



# CRIIRAD

Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité

Rapport N° 14-05

## **Ancien site CEA-DAM de VAUJOURS / Secteur acquis par PLACOPLATRE / Contrôles radiamétriques du 25 février 2014 effectués par la CRIIRAD dans la casemate TC1**

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

Date de réalisation des mesures sur le terrain : 25 février 2014.

Réalisation des mesures in situ : Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire de la CRIIRAD  
[bruno.chareyron@criirad.org](mailto:bruno.chareyron@criirad.org)

Mesures radiamétriques sur fragment au laboratoire CRIIRAD : Christian COURBON (technicien spécialisé) et Jocelyne RIBOUET (technicienne de laboratoire)

Dépouillement du spectre gamma : Stéphane PATRIGEON (technicien métrologue) et Marion JEAMBRUN (docteur en géochimie).

Interprétation scientifique et rédaction du rapport : Bruno CHAREYRON, 4 mars 2014 (compte rendu de terrain), 25 mars 2014 (analyse du fragment spectro HpGe), 7 avril 2014 (complément spectro alpha).

**LABORATOIRE DE LA CRIIRAD**

29 cours Manuel de Falla, 26000 Valence

☎ 04 75 41 82 50

☎ 04 75 81 26 48

**SOMMAIRE**

**1. INTRODUCTION ..... 2**

**1.1. HISTORIQUE DU SITE DE VAUJOURS ..... 2**

**1.2. LA PROCEDURE D’ABANDON (ANNEE 2000) ..... 2**

**1.3. ETUDE PRELIMINAIRE CRIIRAD (2001-2002)..... 2**

**1.4. SITUATION DE LA CASEMATE TC1 EN 2001-2002..... 3**

1.4.1. POINTS CHAUDS REPERES PAR LA CRIIRAD EN 2001 ..... 3

1.4.2. INSUFFISANCE DES CRITERES DE DECONTAMINATION DENONCEE PAR LA CRIIRAD EN 2001 ET 2002 . 4

1.4.3. TRAVAUX COMPLEMENTAIRES EFFECTUES PAR LE CEA EN 2001 DANS LA CASEMATE TC1..... 6

**1.5. SITUATION ACTUELLE DU SITE DE VAUJOURS..... 7**

**2. POLEMIQUE CONCERNANT LA CASEMATE TC1 POSTERIEUREMENT A 2011..... 8**

**3. MESURES DU 25 FEVRIER 2014 DANS LA CASEMATE TC1..... 10**

**3.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS ..... 10**

**3.2. REUNION PREALABLE SUR LE SITE DE PLACOPLATRE..... 10**

**3.3. APPAREILS UTILISES PAR LA CRIIRAD ..... 12**

**3.4. DEROULEMENT DES MESURES ..... 13**

**3.5. RESULTATS OBTENUS PAR LA CRIIRAD / BRUIT DE FOND..... 16**

**3.6. RESULTATS OBTENUS PAR LA CRIIRAD / « REFERENCES »..... 17**

**3.7. RESULTATS OBTENUS PAR LA CRIIRAD / POINT « CEA1 » ..... 18**

**3.8. RESULTATS OBTENUS PAR LA CRIIRAD / POINTS PC4, PC4BIS ET PC5 ..... 21**

**4. ANALYSES AU LABORATOIRE SUR LE FRAGMENT..... 22**

**4.1. MESURES RADIOMETRIQUES ..... 22**

**4.2. MESURES PAR SPECTROMETRIE GAMMA HPGE ..... 25**

**5. CONCLUSION / RECOMMANDATIONS..... 27**

**ANNEXES**

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. Historique du site de VAUJOURS

Les éléments historiques reproduits ci-dessous sont issus de la note « *Abandon du site de Vaujourns / Clôture de l'Enquête Publique / Mémoire en réponse / CEA 1<sup>er</sup> juillet 2000* ».

La construction du Fort de Vaujourns a été décidée en 1874. Pendant la guerre de 1940, le site a été occupé par l'armée allemande et a servi au stockage de produits explosifs et de munitions, notamment au sein du fort central. Les munitions ont été détruites par l'armée allemande à son départ. A partir de 1947, le site a été exploité par divers laboratoires du Service des Poudres pour des recherches sur la chimie et la physique des explosifs. Des essais expérimentaux ont alors été réalisés dans les locaux du Fort Central et ses annexes pour divers objectifs de la Défense Nationale (munitions, fusées,...).

Le Centre d'Etudes de Vaujourns a été créé le 3 juin 1955 sur le terrain militaire mis à disposition par le Ministère de la Défense pour effectuer toutes études sur les **poudres et explosifs utiles à la réalisation d'armes nucléaires**. Il a alors été placé sous la direction du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) avec l'appui technique des services de la défense. De **1955 à 1997**, le CEA y a construit, sur les 45 hectares, plus de 300 bâtiments à usage de bureaux ou de laboratoires autour du fort central ainsi que des casemates d'expérimentation détonique à l'intérieur de celui-ci. De 1955 à 1997, le centre CEA de Vaujourns a eu comme activités la conception, le développement et la mise au point de **nouveaux explosifs chimiques et édifices pyrotechniques**.

## 1.2. La procédure d'abandon (année 2000)

Le site CEA de Vaujourns a fait l'objet en mars 1998 d'une procédure relative à l'arrêt des activités par remise d'un « dossier d'abandon » des activités à l'autorité préfectorale. Du 9 mai au 10 juin 2000 a eu lieu une enquête publique en vue de l'abandon du site. La révélation d'essais mettant en œuvre de l'uranium (naturel et appauvri) a entraîné une inquiétude dans la population locale.

## 1.3. Etude préliminaire CRIIRAD (2001-2002)

Un comité de pilotage a été instauré sous la direction du préfet. Les associations représentées dans ce comité ont demandé à pouvoir disposer de leur propre expert scientifique. Le laboratoire de la CRIIRAD est donc intervenu en 2001-2002 dans ce dossier en tant qu'expert des associations.

Compte tenu des moyens alloués, la mission du laboratoire de la CRIIRAD n'a pas consisté à réaliser une étude radiologique complète du site mais à participer à une partie des travaux commandités par le CEA. Ces travaux ont fait l'objet d'un cahier des charges validé par le professeur Guillaumont. La synthèse des conclusions de la CRIIRAD à l'issue de cette étude préliminaire est disponible à l'adresse

[http://www.criirad.org/vaujourns/synthese\\_criirad\\_vaujourns-2002.pdf](http://www.criirad.org/vaujourns/synthese_criirad_vaujourns-2002.pdf)

A l'issue de l'étude 2001-2002, il était clair qu'il subsistait sur le site du fort de Vaujours une pollution résiduelle par des substances radioactives (dont uranium naturel et appauvri), des métaux lourds, des substances chimiques organiques, ainsi qu'une pollution par des munitions et substances pyrochimiques.

## 1.4. Situation de la casemate TC1 en 2001-2002

### 1.4.1. Points chauds repérés par la CRIIRAD en 2001

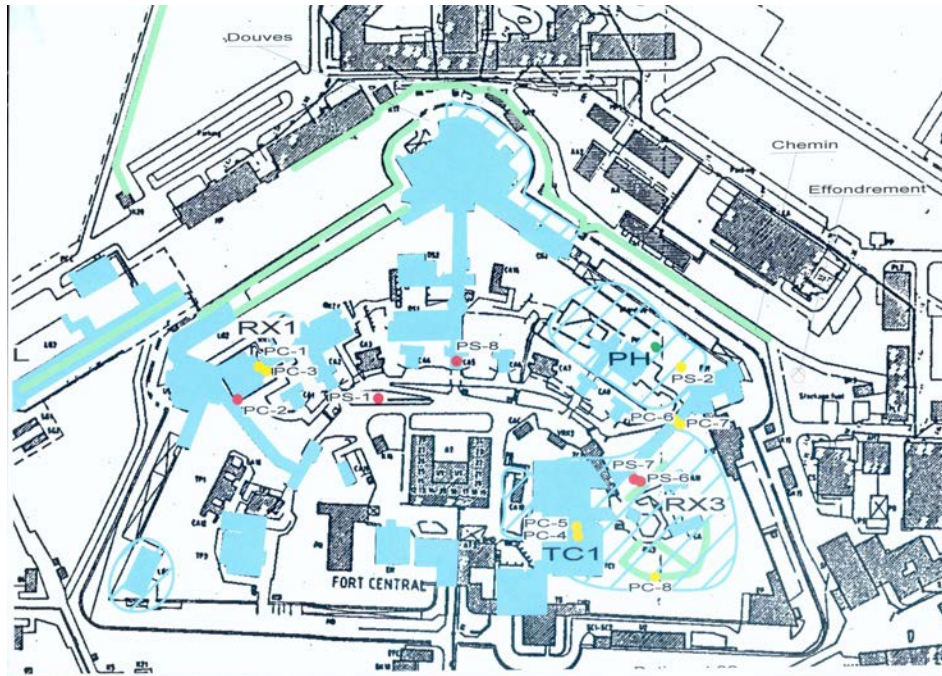
Dans le cadre de l'étude préliminaire conduite en 2001, le laboratoire de la CRIIRAD avait effectué des contrôles au moyen d'un scintillomètre gamma afin de repérer les secteurs les plus contaminés par des fragments d'uranium issus des tirs effectués par le CEA jusqu'en 1992.

Ces contrôles avaient permis de déceler un certain nombre de points chauds au niveau des sols du fort central et dans certaines casemates de tir (voir carte ci-dessous).

Dans le cas de la casemate TC1, deux points avaient été repérés par la CRIIRAD :

- **PC4** à environ 2 mètres de hauteur à la jonction d'un mur béton et de la partie rapportée : flux de photons gamma de **200 c/s SPP2** au contact et 50 c/s à 1 mètre.
- **PC5** en pied de mur et en particulier au débouché d'un tube métallique horizontal situé à environ 20 cm au dessus du sol : flux de photons gamma de **200 c/s SPP2** au contact et 50 c/s à 1 mètre.

Carte C1 / Points chauds détectés par la CRIIRAD (PC) et SUBATECH (PS) dans le fort de Vaujours dans le cadre des contrôles préliminaires effectués en 2001.



La CRIIRAD notait dans son rapport : « Il ne s'agissait pas pour le laboratoire de la CRIIRAD, compte tenu du budget et donc du temps imparti, de réaliser une cartographie exhaustive, cette mission étant confiée au laboratoire SUBATECH, mais de réaliser quelques mesures exploratoires à l'intérieur et dans l'environnement proche de casemates où ont eu lieu des tirs à l'uranium et

*dans les secteurs pouvant avoir été soumis a priori à un impact par le ruissellement (douve) ou par un dépôt atmosphérique de poussières (secteur Nord-Est). ».*

Compte tenu des moyens mis en œuvre, il convient de rappeler que les contrôles exploratoires effectués par la CRIIRAD en **avril 2001** dans la casemate TC1 n'avaient pas pour objet de repérer tous les points contaminés, mais seulement les contaminations superficielles les plus intenses en terme de taux d'émission gamma. En effet, le repérage exhaustif de tous les points de contamination superficielle par l'uranium utilisé par le CEA pour les tirs aurait nécessité de scruter  $\text{cm}^2$  par  $\text{cm}^2$  et au moyen d'un contaminomètre alpha-bêta-gamma toutes les surfaces accessibles dans la casemate TC1, ce qui aurait nécessité probablement plusieurs jours de travail.

La CRIIRAD notait dans son rapport d'étape N°02-06 (novembre 2001-mars 2002), page 43 :

[Etat radiologique des casemates

Concernant l'intérieur des casemates où ont eu lieu des tirs à l'uranium, la CRIIRAD ne garantit pas que son **exploration préliminaire des casemates LG3, RX 1, TC 1, RX 3, et PH** durant la phase 1 est de nature à avoir permis de détecter tous les points chauds résiduels. Il ne s'agissait pas en effet de réaliser une « *cartographie radiométrique* » mais « *quelques mesures exploratoires* » (cf note CRIIRAD du 11 mai 2001).

