD027	0,637	50 000	500
B3/2	GD028	0,642	50 000	500
B3/3	GD029	0,330	50 000	250
B3/4	GD030	0,580	50 000	500
B3/5	GD031	0,696	100 000	500
B3/6	GD032	0,517	100 000	500
B3/7	GD033	0,728	50 000	500
B3/8	GD034	0,432	50 000	500
B3/9	GD035	0,449	50 000	500
B3/10	GD036	0,336	50 000	250

TABLEAU DES RESULTATS DES MESURES DES ECHANTILLONS DE LA CAROTTE B1

- Résultats des mesures des activités du Th 234, du Ra 226, du Pb 214, de l'U 235 et des concentrations massiques de l'U 238 et de l'U 235

Référence	Th 234 Bq/kg	Ra 226 Bq/kg	Pb 214 Bq/kg	U 235 Bq/kg	U 238 mg/kg	U 235 µg/kg
B1/1	31±15	37 18	26 3	< 3,2	2,5±1,2	< 40
B1/2	100±40	82 37	61 8	4,8±1,7	8,1±3,3	60±22
B1/3	65±29	53 23	42 6	3,8±1,4	5,3±2,4	48±18
B1/4	95±44	89 40	64 8	< 7,5	7,7±3,6	< 94
B1/5	83±39	89 42	56 7	3,6±1,7	6,7±3,2	45±21
B1/6	30±14	44 21	31 3	< 4,1	2,4±1,1	< 51
B1/7	68±32	71 33	55 6	< 7,4	5,5±2,6	< 93
B1/8	130±60	130 60	94 12	5,6±2,6	10,6±4,9	70±33
B1/9	120±50	110 50	75 10	5,6±2,4	9,8±4,1	70±30

- Résultats des activités du Pb 210, de l'Ac 228, du Pb 212 et du K 40



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

AMENDEMENT AU RAPPORT D'ESSAI

N° 02-9-C

Page :

5/7

- Résultats des activités du Pb 210, de l'Ac 228, du Pb 212 et du K 40

Référence	Pb 210 Bq/kg	Ac 228 Bq/kg	Pb 212 Bq/kg	K40 Bq/kg
B1/1	17 5	< 5,9	2,7 0,4	49 13
B1/2	58 14	10 2	12 2	160 20
B1/3	37 9	9,1 2,0	9,5 1,4	130 20
B1/4	59 15	14 4	14 2	170 30
B1/5	57 15	10 3	13 2	150 20
B1/6	21 4	9,9 2,0	12 2	140+/-20
B1/7	36 9	14 3	17 2	230+/-30
B1/8	59 11	15 3	16 2	250+/-30
B1/9	74 18	17 4	22 3	350+/-50

TABLEAU DES RESULTATS DES MESURES DES ECHANTILLONS LA CAROTTE B2

- Résultats des mesures des activités du Th 234, du Ra 226, du Pb 214, de l'U 235 et des concentrations massiques de l'U 238 et de l'U 235

Référence	Th 234 Bq/kg	Ra 226 Bq/kg	Pb 214 Bq/kg	U 235 Bq/kg	U238 mg/kg	U235 µg/kg
B2/1	28±14	17 8	14 2	< 4,6	2,3±1,1	< 58
B2/2	42±20	47 22	25 3	< 5,0	3,4±1,6	< 63
B2/3	33±15	35 16	23 3	< 5,5	2,7±1,2	< 69
B2/4	31±15	38 18	23 3	< 5,9	2,5±1,2	< 74
B2/5	77±35	100 50	72 9	< 5,0	6,3±2,8	< 63
B2/6	89±41	77 40	53 7	3,8±1,7	7,3±3,3	48±21
B2/7	73±34	69 32	57 8	< 7,4	5,9±2,8	< 93
B2/8	100±50	95 47	67 8	4,1±2,0	8,1±4,1	51±25
B2/9	53±26	45 22	27 4	< 6,4	4,3±2,1	< 80