Lors des réunions du 11 et 28 **mai 2001**, le CEA a précisé qu'il considérait que l'étude détaillée de la contamination résiduelle, à l'intérieur des casemates n'était pas une priorité de l'expertise dont l'objectif était l'estimation de la contamination résiduelle des sols par l'uranium. Cette opinion a été acceptée par les participants aux réunions du Groupe Technique.

### 1.4.2. Insuffisance des critères de décontamination dénoncée par la CRIIRAD en 2001 et 2002

En 2001-2002, de vifs débats ont opposé la CRIIRAD et les associations d'une part et le CEA et les autorités d'autre part, en ce qui concerne les objectifs d'assainissement du site ; la CRIIRAD considérant que les seuils de décontamination fixés à l'époque par la Direction Générale de la Santé (DGS) étaient beaucoup trop élevés.

La position de la CRIIRAD est résumée dans cet extrait, pages 41 et 42, du rapport CRIIRAD N°02-06 du 11 **mars 2002** :

[**L'arrêté préfectoral du 14 avril 2000** ne garantit pas que les doses subies par les futurs utilisateurs du site resteront acceptables.

*Ce texte fait état en effet d'un « seuil de décontamination de 5 000 Bq d'uranium par kilogramme de terre et un débit de dose maximal de 1  $\mu\text{Gy/h}$  à l'extérieur des bâtiments. Ces travaux doivent également garantir le respect du seuil de décontamination de 1 000 Bq d'uranium par kilogramme de matière et un débit de dose de 0,2  $\mu\text{Gy}$  par heure à l'intérieur des bâtiments ».*

Si le critère de 1  $\mu\text{Gy/h}$  était appliqué, un travailleur dont l'activité se déroule majoritairement à l'extérieur, serait susceptible de recevoir une exposition annuelle (sur 2000 heures) de 2 milliSieverts, soit 2 fois supérieure à la limite maximale annuelle admissible pour le public (et ceci du seul fait de l'exposition externe, sans compter les doses liées à l'ingestion et à l'inhalation de particules d'uranium).

**L'utilisation de telles limites conduirait à restreindre l'utilisation du site à des travailleurs DATR (Directement Affectés aux Travaux sous Rayonnements), qui bénéficient d'une formation à la radioprotection et d'un suivi médical spécifique.**

La direction de la CRIIRAD a rencontré, il y a quelques mois, un responsable de la Direction Générale de la Santé (Monsieur Godet du Bureau de la Radioprotection au Ministère de la Santé), pour évoquer le problème de ces critères de décontamination. Ce responsable a

indiqué qu'à sa connaissance, il n'existait pas, au Ministère, de dossier scientifique permettant de justifier le choix de tels critères et qu'un dossier méthodologique était en cours de préparation à l'IPSN.

**Ces critères anciens doivent donc être considérés comme périmés.**

La procédure la plus satisfaisante serait évidemment de procéder à l'assainissement total des sols du site, de manière à garantir que l'exposition restera inférieure au seuil du risque négligeable (10 microSieverts par an). Si tel n'est pas le cas, il faut fixer en préalable le niveau de risque résiduel qui subsistera lors de la future réutilisation du site, dans le cas où une contamination résiduelle serait admise. Ce niveau de risque, qui doit être exprimé en niveau de dose, permettra de déterminer un seuil de contamination résiduelle en uranium acceptable. ]

Les débats ultérieurs concernant les critères de décontamination sont résumés dans la note CRIIRAD du 17 septembre 2002 qui reprend le texte ci-dessus et le complète en particulier au paragraphe 2.6 reproduit ci-dessous :

**[Débats concernant le protocole de décontamination**

Lors de la réunion du **19 novembre 2001**, le CEA a présenté les principales lignes de son projet. Le critère de décontamination invoqué par le CEA étant de **5 000 Bq/kg en uranium**, le représentant de la CRIIRAD a rappelé que ce critère n'avait pas de valeur scientifique ni réglementaire et qu'il convenait préalablement à toute décontamination de déterminer le niveau de pollution résiduelle « acceptable ».

La CRIIRAD a rappelé à cette occasion que la procédure de décontamination devait être adaptée pour tenir compte de la difficulté de détection d'une contamination par de l'uranium.

En effet, le critère évoqué par le CEA (décontamination jusqu'à retrouver un flux gamma à la surface du sol inférieur à 3 fois le bruit de fond) ne permet pas de garantir que l'activité résiduelle en uranium de la couche superficielle des sols est inférieure à 5 000 Bq/kg (et encore moins si cette contamination est enfouie à quelques centimètres sous la surface ou si l'on adopte un critère de décontamination plus restrictif).

Lors de la réunion du **14 février 2002**, le CEA et le professeur Guillaumont ont cependant confirmé que le critère arbitraire utilisé comme un critère opérationnel pour la pré-détection des anomalies radiométriques résiduelles (niveau de rayonnement gamma au contact du sol 3 fois supérieur au bruit de fond naturel) serait maintenu comme critère d'assainissement.

La CRIIRAD a rappelé à nouveau que ce critère, basé sur l'excès de rayonnement gamma en surface du sol, ne permettait pas de garantir la détection de terres sous-jacentes, contaminées à 5 000 Bq/kg en uranium et que puisque des travaux d'assainissement étaient entrepris, le principe d'optimisation de la protection imposait de ramener la situation au bruit de fond.

La CRIIRAD a rappelé de plus que le critère de 5 000 Bq/kg en uranium évoqué par la DGS ne présentait pas des garanties sanitaires satisfaisantes.

Le professeur Guillaumont a précisé qu'il avait écrit à la DGS le 11 janvier 2002. En l'attente d'une réponse, il a maintenu le critère d'assainissement à 5 000 Bq/kg et a précisé qu'à l'issue de la décontamination, le CEA réaliserait des prélèvements d'échantillons en fond de fouille afin de vérifier a posteriori qu'une éventuelle activité résiduelle en uranium serait inférieure à 5 000 Bq/kg. **Le CEA a indiqué qu'il ne voyait pas l'intérêt d'aller plus loin compte tenu des coûts (1,5 MF pour les 200 m<sup>2</sup>) et du fait qu'il n'y aurait à l'avenir aucune activité autorisée dans le fort. ]**

La note CRIIRAD du 17 septembre 2002 indique également :

[La DRIRE a précisé lors de la réunion du 14 février 2002 qu'elle utilisait désormais comme référence le guide méthodologique de l'IPSN avec le principe qu'on ne peut banaliser un site que si l'exposition est inférieure à 10 microSieverts<sup>1</sup>.]

### 1.4.3. Travaux complémentaires effectués par le CEA en 2001 dans la casemate TC1

Le CEA a procédé le **26 juin 2001**, en présence de représentants des associations à la mesure par spectrométrie gamma des points chauds dans la casemate TC1.

Des extraits du compte rendu de cette intervention, communiqué par le CEA à la CRIIRAD le 9 novembre 2001 sont reproduits ci-dessous :

#### [PC 4

Le CEA précise : « Une émission quasi ponctuelle correspondant à de l'**uranium** a été constatée dans le béton. La source n'est pas accessible ; **les essais d'enlèvement au marteau n'ont pas abouti**. Taux de comptage « au plus près » 200 c/s SPP2 (Bruit de fond de 80 c/s) ».

#### PC 5

Le CEA précise : « La présence d'**uranium** a été mise en évidence sur l'extrémité du tuyau. Taux de comptage 400 c/s SPP2 (bruit de fond de 80 c/s). Cette contamination a pu être éliminée par grattage. Après contrôle, ce point est **considéré comme étant assaini**. Pesée du fragment séparé 3,6 g.».]

**Ce compte rendu du CEA ne porte pas mention du point CEA 1, la CRIIRAD ne dispose dans ses archives 2001-2002 d'aucune information sur les conditions et la date de détection de ce 3eme point chaud, à l'exception d'une photographie datée du 14 mai 2002 sur laquelle est visible le marquage à la peinture jaune au point CEA 1 (cf. page suivante).**

La CRIIRAD n'a pas assisté aux travaux ultérieurs de décontamination conduits par le CEA dans la casemate TC1 et n'a pas effectué de vérification de la qualité de la décontamination de cette casemate, ce travail ayant été effectué en mai 2002 par le laboratoire SUBATECH mandaté par le CEA.

---

<sup>1</sup> Le CEA a fait répéter ce chiffre. La DRIRE l'a confirmé.

Points chauds PC4 et PC5 (délimités rose) détectés par la CRIIRAD en 2001 dans la casemate TC1 et point chaud CEA1 (délimité en jaune) / Crédit photo : CRIIRAD, 14 mai 2002



## 1.5. Situation actuelle du site de Vaujours

Par Arrêté inter préfectoral du 22 septembre 2005, les préfets de Seine-et-Marne et de Seine-Saint-Denis ont instauré des **servitudes d'utilité publique** suite à la demande d'abandon du site du centre de Vaujours.

Cet arrêté limite l'occupation du site à des activités d'industrie ou de services à l'industrie ou assimilées.

Il mentionne les risques liés à la présence de **munitions anciennes**, de **particules explosives** pouvant être présentes dans les canalisations qui ont servi à l'évacuation d'effluents liquides, d'une « éventuelle » **radioactivité résiduelle** dont la présence impose une consultation préalable de l'IRSN sur les modalités d'exécution « *des travaux de terrassement, d'excavation ou intervention sous la surface du sol, notamment les réseaux de collecte des eaux pluviales* ».

Une grande partie du site a été ensuite acquise par la société **PLACOPLATRE** qui envisage d'y exploiter une **carrière de gypse** pour alimenter son usine proche.



## 2. POLEMIQUE CONCERNANT LA CASEMATE TC1 POSTERIEUREMENT A 2011

Monsieur **Christophe Nedelec**, représentant de l'association « Les Abbesses de Gagny-Chelles » a relevé le **9 mai 2011** une contamination résiduelle dans la casemate TC1 : en particulier une mesure réalisée avec un compteur Geiger RADEX a indiqué<sup>2</sup> 3 µSv/h au contact du point CEA1. (Repéré à la peinture jaune). Cette valeur environ **30 fois supérieure** au niveau naturel, si elle est confirmée, semble traduire un oubli ou un traitement insuffisant par le CEA.

**Photo : mesure effectuée au point CEA1 avec un RADEX par M. Nedelec le 9 mai 2011 (crédit photo : Christophe Nedelec)**



La **CRIIRAD**, qui n'était pas présente au moment de ces mesures ne pouvait évidemment s'engager sur leur qualité. Mais elle a indiqué dans la note du **3 décembre 2012** adressée aux membres de la CLCS (Commission Locale de Concertation et de Suivi de la carrière de gypse exploitée par l'entreprise PLACOPLATRE) : « *Ces résultats doivent être pris en compte. En effet, au contact d'une surface contaminée par de l'uranium appauvri, le RADEX garantit une bien meilleure sensibilité de détection que des scintillomètres comme le DG5 ou le SPP2 ou des débitmètres gamma. En effet, le RADEX prend en compte les émissions gamma de très basse énergie ainsi que les rayonnements bêta. La « dose » obtenue avec le RADEX au contact de l'uranium appauvri ne peut être utilisée directement pour un calcul dosimétrique, par contre l'appareil peut être utilisé pour repérer des contaminations* »

Les résultats obtenus par monsieur Nedelec ont en effet régulièrement été mis en cause par le CEA et par Placoplâtre qui indique sur son site que « *En mai 2011, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) a établi une étude radiologique de surface. Des relevés de contrôle ont alors été réalisés sur les points singuliers identifiés par les études radiologiques menées par la CRIIRAD et SUBATECH en 2001.../... Ces contrôles au radiamètre n'ont révélé aucune mesure anormale par rapport au niveau de radioactivité régional naturel* ».