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

AMENDEMENT AU RAPPORT D'ESSAI

N° 02-9-C

Page :

6/7

- Résultats des activités du Pb 210, de l'Ac 228, du Pb 212 et du K 40

Référence	Pb 210 Bq/kg	Ac 228 B/kg	Pb 212 Bq/kg	K 40 Bq/kg
B2/1	9,3 3,2	8,2 1,6	8,3 1,1	44 9
B2/2	23 7	6,7 2,0	9,0 0,2	140 20
B2/3	25 8	23 3	20 3	260 40
B2/4	30 9	23 4	24 4	290 40
B2/5	38 7	4,2 ,4	4,5 0,6	69 11
B2/6	64 2	13 3	15 2	200+/-30
B2/7	39 9	16 4	22 3	290+/-40
B2/8	45 9	25 4	30 4	540+/-60
B2/9	30 9	28 4	32 4	750+/-90

TABLEAU DES RESULTATS DES MESURES DES ECHANTILLONS DE LA CAROTTE B3

- Résultats des mesures des activités du Th 234, du Ra 226, du Pb 214, de l'U 235 et des concentrations massiques de l'U 238 et de l'U 235

Référence	Th 234 Bq/kg	Ra 226 Bq/kg	Pb 214 Bq/kg	U 235 Bq/kg	U238 mg/kg	U235 µg/kg
B3/1	16±8	20 10	10 2	< 1,9	1,3±0,7	< 24
B3/2	41±18	43 19	30 4	< 6,3	3,3±1,5	< 79
B3/3	34±16	44 10	25 3	< 6,4	2,8±1,3	< 80
B3/4	33±19	41 20	26 3	< 6,8	2,7±1,5	< 85
B3/5	11±6	14 7	10 2	< 3,1	0,9±0,5	< 39
B3/6	160±70	150 70	130 20	8,6±4,6	13,0±5,7	107±58
B3/7	38±18	46 22	35 4	< 4,8	3,1±1,5	< 60
B3/8	51±24	49 23	41 5	< 7,0	4,1±2,0	< 88
B3/9	110±50	120 60	87 11	5,6±3,6	8,9±4,1	70±45
B3/10	56±26	48 22	38 5	< 6,6	4,6±2,1	< 83



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

AMENDEMENT AU RAPPORT D'ESSAI

N° 02-9-C

Page :

7/7

- Résultats des activités du Pb 210, de l'Ac 228, du Pb 212 et du K40

Référence	Pb 210 Bq/kg	Ac 228 B/kg	Pb 212 Bq/kg	K40 Bq/kg
B3/1	6,9 3,2	10 2	10 2	85 13
B3/2	19 4	27 3	31 4	410 50
B3/3	27 8	31 4	35 5	420 50
B3/4	20 6	30 4	36 5	470 60
B3/5	12 3	9,5 ,1,6	11 1	25 3
B3/6	76 14	< 4,2	1,1 0,3	< 15
B3/7	16 4	< 3,4	2,3 0,4	32+/-8
B3/8	26 6	8,3 2,5	9,7 1,4	130+/-20
B3/9	32 18	21 4	25 3	360 50
B3/10	31 8	28 4	27 3	730+/-90



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

RAPPORT D'ANALYSE

N° 02-106-C

Page :

1/3

CLIENT

Nom : CEADAM

Adresse : Service Radiolyse, Chimie et Environnement

BP 12

91680 BRUYERES- LE-CHATEL

Destinataire : R. CHIAPPINI

Description de l'échantillon : 22 Effluents liquides + 15 Solides

N° de bon de commande : Contrat Vaujours

Référence(s) client :

Carottes : B1/11, B1/12, B1/13, B1/14, B1/15, B1/16,
E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9Eaux : PZ1, PZ2, PZ3, PZ4, PZ5, PZ6, PZ7,
Sce Malades, P9, P2, Source J, Puits D fond,
Puits L, Puits K, Puits Cagnet, Fr. Déchets PZ3,
PZE 95 m, PZE 80 m, PZE 70 m, PZ2 bis, PZ3 bis,
PZ1 bis

Date de réception : 12/04/2002 + 29/04/2002

RAPPORT D'ANALYSE

N° 02-106-C

Date du rapport : 30/05/2002

	Chef de Service
Nom :	M. MOKILI
Visa :	

Le rapport d'essai ne comporte que les échantillons mentionnés dans ce document. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais.
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte ...3... page(s).