Le rapport DEI/SIAR N°11/0453 de l'IRSN a finalement été mis en ligne sur le site de PLACOPLATRE postérieurement au 5 février 2014. Ce rapport ne mentionne pas de résultats de

<sup>2</sup> Voir video : <http://www.youtube.com/watch?v=QjTdxAThhX0>

mesures au niveau du point CEA1, et ne donne pour les points PC4 et PC5 que des résultats portant sur le débit de dose gamma au contact avec des valeurs de 50 nSv/h.

L'IRSN conclu : « *Les mesures de débit d'équivalent de dose effectuées sur les points singuliers, les zones assainies en 2001 et 2002 et dans les casemates n'ont mis en évidence aucune élévation du niveau de radioactivité ambiant, hormis au niveau des points PC6 et PC7* ».

**Le rapport 2011 de l'IRSN, qui ne mentionne que les contrôles effectués aux points PC4 et PC5, ne met donc en évidence aucune anomalie radiologique dans la casemate TC1.**

Un compte rendu intitulé « *Site du fort de Vaujourn, résumé des mesures pratiquées lors de la visite du 3 octobre 2011* » fait état des mesures réalisées par l'IRSN sur les points chauds PC4, PC6 et PC7 lors d'une visite de site effectuée le **3 octobre 2011** en présence de la plupart des associations faisant partie de la CLCS.

Ce compte rendu ne semble pas traiter de mesures effectuées au niveau du point contaminé CEA1 puisque ce point n'est pas cité. Pourtant monsieur Hélios Buissart, ancien vice-président de l'association l'effort de Vaujourn, nous a affirmé que, le 3 octobre 2011, il a prêté son RADEX à l'IRSN, l'IRSN aurait obtenu 0,7 µSv/h au contact du point CEA1, soit une valeur environ 7 à 10 fois supérieure au niveau naturel de base. Ce résultat aurait dû conduire les experts de l'IRSN à effectuer des contrôles approfondis du niveau de contamination alpha-bêta-gamma.

En **mai 2013**, PLACOPLATRE a commandé à la société **BURGEAP-NUDEC** une nouvelle série de mesures au point CEA1. Ces mesures effectuées avec 5 appareils professionnels différents n'ont pas révélé d'anomalie radiométrique (cf. en [Annexe 4](#) un extrait du site internet de PLACOPLATRE).

Le **6 février 2014**, le CEA effectue à nouveau des mesures dans la casemate TC1 en présence d'élus locaux et de sénateurs et ne détecte également **aucune radioactivité anormale**.

La CRIIRAD n'a cessé dans cette affaire d'expliquer que les différences de résultats étaient probablement dues au fait que les appareils utilisés par le CEA, l'IRSN ou BURGEAP-Nudec n'étaient pas adaptés et/ou que les mesures n'avaient pas été effectuées au contact de la zone contaminée.

La CRIIRAD a ainsi mis en ligne sur son site le **6 février 2014** une vidéo expliquant l'intérêt et les limites du RADEX dans le cas particulier de la recherche de fragments d'uranium anthropique (naturel ou appauvri). Le RADEX détecte la contamination d'un carreau contaminé à l'uranium appauvri (valeur plus de 100 fois supérieure au niveau naturel), alors qu'un débitmètre gamma ne détecte presque pas d'augmentation du débit de dose.

Cette vidéo a été complétée le **7 février** par une seconde qui montre la forte différence entre dose en profondeur Hp10 et dose à la peau Hp0.07 dans le cas de l'uranium appauvri. Des explications et un lien vers ces vidéos sont accessibles à l'adresse :

<http://www.criirad.org/vaujourn/detection-uranium-appauvri-vaujourn.html>

### 3. MESURES DU 25 FEVRIER 2014 DANS LA CASEMATE TC1

#### 3.1. Contexte et objectifs

PLACOPLATRE a demandé aux préfetures concernées qu'elles organisent des mesures contradictoires dans la casemate TC1.

PLACOPLATRE avait également demandé à la CRIIRAD lors d'un entretien téléphonique en date du **22 janvier 2014** que la CRIIRAD se prononce sur le projet d'ouverture d'une carrière de gypse au droit du fort central et participe en outre à l'exercice comparatif qui serait organisé par l'ASN.

La CRIIRAD a décliné cette invitation dans une lettre ouverte en date du **5 février 2014** accessible sur le site : <http://www.criirad.org/actualites/dossier2014/vaujourns/5-fev-2014.pdf>

Cependant, compte tenu de l'intensité de la polémique sur la question de savoir si le point CEA1 était ou non contaminé, et du fait que certains utilisaient cette polémique pour minimiser la contamination résiduelle du fort de Vaujourns, la CRIIRAD a indiqué à PLACOPLATRE par courriel en date du **11 février 2014** qu'elle était prête à participer aux mesures dans la casemate TC1, cette opération étant effectuée sur les fonds propres de l'association CRIIRAD

Le courriel CRIIRAD du 11 février 2014 est téléchargeable à l'adresse : <http://www.criirad.org/vaujourns/CRIIRAD-Placoplatre-11-fev2014.pdf>

La préfeture a saisi l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) qui a mandaté l'expert officiel de l'Etat, l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) pour l'élaboration d'un **protocole de mesures** et sa mise en œuvre.

La CRIIRAD a pu prendre connaissance de ce protocole le lundi **24 février 2014** et a informé l'ASN de sa désapprobation par courriel reproduit en [Annexe 1](#).

La CRIIRAD dénonce le fait que l'IRSN, dont le diagnostic effectué dans la casemate TC1 en 2011 est contesté, soit en charge de rédiger le protocole qui a justement pour objet de faire la lumière sur la contamination ou l'absence de contamination. La CRIIRAD demande en outre que des essais soient effectués, avec les différents appareils utilisés, sur un carreau dont une face contient de l'uranium appauvri.

Compte tenu de l'enjeu du dossier, le responsable du laboratoire de la CRIIRAD, monsieur B. Chareyron s'est néanmoins rendu sur le site de PLACOPLATRE, le **25 février 2014** à 14H pour assister à la réunion préalable à la réalisation des mesures puis à la campagne de mesures effectuées par les laboratoires mandatés par l'ASN (IRSN et ACRO), dans la casemate TC1.

#### 3.2. Réunion préalable sur le site de PLACOPLATRE

Lors de la réunion préalable l'IRSN et l'ACRO ont présenté les objectifs et les appareils qui allaient être utilisés.

Monsieur Chareyron, responsable du laboratoire de la CRIIRAD, est intervenu pour rappeler aux personnes présentes et tout particulièrement aux représentants de PLACOPLATRE et aux élus locaux que l'objectif principal des mesures était de répondre à la question de savoir s'il restait ou non une contamination radioactive dans la casemate TC1 et que la question de l'évaluation de l'impact dosimétrique en fonction de la nature des travaux qui pourraient être menés à l'avenir sur le site était complexe et nécessitait d'autres moyens.

**Photo : Intervention de la CRIIRAD dans la salle de réunion PLACOPLATRE avant transfert sur le site de Vaujours (crédit photo : Marc Planeilles)**



### **Contamination résiduelle du fort de Vaujours**

La CRIIRAD a rappelé également, que, quels que soient les résultats des contrôles qui seraient effectués dans la casemate TC1, il subsistait sur le site de Vaujours une contamination par l'uranium (et d'autres polluants chimiques et explosifs).

### **Vérification des performances des appareils de mesure**

S'agissant de l'uranium, cette contamination est reconnue par le CEA qui a précisé dans une liste de questions réponses de début février 2014 : *« Seul un comblement avec du béton de canalisations enterrées et d'un puisard a été réalisé en raison de l'impossibilité d'assurer la décontamination totale d'une pollution résiduelle jugée faible. Ainsi, l'ampleur des travaux qu'aurait nécessités cette décontamination était hors de proportion avec la faible contamination résiduelle de cette zone du Fort de Vaujours. En effet, ces canalisations avaient fait l'objet d'un contrôle ayant conduit à des valeurs de radioactivité faibles, de l'ordre de 10 fois le bruit de fond »*.

La CRIIRAD a demandé également que soit vérifiée publiquement la capacité des différents appareils apportés par les différents intervenants à détecter la radioactivité émise par un **carreau de cuisine** dont une face comporte des colorants à **l'uranium appauvri (environ 2 000 Bq d'uranium 238)**.

La CRIIRAD a montré que la radioactivité était nettement supérieure au bruit de fond en utilisant un contaminomètre alpha-bêta-gamma MCB2 (400 c/s pour un bruit de fond inférieur à 2 c/s), mais qu'elle n'était pratiquement plus détectable lorsque le carreau était mis à l'envers. Monsieur Chareyron a utilisé ce constat pour expliquer que la détection des fragments d'uranium encore présents à Vaujours nécessitait l'utilisation de matériels de mesure adaptés et des contrôles pratiquement centimètre carré par centimètre carré effectués **au contact direct** des matériaux à tester.

Monsieur Chareyron a ensuite montré qu'au contact de la face radioactive du carreau on ne détectait pas d'augmentation significative du taux de radiation en utilisant un scintillomètre gamma SPP2.

La mesure effectuée par l'IRSN avec sa sonde gamma (AD6+ADb, bruit de fond de 40 nSv/h) a conduit également l'intervenant de l'IRSN à conclure « **Pas d'élévation du niveau de radioactivité** », alors que la contamination en uranium 238 du carreau était de 2 000 Becquerels environ.

### 3.3. Appareils utilisés par la CRIIRAD

La CRIIRAD avait apporté 4 appareils différents et par manque de temps n'a pu en utiliser que 3. Leurs caractéristiques sont données dans le tableau T1 ci-dessous. Les certificats d'étalonnage et de vérification des appareils professionnels utilisés par la CRIIRAD sont reproduits en [Annexe 2](#) et [3](#).

T1 / appareils utilisés par le laboratoire de la CRIIRAD le 25 février 2014.

Appareil	Nature	N° Série	Date Vérification	Gamme d'Energie	Gamme de Mesure
SPP2 NF	Scintillomètre gamma	3898	16/01/2014 (usine)	X, $\gamma$ 30 keV à 3,5 MeV	0 à 15 000 c/s
Radex RD 1503	Compteur Geiger Bêta-Gamma	13-100	26/3/2013 (contrôle interne à l'achat). Dernier contrôle interne : 24/2/2014	X, $\gamma$ 100 keV à 1,5 MeV / $\beta$ 0,35 à 1,5 MeV	0,05 à 9,99 $\mu$ Sv/h
MCB2	Contaminomètre $\alpha\beta\gamma$	314	16/3/12 (dernier contrôle usine) - 28/6/13 (dernier contrôle interne)	$\alpha$ , $\beta$ > 30 keV, $\gamma$	0,2 (1) à 9999 c/s

Le **SPP2** est un **scintillomètre gamma** très sensible utilisé par les prospecteurs d'uranium. Il est très performant pour rechercher la présence **d'uranium naturel non séparé de ses descendants**. Dans la nature, l'uranium qui n'a pas subi de traitement chimique par l'homme est en effet accompagné de tous les radionucléides de sa chaîne de désintégration dont le plomb et le bismuth 214 qui sont de puissants émetteurs gamma. Par contre, lorsqu'il s'agit, comme c'est le cas à Vaujourn, d'uranium industriel de type uranium métal concentré et purifié par l'homme, les émissions gamma deviennent secondaires par rapport aux émissions alpha et bêta. Les scintillomètres gamma peuvent alors être utilisés pour une prédétection visant à repérer les contaminations les plus importantes, mais ne sont pas suffisants pour repérer des contaminations surfaciques plus modestes. Dans le cadre des prédétections effectuées en 2001, la CRIIRAD avait utilisé des scintillomètres gamma SPP2 et DG5, car il s'agissait justement de repérer les points chauds les plus actifs et non pas d'effectuer un contrôle approfondi.

Pour effectuer un diagnostic approfondi, il faut utiliser d'autres appareils comme par exemple des **contaminomètres alpha-bêta-gamma** qui présentent une meilleure capacité de détection de l'uranium anthropique (naturel ou appauvri). Il faut en outre effectuer des contrôles minutieux, pratiquement  $\text{cm}^2$  par  $\text{cm}^2$  en posant l'appareil au contact des matériaux à tester et en disposant de temps car la stabilisation des mesures peut nécessiter une trentaine de secondes. La CRIIRAD a utilisé le 25 février 2014 un **contaminomètre MCB2** de marque Canberra. Toutes les mesures ont été effectuées **sans capot**, de manière à permettre la détection des rayonnements alpha et bêta de basse énergie.

La CRIIRAD a utilisé également un **compteur Geiger RADEX 1503**. Il s'agit d'un appareil de même type que celui qui avait été utilisé par les associations en mai 2011 et avait permis à monsieur Nedelec de conclure à un taux de radiation 30 fois supérieur à la normale au contact du point CEA1. Cet appareil détecte les rayonnements **bêta et gamma** mais n'est pas sensible aux rayonnements alpha. Comme expliqué dans le document CRIIRAD de **décembre 2012** et les vidéos mises en ligne par la CRIIRAD les **6 et 7 février 2014**, cet appareil peut être performant pour mettre en évidence une contamination radioactive. Par contre, les résultats des mesures, (exprimés en  $\mu\text{Sv/h}$ ) doivent être utilisés avec prudence pour un calcul dosimétrique. En particulier, lorsqu'il y a une composante bêta ou des rayonnements gamma de basse énergie, ce qui est le cas pour des mesures au contact de l'uranium appauvri, les valeurs correspondent davantage à une dose à la peau ( $H_p 0.07$ ) qu'à une dose en profondeur ( $H_p 10$ ).

### 3.4. Déroulement des mesures

Deux bus affrétés par PLACOPLATRE ont permis d'acheminer l'ensemble des participants sur le site de l'ancien fort CEA de Vaujours (élus, journalistes, représentants associatifs, techniciens, etc..)

**Photo : entrée du fort de Vaujours (crédit photo : Marc Planeilles)**



L'entrée de la casemate TC1 est murée et munie d'une porte fermant à clef.

Les mesures ont été effectuées par les deux organismes mandatés par l'ASN (IRSN et ACRO), par la CRIIRAD, et pour une partie d'entre elles, par monsieur Christophe Nedelec (membre du Collectif Sauvons la Dhuis).

Les mesures ont été effectuées en présence de 2 représentants de l'ASN, de représentants de PLACOPLATRE et d'un huissier de justice.

L'ensemble des mesures a été filmé par PLACOPLATRE.

Une partie des mesures a pu être filmée par monsieur Nedelec, monsieur Marc Planeilles (riverain du site et réalisateur indépendant) et des journalistes de France 5, Canal + et Actu-Environnement qui ont en outre recueilli les premières appréciations de la CRIIRAD à l'issue des mesures au point CEA1 puis à l'issue de l'ensemble des mesures (PC4 et PC5).

La réalisation des mesures a été particulièrement difficile pour l'intervenant CRIIRAD qui devait prendre en charge à la fois la réalisation de ses propres mesures, le suivi de celles réalisées par les autres organismes, la prise de notes (même s'il a porté en permanence un audiophone lui permettant d'enregistrer les résultats de ses mesures en direct), tout ceci dans un local exigu qui présentait des risques de contamination. Ces risques ont entraîné une vigilance particulière pour ne

pas toucher les surfaces contaminées et limiter la remise en suspension des fines particules (contrairement à ce qui se serait passé dans le cadre d'un chantier de démolition).

De plus, M. Chareyron a dû intervenir pour donner aux personnes présentes des informations sur le déroulement des mesures et les premiers résultats obtenus, et effectuer des interviews pour les journalistes présents.

### Remarques sur la radioprotection durant les mesures

L'intervenant CRIIRAD a porté en permanence un dosimètre de poitrine. Les appareils utilisés par la CRIIRAD ont été posés, lorsqu'ils n'étaient pas utilisés, dans le couloir d'accès entre le fond de la casemate présentant les 3 points (CEA1, PC4 et PC5) et la chambre de tir perpendiculaire.

A l'issue de l'intervention, monsieur Chareyron (CRIIRAD) a vérifié en particulier l'absence de contamination résiduelle sur ses chaussures (utilisation du contaminomètre MCB2).

En effet, il est clair que, compte tenu de la présence de fragments d'uranium non fixés aux surfaces contaminées, **l'intervention n'a pas été réalisée dans des conditions satisfaisantes sur le plan de la radioprotection. Les organisateurs de cette campagne de mesure auraient du prévoir un protocole adapté.**

**Photo : intérieur de la casemate TC1 durant les mesures (crédit photo : Marc Planeilles)**



Les mesures ont été effectuées dans 3 zones distinctes :

- Point 0 : enregistrement du **bruit de fond** ambiant, à l'entrée de la casemate, à 1 mètre au dessus du sol.
- Points de « **référence** ». Il s'agit de mesures au contact des murs (REF 1 et REF 3) et au contact du sol bétonné (REF 2 et REF 4), en des points de « référence ». En toute rigueur un point de référence devrait être un point non contaminé, constitué de matériaux de même nature que ceux présents au droit des points contaminés et présentant les mêmes caractéristiques géométriques.
- **Points chauds** repérés à la peinture dans le cadre des expertises antérieures à 2002, à savoir :
  - Point CEA1
  - Point PC4
  - Point PC5

En ce qui concerne le déroulement des mesures, la CRIIRAD a apporté les **contributions** suivantes :

- Privilégier la réalisation des mesures au contact, avec un **contaminomètre alpha-bêta-gamma** (sans capot) c'est-à-dire dans une configuration où les rayonnements alpha peuvent être détectés en plus des rayonnements bêta et gamma.
- Remettre en question le caractère de « **référence** » du point REF1 compte tenu de sa localisation entre des points contaminés PC4 et CEA1 et de manière plus globale remettre en question la notion même de « référence » compte tenu des contaminations mises en évidence au fond de la casemate. Ceci a conduit les participants à rechercher des points de « référence » complémentaires (REF2 et REF3), auxquels la CRIIRAD a ajouté REF4.
- Attirer l'attention des participants sur le fait que les mesures réalisées successivement, au point **CEA1**, par les différents organismes, donnaient des résultats à la baisse et que la quantité de « **fragments et poussières** » au pied du barreau avait diminué en cours de mesure, ces fragments ayant été progressivement transférés au niveau du sol (la radioactivité anormalement élevée au niveau du point CEA1 semblait provenir en effet de poussières et fragments métalliques de couleur sombre situés au pied du barreau métallique vertical encastré dans le mur).
- Obtenir la réalisation de mesures au point **PC4bis** situé à une vingtaine de centimètres en dessous du point **PC4**., la CRIIRAD ayant détecté en ce point un taux de radiation nettement plus important qu'au point PC4 lui-même. Il convient de souligner que l'intervenant CRIIRAD a dû insister auprès de l'ASN pour que le point PC4bis soit mesuré par l'IRSN et l'ACRO, s'agissant d'un « point hors protocole ».
- Dans le secteur **PC5**, réaliser des mesures dans le tuyau métallique et pas seulement au sol.



### 3.5. Résultats obtenus par la CRIIRAD / Bruit de fond

Les résultats des mesures effectuées par la CRIIRAD à la station « Bruit de fond » sont reportés dans le tableau T2 ci-dessous.

**T2 / Mesures CRIIRAD / station « Bruit de fond »**

Appareil	Code	Position	Valeur	Moyenne	Observation sur la durée de la mesure
----------	------	----------	--------	---------	---------------------------------------

**Bruit de fond entrée Casemate (milieu galerie)**

SPP2 NF	BF	1 m du sol	40 c/s		Valeur stabilisée
Radex	BF	1 m du sol	0,07-0,07-0,08 $\mu$ Sv/h	0,073 $\mu$ Sv/h	3 cycles complets
MCB2	BF	1 m du sol	0,6 à 3,8 c/s	2,2 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes

En ce qui concerne le taux de comptage alpha-bêta-gamma MCB2 on retiendra une valeur de l'ordre de **2 c/s**.

Le débit de dose estimé avec le RADEX est de 0,07  $\mu$ Sv/h et le flux de photons gamma SPP2 de 40 c/s.

**Photo : intérieur de la casemate TC1 durant les mesures (crédit photo : Marc Planeilles)**



### 3.6. Résultats obtenus par la CRIIRAD / « Références »

Les résultats des mesures effectuées par la CRIIRAD au niveau des stations « Références » sont reportés dans le tableau T3 ci-dessous.

**T3 / Mesures CRIIRAD / stations « Références »**

Appareil	Code	Position	Valeur	Moyenne	Observation sur la durée de la mesure	Autres observations
----------	------	----------	--------	---------	---------------------------------------	---------------------

**"Référence" N°1 (angle de mur entre CEA1 et PC4)**

MCB2	REF1	Contact	2,6 à 5,6 c/s	4,1 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	
RADEX	REF1	Contact	0,26 $\mu$ Sv/h		1 cycle complet	
SPP2	REF1	Contact	45 c/s		Valeur stabilisée	

**"Référence" N°2 (au sol, au fond de la casemate, en face de PC5)**

MCB2	REF2	Contact	0,6 à 3 c/s	1,8 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	
MCB2	REF2	1 m du sol	0,2 à 1 c/s	0,6 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	

**"Référence" N°3 (angle de mur au niveau du premier décrochement avant secteur CEA1)**

MCB2	REF3	Contact	3,2 à 5,8 c/s	4,5 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	
------	------	---------	---------------	---------	----------------------------------	--

**"Référence" N°4 (au sol, à droite de PC5, à l'entr ée de la chambre de tir perpendiculaire)**

MCB2	REF4	Contact	0,2 à 2,2 c/s	1,2 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	Mesure non effectuée devant huisser
------	------	---------	---------------	---------	----------------------------------	-------------------------------------

En ce qui concerne le taux de comptage alpha-bêta-gamma MCB2 on retiendra une valeur moyenne inférieure ou égale à **2 c/s** pour les mesures au contact du sol bétonné de la casemate (REF 2 et REF4) et une valeur 2 fois supérieure (de l'ordre de **4 c/s**) pour les « références murs » REF 1 (angle de mur entre CEA1 et PC4) et REF3.

Il est possible que l'écart provienne de la différence de nature des matériaux, et des différences de géométrie, mais il est également possible qu'une part de l'écart provienne de la contamination des murs.

C'est pour cette raison que lors de la campagne de mesures, M. Chareyron (CRIIRAD) a demandé qu'il soit noté au compte rendu, le fait que la CRIIRAD contestait le choix des références ou plus exactement que pour la CRIIRAD, il n'était pas possible de garantir que les références correspondaient à des points exempts de contamination.

### 3.7. Résultats obtenus par la CRIIRAD / point « CEA1 »

Les résultats des mesures effectuées par la CRIIRAD à la station « CEA1 » sont reportés dans le tableau T4 page suivante.

La première mesure effectuée par la CRIIRAD au point CEA1, à la base d'une barre métallique verticale, au contact de poussières et fragments métalliques oxydés a donné un résultat MCB2 de 133 c/s soit une valeur **66 fois supérieure au bruit de fond**.