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

RAPPORT D'ANALYSE

N° 02-106-C

Page :

2/3

RESULTATS DES ANALYSES

Expression des résultats :

si $SD > A_m$ alors l'activité s'exprime selon : $A < LD$ si $SD \leq A_m$ alors l'activité s'exprime selon : $A = A_m \pm 2\sigma_{A_m}$ avec : SD : seuil de décision, LD : limite de détection, ($LD = 2SD$)A : activité calculée, A_m : Activité mesurée, σ_{A_m} = incertitude associée à A_m

Informations utiles à un essai spécifique : La limite de détection des mesures est de $2 \cdot 10^{-3}$ mg/kg pour les solides et de 10^{-2} g/l pour les eaux.

- l'incertitude sur les mesures est de 5 %
- pour les solides, l'analyse a été faite sur une aliquote d'une attaque complète de 0,5g d'échantillons étendue à 100ml.

Les échantillons PZ1 bis, PZ2 bis, PZ3 bis ont été envoyés le 29 avril 2002, en complément des échantillons PZ1, PZ2, et PZ3 envoyés le 12/04/2002.

Analyses par ICP/MS

Solides (carottes)

Référence(s) Echantillon	U mg/kg
B1/11	6,6
B1/12	5,0
B1/13	8,8
B1/14	4,3
B1/15	3,7
B1/16	3,6
E1	1,3
E2	1,7
E3	1,2
E4	0,2
E5	0,4
E6	2,4
E7	0,5
E8	13,7
E9	0,1



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

RAPPORT D'ANALYSE

N° 02-106-C

Page :

3/3

Analyses par ICP/MS

Eaux

Référence(s) Echantillon	U $\mu\text{g/l}$
PZ1	6,3
PZ2	9,5
PZ3	8,1
PZ4	2,6
PZ5	3,9
PZ6	2,0
PZ7	3,4
Sce Malades	2,2
P9	4,0
P2	6,8
Source J	2,8
Puits D Fond	1,0
Puits L	0,5
Puits K	0,2
Puits Cagnet	2,7
Fr. Déchets PZ3	3,8
PZE 95 m	7,5
PZE 80 m	8,0
PZE 70 m	8,8
P22 bis*	6,0
P23 bis*	7,0
P21 bis*	5,9



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

RAPPORT D'ANALYSE
N° 02-113-CPage :
1/3**CLIENT**Nom : **CEA/DAM**Adresse : **Service Radiolyse, Chimie et Environnement****BP 12****91680 BRUYERES- LE-CHATEL**Destinataire : **R. CHIAPPINI**Description de l'échantillon : **4 Solides**Date de réception : **15/05/2002****RAPPORT D'ANALYSE****N° 02-113-C**Date du rapport : **06/06/2002**

	Chef de Service
Nom :	M. MOKILI
Visa :	

Le rapport d'essai ne comporte que les échantillons mentionnés dans ce document. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte ...3... page(s).



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

RAPPORT D'ANALYSE
N° 02-113-C

 Page :
 2/3

RESULTATS DES ANALYSES
Expression des résultats :

 Si $SD > A_m$ alors l'activité s'exprime selon : $A < LD$

 Si $SD \leq A_m$ alors l'activité s'exprime selon : $A_m \pm 2\sigma_{A_m}$

 avec : SD : seuil de décision, LD : limite de détection, ($LD = 2SD$)

 A : activité calculée, A_m : Activité mesurée, σ_{A_m} = incertitude associée à A_m
Informations utiles à un essai spécifique :

Les échantillons C14-C-1C, CA14-F-2P, CA14-H-3P ont été prélevés dans la zone CA14 assainie dans les secteurs de contrôle SUBATECH, C, F et H. Ces points ont été choisis par le laboratoire CRIIRAD. Les prélèvements ont été effectués avec un carotteur permettant d'obtenir des carottes de 20 cm environ sur 10 cm de diamètre.