Au fur et à mesure de l'enchaînement des mesures par les divers intervenants et avec divers appareils, la CRIIRAD a constaté que les résultats obtenus étaient en diminution et que la quantité de poussières et fragments logés au pied du barreau métallique diminuait, ces matériaux tombant progressivement au sol.

Les différences de résultats entre les différents organismes au niveau du point CEA1 doivent donc être interprétées en tenant compte du transfert progressif de la contamination au sol au cours de l'enchaînement des mesures. **Pour une interprétation fine des mesures, il conviendrait de noter l'ordre dans lequel toutes ces mesures ont été effectuées.**

Les mesures effectuées par l'ACRO, puis par la CRIIRAD, au sol ont permis d'isoler **le fragment le plus actif** (photo ci-dessous) au contact duquel la CRIIRAD a mesuré **140 c/s MCB2** soit une valeur au moins **70 fois supérieure** à la référence obtenue sur le sol bétonné REF 2 et REF4 (< 2 c/s). Ce fragment a été échantillonné par l'IRSN pour analyse en laboratoire (spectrométrie gamma).

La CRIIRAD a demandé à l'ASN que l'IRSN effectue également un dosage isotopique de l'uranium afin de vérifier s'il s'agissait d'uranium naturel ou appauvri.

La CRIIRAD a effectué des mesures complémentaires au point CEA1, après que le fragment le plus actif ait été repéré au sol. Ces mesures ont confirmé que le taux de radiation alpha-bêta-gamma au point CEA1 était passé de 133 c/s (première mesure CRIIRAD) à une moyenne de 10 c/s qui reste 5 fois supérieure au bruit de fond, ce qui indique une contamination résiduelle.

Note : on remarquera que la mesure initiale du flux de rayonnement gamma effectuée par la CRIIRAD avec un SPP2 au point CEA1 n'est que légèrement supérieure au bruit de fond (55 c/s pour un bruit de fond de 40 c/s), alors que la mesure effectuée par la CRIIRAD avec un RADEX donnait des résultats 10 fois supérieurs au bruit de fond au contact du point CEA1. Ceci confirme que le RADEX (utilisé au contact de la surface contaminée), bien qu'étant un appareil grand public, est plus sensible que des scintillomètres gamma pour détecter la présence d'uranium anthropique.

**Photo : fragment radioactif échantillonné au sol au pied du point CEA1 et conditionné par l'IRSN en boîte plastique (Crédit photo : Marc Planeilles)**



**T4 / Mesures CRIIRAD / station « CEA 1 »**

Appareil	Code	Position	Valeur	Moyenne	Observation sur la durée de la mesure	Autres observations
----------	------	----------	--------	---------	---------------------------------------	---------------------

**Point contaminé CEA1 (contact)**

**Attention : au fur et à mesure des mesures, des poussières et fragments sont tombés au sol**

MCB2	CEA1	Contact / base barreau métallique sur poussières et fragments	133 c/s		valeur instantanée	Première mesure CRIIRAD en phase exploratoire
MCB2	CEA1	Contact / base barreau métallique sur poussières et fragments	55 à 124 c/s (selon position exacte)	89,5 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	Seconde mesure CRIIRAD (avant mesure par IRSN et ACRO)
Radex	CEA1	Contact / base barreau métallique sur poussières et fragments	0,74 et 0,83 µSv/h	0,79 µSv/h	2 cycles complets	
SPP2 NF	CEA1	Contact / base barreau métallique sur poussières et fragments	50-55 c/s		Valeur stabilisée	

**Point contaminé CEA1 (à 20 cm)**

**Attention mesures effectuées alors que des poussières et fragments sont tombés au sol**

MCB2	20 cm CEA1	à 20 cm	1 à 2,4 c/s	1,7 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	
RADEX	20 cm CEA1	à 20 cm	0,21 µSv/h		1 cycle complet	
SPP2 NF	20 cm CEA1	à 20 cm	45-50 c/s		Valeur stabilisée	

**Point contaminé CEA1 (à 50 cm)**

**Attention mesures effectuées alors que des poussières et fragments sont tombés au sol**

RADEX	50 cm CEA1	à 50 cm	0,12 µSv/h		1 cycle complet	
-------	------------	---------	------------	--	-----------------	--

**Secteur CEA1 : un des fragments tombé au sol au droit du point CEA 1**

MCB2	fragment CEA1 au sol	fragment très actif	140 c/s		valeur instantanée (pas le temps de faire recherche fine)	
------	----------------------	---------------------	---------	--	---	--

**Point contaminé CEA1 (mesures après qu'une grande partie des poussières et fragments soient tombés)**

MCB2	CEA1	Contact / base barreau métallique avec moins de poussières et fragments	8 à 25 c/s	16,5 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	1ere vérification par CRIIRAD avant contrôle sur fragments tombés au sol
MCB2	CEA1	Contact / base barreau métallique avec moins de poussières et fragments	5 à 15 c/s	10 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	2eme vérification par CRIIRAD après contrôle sur fragments tombés au sol

**Photo : B. Chareyron (CRIIRAD) contrôle le taux d'émission du fragment échantillonné au sol au pied du point CEA1 et conditionné par l'IRSN en boîte plastique**

**(Crédit photo : Marc Planeilles)**



La CRIIRAD a alors fait part de ses premiers constats aux personnes présentes à l'entrée de la casemate dont des journalistes. Ces constats sont résumés ainsi :

- Le point **CEA1 est effectivement contaminé** et les mesures effectuées par la CRIIRAD (taux de radiation alpha-bêta-gamma **70 fois supérieur à la normale**) permettent de confirmer la validité des constatations effectuées en mai 2011 par monsieur Nedelec (valeur obtenue avec un RADEX environ 30 fois supérieure à la normale).
- Le fait que des poussières et fragments se soient détachés du point CEA1 en cours de mesure et soient tombés au sol est un constat grave qui montre que la **contamination n'est pas fixée** et qui illustre les **risques de contamination par inhalation et ingestion** en fonction des travaux qui seront effectués dans la casemate.
- Le fait que les différents **organismes intervenus antérieurement** pour le compte de PLACOPLATRE (IRSN et BURGEAP-Nudec) et plus récemment le CEA le 6 février 2014, **n'ont signalé aucune radioactivité anormale** dans cette casemate constitue un fait grave d'autant que les constats de ces organismes ont été utilisés pour laisser croire qu'il n'y avait plus de contamination à l'uranium dans la casemate TC1 et plus globalement sur le site de Vaujours. Cette incapacité à détecter la contamination résiduelle est d'autant plus frappante que le point CEA1 était clairement marqué à la peinture jaune fluorescente et ce depuis 2002.

### 3.8. Résultats obtenus par la CRIIRAD / points PC4, PC4bis et PC5

A l'issue de l'interview évoquée plus haut, la CRIIRAD a rejoint l'ACRO et l'IRSN au fond de la casemate pour participer aux mesures aux points PC4 et PC5.

En effectuant le contrôle du point PC4, la CRIIRAD a noté **une radioactivité nettement supérieure à la normale à une vingtaine de centimètres au dessous du point PC4** (point PC4bis, taux de comptage MCB2 de 37 c/s soit une valeur **18 fois supérieure** au bruit de fond et aux références « sol béton » REF2 et REF4).

Les résultats des mesures effectuées par la CRIIRAD aux stations PC4, PC4bis et PC5 sont reportés dans le tableau T5 ci-dessous.

**T5 / Mesures CRIIRAD / stations PC4, PC4bis et PC5**

Appareil	Code	Position	Valeur	Moyenne	Observation sur la durée de la mesure	Autres observations
<b>Point contaminé PC4</b>						
MCB2	PC4	Contact	2,2 à 5,4 c/s	3,8 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	
<b>Point contaminé PC4 bis (détecté par CRIIRAD à environ 20 cm sous PC4)</b>						
MCB2	PC4 bis	Contact décrochement du mur	37 c/s		valeur instantanée	Hors protocole (point imposé par CRIIRAD)
<b>Point contaminé PC5</b>						
MCB2	PC5 dans tuyau métallique	Contact	2,2 à 5,4 c/s	3,8 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	Dans tuyau métallique (choix CRIIRAD)
MCB2	PC5 sol piqué	Contact	0,6 à 3,6 c/s	2,1 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	

En ce qui concerne les taux de comptage MCB2 obtenus par la CRIIRAD au point PC4 (3,8 c/s en moyenne) et dans la tuyauterie métallique au point PC5 (3,8 c/s), ces résultats s'inscrivent dans la gamme des « références murs » REF1 et REF3, mais sont environ 2 fois supérieurs aux valeurs du bruit de fond et aux mesures effectuées sur les références « sol béton ».

**Pour la CRIIRAD, compte tenu des variables rencontrées (matériaux de nature différente, conditions géométriques différentes), ces résultats ne permettent pas de conclure à l'absence de contamination au niveau des points PC4 et PC5. Des prélèvements et analyses fines en laboratoire permettraient de trancher.**

## 4. ANALYSES AU LABORATOIRE SUR LE FRAGMENT

### 4.1. Mesures radiométriques

Le fragment échantillonné par l'IRSN sur le sol de la casemate TC1 au droit du point CEA1 a été analysé par l'IRSN puis par l'ACRO.

Il a ensuite été transmis au laboratoire de la CRIIRAD et réceptionné le 19 mars 2014 (conditionné en boîte plastique de type Boîte de Pétri).

La masse du fragment est de 0,045 grammes (incertitude 20 %).

Les dimensions du fragment principal sont : 4,5 mm par 3,0 mm par 1 mm environ.

Les résultats des mesures radiométriques effectuées sur le fragment au laboratoire de la CRIIRAD sont reportés dans le tableau T6 ci-après.

La série de mesures A indique les résultats obtenus avec les différents appareils et donne le bruit de fond au laboratoire (radioactivité naturelle).

La série de mesure B porte sur la boîte plastique contenant le fragment. Le taux de radiation alpha-bêta-gamma au MCB2 sans capot est de 27,5 c/s en moyenne soit une valeur 34 fois supérieure au bruit de fond.

#### Mesures sur fragment nu

La série de mesures C porte sur le fragment nu maintenu sur adhésif et en position horizontale. Le taux de radiation alpha-bêta-gamma au MCB2 sans capot est de 58 c/s en moyenne soit une valeur 72 fois supérieure au bruit de fond. Sur le terrain, monsieur Chareyron avait obtenu une valeur de 140 c/s avec le MCB2 sans capot.

Il est très probable que le fragment réceptionné au laboratoire de la CRIIRAD ne représente qu'une partie du fragment initial.

La mesure de **débit de dose à la peau** (HP 0.07) effectuée avec un dosimètre opérationnel EPD MK 2.3 est de **150 microSieverts par heure**. Cette valeur est plus de **1 500 fois supérieure au bruit de fond**. La limite de dose à la peau pour le public (dose moyenne sur toute surface de 1 cm<sup>2</sup>) est de 50 000 µSv/an. Elle serait dépassée en cas de contact cutané supérieur à 334 heures soit 14 jours.

#### Influence de la distance

Les séries de mesures D à H portent sur le fragment recouvert d'un fin film plastique et maintenu en position verticale (cf photographies pages suivantes) à diverses distances des équipements de mesure. On constate que :

Les scintillomètres gamma de type SPP2 et DG5 ne détectent pas d'augmentation significative du taux de radiation au contact de l'échantillon.

Le débit de dose gamma H\*10 au contact de l'échantillon est 1,8 fois supérieur au bruit de fond.

Les appareils qui détectent le mieux les radiations émises par le fragment sont le RADEX (valeur 32 fois supérieure au bruit de fond au contact du fragment) et le MCB2 sans capot (valeur 75 fois supérieure au bruit de fond). Ces résultats confirment ce que la CRIIRAD indiquait dans sa note de décembre 2012 sur la nécessité de prendre en compte les mesures effectuées avec un RADEX, au point CEA1, par Monsieur Nedelec en 2011.

**T6 / Mesures radiométriques au laboratoire CRIIRAD sur fragment**

Appareil	Position	Valeur	Moyenne	Observation sur la durée de la mesure	Ratio mesure / bruit de fond
----------	----------	--------	---------	---------------------------------------	------------------------------

**A / Mesures du bruit de fond naturel ambiant dans la salle de préparation au laboratoire CRIIRAD**

SPP2 NF	Contact paillasse	35 c/s		Valeur stabilisée	
DG5	Contact paillasse	46 à 57 c/s	52 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	
MCB2 sans capot	Contact paillasse	0,4 à 1,2 c/s	0,8 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	
LB123D	Contact paillasse		0,076 µSv/h	5 mesures de 100 s	
Radex RD 1503	Contact paillasse	0,08 à 0,12 µSv/h	0,1 µSv/h	2 cycles complets	

**B / Mesures sur Boîte de Petri contenant le fragment à réception au laboratoire CRIIRAD**

SPP2 NF	Contact	35 c/s		Valeur stabilisée	
DG5	Contact	65 c/s		Max	
MCB2 sans capot	Contact	18 à 37 c/s	27,5 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	34,4

**C / Mesures sur fragment nu**

MCB2 sans capot	Contact	46 à 70 c/s	58 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	72,5
EPD Mk 2.3 (Hp 10)	Contact	< 1 µSv/h		Déduit de mesure intégrée sur 85 minutes	
EPD Mk 2.3 (H 0.07)	Contact		150 µSv/h	Déduit de mesure intégrée sur 85 minutes	

**D / Mesures sur fragment recouvert d'un fin film plastique (afin de maintenir les microfragments en place)**

SPP2 NF	Contact	35 c/s		Valeur stabilisée	
DG5	Contact	41 à 61 c/s	51 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	
MCB2 sans capot	Contact	45 à 76 c/s	60,5 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	75,6
Radex RD 1503	Contact (fente)		3,21 µSv/h	1 cycle complet	32,1
LB123D	Contact		0,137 µSv/h	5 mesures de 100 s	

**E / Mesures sur fragment recouvert d'un fin film plastique (afin de maintenir les microfragments en place)**

MCB2 sans capot	5 cm	6 à 13 c/s	9,5 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	11,9
Radex RD 1503	5 cm		0,55 µSv/h	1 cycle complet	5,5

**F / Mesures sur fragment recouvert d'un fin film plastique (afin de maintenir les microfragments en place)**

MCB2 sans capot	10 cm	2,2 à 3,4 c/s	2,8 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	3,5
Radex RD 1503	10 cm		0,25 µSv/h	1 cycle complet	2,5

**G / Mesures sur fragment recouvert d'un fin film plastique (afin de maintenir les microfragments en place)**

MCB2 sans capot	15 cm	0,6 à 2,2 c/s	1,4 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	1,8
Radex RD 1503	15 cm		0,21 µSv/h	1 cycle complet	2,1

**H / Mesures sur fragment recouvert d'un fin film plastique (afin de maintenir les microfragments en place)**

MCB2 sans capot	20 cm	0,2 à 1,0 c/s	0,6 c/s	gamme de valeurs sur 30 secondes	0,8
Radex RD 1503	20 cm		0,13 µSv/h	1 cycle complet	1,3

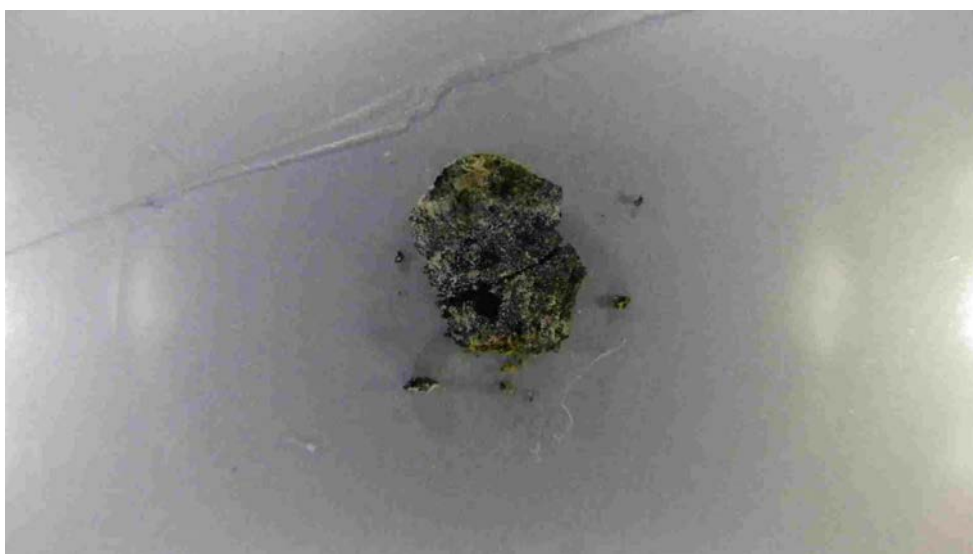


Le champ de radiation émis par le fragment diminue avec la distance. A 20 centimètres, ni le Radex, ni le MCB2 ne détectent d'anomalie radiométrique. Ceci permet d'illustrer le fait que les mesures effectuées par certains laboratoires à 50 cm du sol sont totalement inadaptées pour détecter les contaminations à l'uranium industriel, d'autant plus lorsque les appareils utilisés sont eux même inadaptés (non prise en compte du rayonnement bêta, X de basse énergie et alpha).

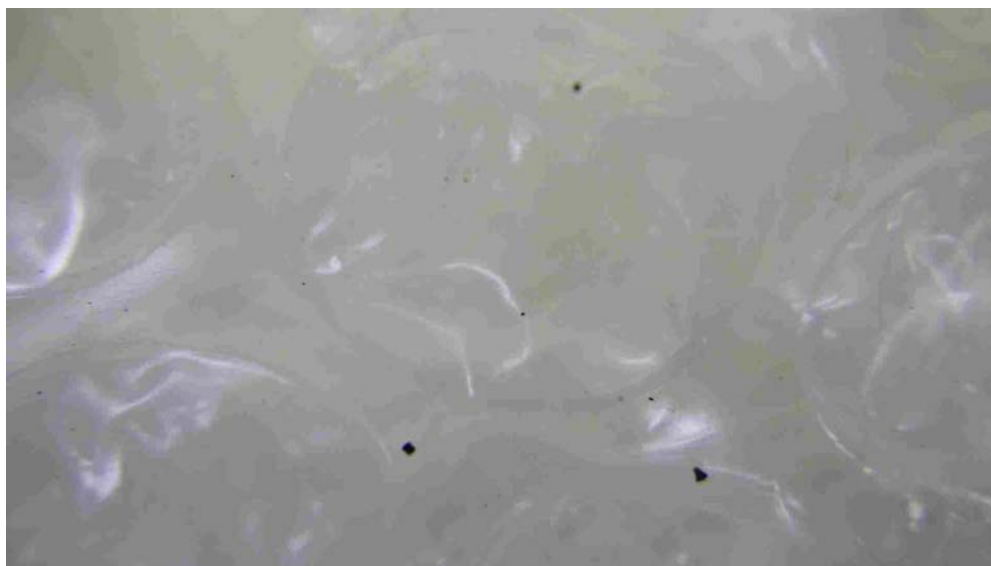
Comme le montrent les photographies ci-dessous, le fragment est friable et de très fines particules s'en détachent facilement.

Ceci illustre la nécessité de prendre en compte les risques liés à l'inhalation et à l'ingestion de poussières en fonction des activités pratiquées sur le site de Vaujours, de la granulométrie des fragments et de leur forme physico-chimique. Il convient de rappeler que l'inhalation de seulement 10 Becquerels d'uranium 238 (en équilibre avec U234 et dans une proportion U8/U5 naturelle) entraîne une exposition non négligeable au sens de la directive Euratom 96/29 (plus de 10 microSieverts). En outre, pour les formes physico-chimiques les plus pénalisantes, l'inhalation de 57 Becquerels peut même conduire à un dépassement de la dose maximale annuelle admissible.

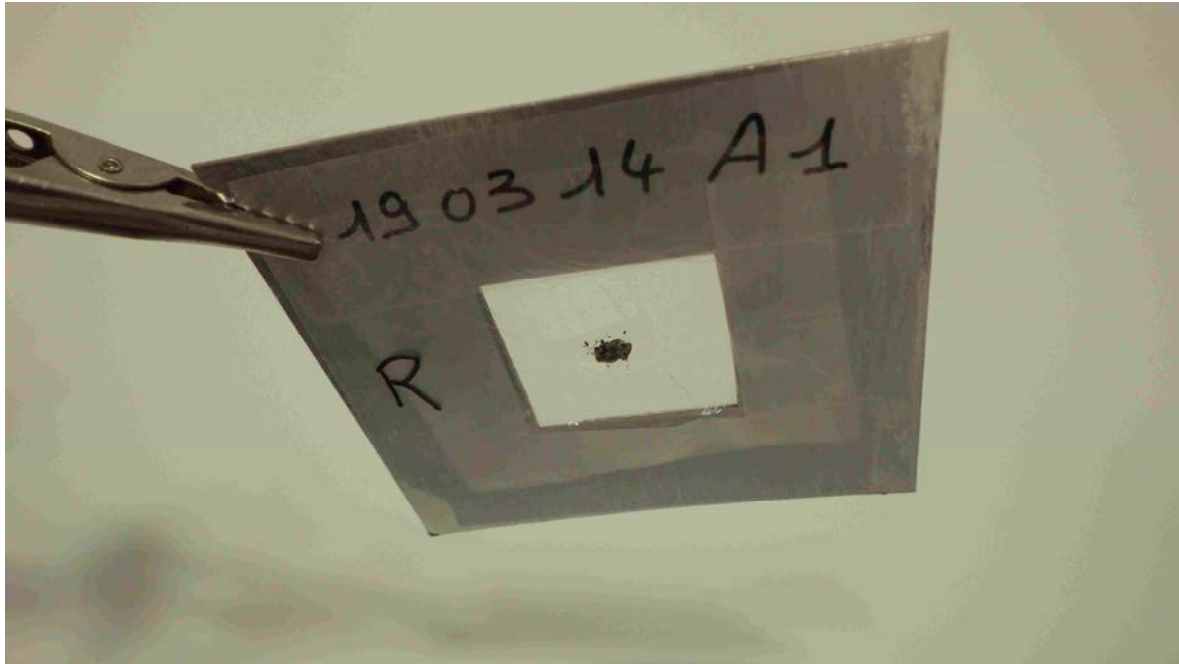
#### Vue du fragment



#### Vue de la boîte de Petri dans laquelle le fragment a été adressé à la CRIIRAD : des microfragments sont visibles



Vue du fragment immobilisé sous plastique



Mesure du taux de radiation en fonction de la distance



## 4.2. Mesures par spectrométrie gamma HpGe

Le fragment a été analysé par spectrométrie gamma HpGe au laboratoire de la CRIIRAD (Comptage N°C27684 du 20 mars 2014, durée : 30 110 secondes).

Le comptage a confirmé la présence de l'uranium 238 à travers ses 3 premiers descendants (thorium 234, protactinium  $^{234m}$  et uranium 234) et celle de l'uranium 235 et de son premier descendant, le thorium 231. L'activité de l'uranium 238 est de l'ordre de 350 Bq dans l'échantillon (incertitude estimée à +/-50 %). La forte incertitude est liée aux incertitudes sur la masse et sur le rendement de détection (autoatténuation et géométrie sensiblement différente de celle de l'étalon).