L'échantillon FC-PS-5P a été prélevé au point PS5 de la zone RX1. Il a été prélevé avec une pelle sur une profondeur de 15 cm.

Les échantillons ont été séchés et broyés puis mesurés en spectrométrie gamma avec un temps d'acquisition de 150 000 s. en géométrie de 500 ml (SG 500) au contact du détecteur.

Les activités de ces points correspondent à celles mesurées sur le point de référence de la zone CA14 lors de la Campagne de prélèvement (référence 36 A et C) et sont globalement dans la fourchette d'activité de l'ensemble des références du site définies lors de la campagne de prélèvement (références 6,7,8,11,14,16,17,19,20 et 36).

Analyses par spectrométrie γ

Famille de l'Uranium 238				
Référence(s) Echantillon	Th234 Bq/kg	Ra226 Bq/kg	Pb214 Bq/kg	Pb210 Bq/kg
CA14-C-1P	$(6,1 \pm 2,8) 10^1$	$(9,2 \pm 4,2) 10^1$	$(4,9 \pm 0,6) 10^1$	$(2,6 \pm 0,6) 10^1$
CA14-F-2P	$(3,3 \pm 1,6) 10^1$	$(5,7 \pm 2,9) 10^1$	$(3,7 \pm 0,5) 10^1$	$(2,2 \pm 0,6) 10^1$
CA14-H-3P	$(3,0 \pm 1,4) 10^1$	$(5,9 \pm 3,0) 10^1$	$(3,7 \pm 0,5) 10^1$	$(2,1 \pm 0,6) 10^1$
FC-PS-5P	$(6,4 \pm 2,8) 10^1$	$(5,8 \pm 2,4) 10^1$	$(4,2 \pm 0,5) 10^1$	$(2,9 \pm 0,6) 10^1$



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>

RAPPORT D'ANALYSE

N° 02-113-C

Page :

3/3

Analyses par spectrométrie γ suite

Famille du Thorium 232

Référence(s) Echantillon	Ac228 <i>Bq/kg</i>	Pb212 <i>Bq/kg</i>
CA14-C-1P	$(1,8 \pm 0,2) 10^1$	$(2,1 \pm 0,3) 10^1$
CA14-F-2P	$(2,1 \pm 0,2) 10^1$	$(2,2 \pm 0,4) 10^1$
CA14-H-3P	$(2,6 \pm 0,3) 10^1$	$(2,7 \pm 0,4) 10^1$
FC-PS-5P	$(1,4 \pm 0,2) 10^1$	$(1,7 \pm 0,2) 10^1$

Famille de l'Uranium 235

Référence(s) Echantillon	U235 <i>Bq/kg</i>
CA14-C-1P	$3,7 \pm 1,7$
CA14-F-2P	$< 3,0$
CA14-H-3P	$< 3,0$
FC-PS-5P	$2,4 \pm 1,0$

Référence(s) Echantillon	K40 <i>Bq/kg</i>	Cs137 <i>Bq/kg</i>
CA14-C-1P	$(2,7 \pm 0,3) 10^2$	$3,1 \pm 0,4$
CA14-F-2P	$(3,2 \pm 0,3) 10^2$	$(5,5 \pm 1,0) 10^{-1}$
CA14-H-3P	$(3,7 \pm 0,4) 10^2$	$(7,2 \pm 1,2) 10^{-1}$
FC-PS-5P	$(3,5 \pm 0,4) 10^2$	$3,0 \pm 0,4$



ECOLE DES MINES DE NANTES

Adresse : Subatech - Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes cedex 3

Tél. 02 51 85 81 00 - Fax 02 51 85 84 79 - <http://www-subatech.in2p3.fr>