Les activités des descendants de l'uranium 238 à partir de l'uranium 234 sont inférieures aux limites de détection (Thorium 230 :  $< 8$  Bq, radium 226  $< 0,3$  Bq, Plomb 210  $< 0,7$  Bq).

Le rapport isotopique U238/U235 a été évalué selon la méthode décrite en Annexe 6. On obtient un rapport isotopique U238/U235 de  $21,0 \pm 1,0$ . Cette valeur est compatible avec celle associée à l'uranium naturel<sup>3</sup> (21,7).

Les activités des radionucléides émetteurs gamma de la chaîne du thorium 232 sont inférieures aux limites de détection (Actinium 228  $< 0,3$  Bq par exemple).

**Le fait que les descendants de l'uranium 238 à partir de U234 ne soient pas détectés démontre qu'il s'agit bien d'uranium industriel.**

**Lors des tirs à Vaujours, le CEA a utilisé de l'uranium industriel avec rapport isotopique correspondant à l'uranium appauvri et de l'uranium industriel avec rapport isotopique correspondant à l'uranium naturel.**

**Il s'agit d'un fragment d'uranium quasiment pur dont l'activité massique pourrait être de l'ordre de  $12,5$  MBq/kg (pour une pureté de 100 %) soit une valeur plus de 300 000 fois supérieure à la concentration moyenne de l'uranium dans l'écorce terrestre.**

---

<sup>3</sup> En outre, la CRIIRAD a demandé au laboratoire SUBATECH d'analyser par spectrométrie alpha, un microfragment. L'analyse indique que les isotopes 234 et 238 sont d'activité égale aux marges d'incertitude près (respectivement  $3,3 \pm 0,4$  et  $3,1 \pm 0,4$  Bq).

## 5. CONCLUSION / RECOMMANDATIONS

Les contrôles effectués par la CRIIRAD dans la casemate TC1 de l'ancien site CEA-DAM de Vaujours le 25 février 2014 en présence de l'ASN et des laboratoires mandatés par l'ASN (IRSN et ACRO) permettent de confirmer le constat effectué en mai 2011 par monsieur Christophe Nedelec, à savoir une **contamination résiduelle** au point CEA1 qui est pour la CRIIRAD, environ **70 fois supérieure** à la normale (contaminomètre alpha-bêta-gamma MCB2).

Les mesures effectuées confirment que la contamination au point CEA1 peut être mise en évidence avec des appareils comme le RADEX (appareil grand public qui détecte les rayonnements bêta et gamma) et surtout en ayant recours à des contaminomètres alpha-bêta-gamma, mais elle n'apparaît pas clairement lorsque l'on utilise des scintillomètres gamma ou des appareils qui mesurent le débit de dose gamma Hp10 comme ceux utilisés par l'IRSN en 2011.

La radioactivité anormale détectée au point CEA1 provient de **poussières et fragments métalliques oxydés d'uranium** comme le confirme l'analyse au laboratoire de la CRIIRAD du fragment le plus actif tombé au sol au cours des mesures et échantillonné le 25 février 2014 par l'IRSN. Malgré l'enlèvement du plus gros fragment, il restait le 25 février une contamination résiduelle au point CEA1 (d'après les mesures de la CRIIRAD) et il restait probablement également une contamination au sol au droit du point CEA1.

C'est pourquoi la CRIIRAD a demandé à PLACOPLATRE et à l'ASN le **28 février 2014** l'autorisation d'intervention de monsieur Nedelec muni d'un équipement de radioprotection et d'échantillonnage adhoc afin de **prélever les poussières métalliques** encore présentes au niveau du point CEA 1 et au sol au droit de ce dernier. En effet, s'il est évident, compte tenu de sa taille, que le fragment contaminé échantillonné par l'IRSN le 25 février 2014 au pied du point CEA1 n'est pas inhalable en l'état, d'autres microparticules métalliques de couleur noire visibles sur le sol au droit du point CEA1 pourraient être contaminées et à la fois ingérables et inhalables. Par ailleurs, sous l'effet de l'oxydation et des radiations alpha émises par l'uranium, des poussières et microfragments continueront à se détacher tant que les contaminations n'auront pas été enlevées. L'ASN a estimé qu'il n'y avait pas urgence à faire ces nouveaux prélèvements, qu'il convenait d'attendre la transmission des rapports des organismes présents lors des mesures, et a renvoyé la demande d'intervention CRIIRAD à PLACOPLATRE qui a indiqué le 28 février après midi à la CRIIRAD, par téléphone, que la demande ne pouvait être acceptée en l'état. L'examen au laboratoire de la CRIIRAD du fragment prélevé le 25 février a confirmé son caractère friable et la présence de microfragments dont certains pourraient être inhalables. Pour certaines formes physico-chimiques de l'uranium, **l'inhalation de 57 Becquerels d'Uranium 238 peut entraîner un dépassement de la dose maximale annuelle admissible**, or la concentration en uranium dans le fragment analysé est susceptible d'atteindre 12,5 millions de Becquerels par kilogramme soit **une valeur plus de 300 000 fois supérieure à la concentration moyenne de l'uranium dans l'écorce terrestre**

Les mesures du 25 février 2014 permettent de conclure en outre que :

- La casemate TC1 **n'a pas fait l'objet d'une décontamination satisfaisante par le CEA**. Si les débits de dose gamma ambiants sont effectivement proches du bruit de fond dans la casemate, certaines surfaces restent contaminées, qui plus est par une contamination « non fixée » donc avec des risques d'incorporation à l'homme plus ou moins élevés en fonction de la nature des activités pratiquées dans cette casemate.
- Comme la CRIIRAD l'indiquait dans ses rapports de 2001-2002, les critères de décontamination fixés alors par la DGS **ne permettent pas de garantir un état radiologique acceptable** en vue d'un usage futur du site, en particulier du fait des risques de contamination interne par ingestion et/ou inhalation de poussières, micro fragments et fragments contaminés par l'uranium qui est fortement radiotoxique et également toxique sur le plan chimique.
- Il est grave de constater que les **organismes spécialisés, comme Burgeap Nudac, et dont certains dépendent de l'Etat** (l'OPRI en 1998, l'IRSN en 2011) ne sont **pas en capacité de**

**détecter les contaminations** et d'effectuer un diagnostic fiable des risques radiologiques. La CRIIRAD a dénoncé cette situation dans un communiqué de presse en date du 26 février 2014. Voir <http://www.criirad.org/actualites/dossier2014/vaujours/26-fev-2014.pdf>

- La détection des **contaminations surfaciques résiduelles par l'uranium** dans l'ancien site CEA-DAM de Vaujours (dont la casemate TC1) nécessitera un contrôle extrêmement approfondi, **pratiquement cm<sup>2</sup> par cm<sup>2</sup>**, au moyen d'un **contaminomètre alpha-bêta-gamma**.
  - D'ores et déjà, il sera nécessaire de vérifier les points PC4 et PC5. Outre le point CEA1 qui reste contaminé, la CRIIRAD a montré en effet que le pourtour du point PC4 présente également une **radioactivité 18 fois supérieure au bruit de fond** (point **PC4bis**). La CRIIRAD a dû insister auprès de l'ASN pour que les mesures CRIIRAD soient consignées dans le compte rendu de l'IRSN et que des mesures soient également réalisées par l'IRSN et l'ACRO au point PC4 bis.
  - La CRIIRAD considère qu'il existe également une **suspicion de contamination** à l'intérieur du **tuyau métallique** horizontal au niveau du **point PC5**, des mesures complémentaires sont nécessaires pour trancher.
- S'agissant des **contaminations par l'uranium enfouies**, la situation est encore plus délicate. C'est pourquoi la CRIIRAD demande que le CEA précise la localisation exacte des zones contaminées qu'il a bétonnées (officiellement un puisard et des canalisations enterrées) et effectue une recherche dans ses archives ainsi qu'une enquête auprès de ses anciens travailleurs et sous-traitants afin de localiser les autres zones à risque (comme le **secteur CA 14** repéré par hasard par SUBATECH et CRIIRAD lors des mesures de 2001-2002).

Pour mémoire, les terres du secteur CA14 se sont révélées fortement contaminées par l'uranium (jusqu'à près de **150 000 Bq/kg**). Le CEA a dû procéder à l'assainissement de ce secteur en 2002 sur 950 m<sup>2</sup> et 70 cm en moyenne. Le CEA indique que 872 grammes d'uranium ont été ramassés sous forme de pépites isolées et 538 grammes mélangés à la terre. Cela a représenté 360 m<sup>3</sup> de terres transférées en juin 2002 au CEA Moronvilliers, puis sur le site TFA ANDRA, ainsi que 4 fûts de déchets et 20 big-bags. Le CEA indique que lors de l'assainissement : « *plusieurs centaines d'obus de 20, 25, 50 et 75 mm ont été déterrés* ». Or, selon une note du CEA d'octobre 2011 « *La zone CA 14 n'avait pas été contrôlée car non suspectée d'être contaminée* » « *Cette zone avait été l'objet d'entreposage de reblais contaminés avec de l'uranium appauvri* ». Pour la CRIIRAD, **les contrôles superficiels effectués en 2001-2002 ne permettent pas de garantir qu'il ne subsiste pas d'autres secteurs contaminés en surface, et a fortiori ne permettent pas de repérer des contaminations enfouies.**

Sur ce dossier, d'autres points sont à prendre en considération :

- Il conviendra d'étudier par des moyens adaptés la contamination résiduelle possible des zones de diffusion des effluents contaminés déversés dans les **puisards** et atteignant le sommet de la **première masse de gypse**.
- La CRIIRAD rappelle, comme indiqué dans ses rapports de 2001-2002 et sa note de décembre 2012, que le site de l'ancien fort de Vaujours **reste contaminé sur le plan radiologique, chimique (métaux lourds et autres substances), pyrochimique et pyrotechnique** et que la réalisation d'expertises poussées permettant la prise en compte de tous ces risques résiduels est un **préalable indispensable** à tout projet ultérieur d'usage de ce site. Le dossier d'abandon fourni par le CEA et les compléments apportés par les études conduites en 2001-2002 par CEA, SUBATECH, BURGEAP et CRIIRAD n'ont pas permis d'obtenir un niveau d'information suffisant sur ces risques.

- Ainsi, la CRIIRAD n'a pas pu obtenir du CEA en 2002 une liste exhaustive des **substances chimiques** utilisées à Vaujourn. Lors de la réunion publique du 25 février 2014 à Sevrans, monsieur Chareyron (CRIIRAD) a rappelé par exemple qu'à la lecture de l'ouvrage « Si Vaujourn m'était comté » écrit par d'anciens responsables du CEA-DAM on pouvait découvrir au gré des pages une liste impressionnante de composés chimiques<sup>4</sup>. Pour mémoire, la CRIIRAD avait dénoncé dans son rapport de septembre 2002, les insuffisances de l'étude sur la pollution chimique conduite en 1997 par le bureau GEOCLEAN. Quelques extraits sont reproduits en [Annexe 5](#).
- De même s'agissant des **substances radioactives résiduelles**, il convient de rappeler que le CEA a eu recours à des dizaines de substances radioactives différentes principalement sous forme de sources scellées et dans une moindre mesure de sources liquides (H3, C14, Na 22, Cr 51, Mn 54, Co 57, Co 60, Ni 63, Zn 65, Y 88, Sr 85, Sr 89, Sr 90, Cd 109, Sn 113, Ba 133, Ce 139, Cs 137, Ce 144, Pm 147, Eu 152, Tl 204, Po 210, Hg 203, Ra 226, U233, U235, Unat, Uapp, Pu 239, Am 241, Am-Be, Cf 252, Pu-Be). Le dossier d'abandon indique que ces sources ont été évacuées, mais il n'est pas exclu que des incidents aient pu conduire à des contaminations localisées. Pour mémoire, la CRIIRAD et SUBATECH avaient identifié en 2001-2002 des contaminations importantes par des fragments de paratonnerres au radium 226 et par de l'américium 241.

#### Liste des rapports CRIIRAD concernant le site de Vaujourn (2001-2002)

CRIIRAD, B. Chareyron, Participation de la CRIIRAD en 2001-2002 à l'expertise du site CEA DAM de Vaujourn (synthèse du 28 novembre 2002).

CRIIRAD, B. Chareyron, Note d'étape du 17 septembre 2002 V1 / Dossier Vaujourn, Synthèse et recommandations de la CRIIRAD au 17 septembre 2002 / Document de travail pour préparer la réunion du 18 septembre 2002.

CRIIRAD, B. Chareyron, Rapport d'étape 02-06 V1 « Contamination résiduelle des sols superficiels du site CEA-DAM de Vaujourn », 11 mars 2002.

CRIIRAD, B. Chareyron, Rapport d'étape Vaujourn 1, 11 mai 2001.

---

<sup>4</sup> Tétranitrométhane / nitrobenzène ; acide nitrique concentré / dinitrotoluène liquide ; hexogène (page 75), hexocire graphité ; aluminium, nitrate de baryum (page 76) ; octogène, nitrate de polyvinyle, dibutylphtalate, polybutadiène, TATB (page 77), hexolite, ELP (page 78), chimie du fluor (page 80), cyclohexanone ou acide acétique (page 88), amine nitroaromatique (page 89), sulfolane (page 91), acide cyanhydrique ou phosphine (page 91), oléum fumant (page 93), polyacrylate d'éthyle (page 93), etc.. « synthèse de polymères borés à partir de carboranes dont la toxicité nécessitait d'opérer en scaphandre » (page 93).

## ANNEXE 1 / Reproduction du courriel adressé par la CRIIRAD à l'ASN Paris, le 24 février 2014 à propos du protocole de mesure élaboré par l'IRSN

Bonjour monsieur Chrupek

Nous vous contactons en urgence après analyse du protocole élaboré par l'IRSN et discussions en interne.

Nous nous permettons de commencer par un bref rappel

**Mardi 11 février** nous écrivions à M. BOUCHET (Placoplatre) pour l'informer de notre accord pour la réalisation de mesures contradictoires à l'emplacement CEA 1. Nous lui indiquions notamment :

*« Nous pensons que ces différentes mesures ne sont probablement pas exclusives l'une de l'autre et que des explications pédagogiques permettraient de consolider une approche critique des résultats d'analyse et, si possible, d'obtenir des améliorations dans les méthodes de dépistage mises en œuvre sur les sites contaminés. »*

*Pour éviter toute controverse ultérieure, nous suggérons de convier à cette mesure les laboratoires et particuliers qui ont déjà effectué des relevés à l'emplacement CEA 1 et qui pourraient à cette occasion les renouveler (IRSN, BURGEAP NUDEC, M. Nedelec, etc...). Il importe que des élus, des représentants de la Préfecture, de l'ASN et des associations puissent y assister, ainsi qu'aux explications qui seront données. Si cela est matériellement possible, la présence de journalistes serait un gage de transparence, à défaut les différentes séances pourraient être filmées et mises en ligne dans les meilleurs délais. »*

**Vendredi 14 février**, nous apprenions par M. NEDELEC<sup>5</sup> que la **Préfecture de Seine-et-Marne** avait sollicité l'ASN « pour l'organisation d'une contre-expertise » sur ce point singulier CEA 1. Le courriel que l'ASN adressait à M. NEDELEC précisait également que l'ASN avait décidé de saisir sur ce sujet l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) et que celui-ci était en train d'élaborer le protocole de mesure.

**Ce choix pose problème. Le protocole de mesure est, en effet, l'élément clef du dossier.** Il décide de l'orientation des investigations et détermine quelles questions seront traitées et quelles questions seront mises de côté. Il importe donc d'éviter tout conflit d'intérêt. Or, l'IRSN est totalement impliqué dans le dossier Vaujourns. Il a réalisé, à notre connaissance, au moins deux études récentes sur le site de Vaujourns, des études dans lesquelles nous avons relevé un certain nombre d'anomalies, **dont certaines concernent directement l'objet de la contre-expertise.**

**La CRIIRAD considère qu'il n'est pas correct de désigner, comme juge d'un litige, l'une des parties au procès.**

**La lecture du protocole** – qui nous a été adressé vendredi dernier après-midi et que nous avons découvert et analysé ce matin – **a confirmé nos appréhensions.** Telles que définies, les opérations envisagées éviteront de répondre aux questions essentielles : Y a-t-il ou non présence d'uranium appauvri au point CEA1 ? Des appareils utilisés par les parties prenantes, lesquels sont le plus à même de mettre en évidence une contamination résiduelle à l'uranium appauvri ? Le protocole officiel de mesure à 1 mètre ou à 50 cm est-il adapté... ou permet-il de masquer des contaminations à l'uranium appauvri ?

---

<sup>5</sup> simple citoyen, auteur des mesures de 2011 au Radex

Et ce sera, là encore, à l'IRSN de procéder aux interprétations des résultats de mesures qu'il a étroitement verrouillées.

**En dépit de ces problèmes (et d'autres que nous n'avons pas le temps d'énumérer), le laboratoire de la CRIIRAD participera, ainsi qu'il s'y est engagé, à ce qui est prévu. Nous vous demandons cependant de bien vouloir ajouter un volet au protocole défini par l'IRSN.**

**Plusieurs modifications seraient nécessaires mais, vu les délais, nous nous limitons à une seule demande qu'il vous sera facile de satisfaire.**

N'ayant procédé à aucune mesure sur le point CEA1 et n'ayant aucune garantie sur son intégrité (les mesures de M. NEDELEC remontent à 2011), nous nous proposons, afin d'éviter que des interrogations persistent, d'apporter un carreau de carrelage de cuisine dont la coloration incorpore un pigment à base d'uranium appauvri, soit la même matière que celle mise en œuvre lors des tirs froids réalisés à Vaujourns. Son activité totale en uranium 238 est de l'ordre de 2 000 Bq<sup>6</sup>. L'objectif est de comparer les capacités des différents appareils à détecter la radioactivité de cet objet. L'idéal – mais le temps manquera peut-être – serait de placer cet objet sur le sol, recouvert par une mince couche de terre de façon à le rendre invisible, et de demander aux différents laboratoires et à M. NEDELEC d'essayer de le repérer, en appliquant la méthodologie qu'ils appliquent et préconisent.

L'objectif est de lever le doute sur des résultats d'analyse présentant des écarts importants. Or, pour la CRIIRAD, ces contradictions ne sont qu'apparentes... ce que notre proposition permettrait de démontrer tout en répondant à la question essentielle sur la capacité des différents intervenants à détecter une contamination à l'uranium appauvri et à permettre de l'assainir.

Compte tenu des enjeux, nous espérons que vous aurez à cœur de donner suite à notre demande.

L'honnêteté intellectuelle de chaque participant est engagée dans ce dossier. Il importe que nous sortions par le haut de la controverse.

Cordialement / B. Chareyron

---

<sup>6</sup> Nous vous le laisserons à disposition pendant quelques semaines afin que vous puissiez effectuer tous les contrôles que vous souhaiterez



**ANNEXE 2 / certificats de vérification-étalonnage des radiamètres professionnels utilisés par le laboratoire de la CRIIRAD le 25 février 2014 / SPP2**



**Constat de vérification**

Numéro de constat : 3912014-46-07204  
 Délivré à : CRIIRAD  
 Date de vérification : 18/01/2014  
 Nom de l'opérateur : JB.MOREL

**INSTRUMENT VERIFIE :**

Désignation	Constructeur	Type	N° série	Identifiant	Identif. client
SCINTILLOMETRE	SAPHYMO	SPP2NF	3858	103952	✓

Etat en entrée	Intervention réalisée	Etat en sortie	JUGEMENT
<input checked="" type="checkbox"/> Dans les spécifications <input type="checkbox"/> Hors spécifications <input type="checkbox"/> En panne <input type="checkbox"/> Endommagé	<input type="checkbox"/> Réparation <input checked="" type="checkbox"/> Vérification <input type="checkbox"/> Ch <sup>+</sup> batteries <input type="checkbox"/> Ajustage <input type="checkbox"/> Retour en l'état	<input checked="" type="checkbox"/> Dans les spécifications <input type="checkbox"/> Hors spécifications <input type="checkbox"/> En panne <input type="checkbox"/> Endommagé	<input checked="" type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Conforme après intervention <input type="checkbox"/> Non conforme <small>Aux conditions d'acceptation définies dans la procédure : 29287517</small>

**EQUIPEMENTS DE REFERENCE :**

Les équipements utilisés étaient de spécifications égales ou supérieures à celles requises dans la procédure du constructeur. Leur niveau de raccordement et la validité de ceux-ci étaient conformes aux exigences de notre système qualité.

**Liste des équipements de mesure utilisés :**

- Source de table n° :50830 Radio-élément : <sup>241</sup>Am Activité en Bq : 390KBq
- Source de table n° :125 Radio-élément : <sup>137</sup>Cs Activité en Bq : 265 958
- Multimètre : 1107
- Echelle de comptage de type : ECS1 n° :1007

**INCERTITUDES :** Les tolérances d'acceptation tiennent compte des incertitudes de mesure.

**LE RESPONSABLE :** Nom : C.Bourdais

Fonction : Responsable laboratoire.

Signature :

**MESURES REALISEES:** (C = CONFORME ; NC = NON CONFORME)

Opération	Tolérance	Valeur avant ajustage	Valeur après Ajustage	Observ.
<b>Contrôles effectués</b>				
3 Contrôle d'aspect	-	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	
4.1 Contrôle pile dans zone bleue + Contrôle néon	-	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	
5.1 Contrôle bruit de fond	< 75 c.s <sup>-1</sup>	50		
5.2 Vérification comptage	≥ 300 c.s <sup>-1</sup>	325		
<b>Recoupement gammes <sup>137</sup>Cs</b>				
15000 c.s <sup>-1</sup> / 5000 c.s <sup>-1</sup>	-	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	
5000 c.s <sup>-1</sup> / 1500 c.s <sup>-1</sup>	-	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	
1500 c.s <sup>-1</sup> / 500 c.s <sup>-1</sup>	-	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	
500 c.s <sup>-1</sup> / 150 c.s <sup>-1</sup> R	-	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	
500 c.s <sup>-1</sup> / 150 c.s <sup>-1</sup> L	-	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	
5.3 Vérification comptage à <sup>241</sup> Am	-	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	
5.4 Vérification buzzer	-	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	
5.5 Vérification sortie analogique	-	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	
5.6 Vérification sortie impulsions	-	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC	

**COMMENTAIRES :**

D'après le client BDF Trop faible  
RAS

ANNEXE 3 / certificats de vérification-étalonnage des radiamètres professionnels utilisés par le laboratoire de la CRIIRAD le 25 février 2014 / MCB2



CANBERRA France	Entité	Type	Numéro	Version	Page
	SCE	DC P	07 4146	01	1/1

CONSTAT DE VERIFICATION

MONTIGNY (78180) Tél : 01 39 48 57 70	<input type="checkbox"/>	St PAUL TROIS CHATEAUX (26130) Tél : 04 75 96 22 30	<input checked="" type="checkbox"/>
LOCHES (37600) Tél : 02 47 91 40 00	<input type="checkbox"/>	BEAUMONT - HAGUE (50440) Tél : 02 33 87 24 24	<input type="checkbox"/>

servicecanberrafrance@canberra.com

Référence de l'appareil en vérification	Référence des moyens et conditions d'essais
N° de Dossier / Lot : L12110026 N° d'intervention / N° de Constat : 12110172 Client : CRIIRAD Désignation / Type : <input type="checkbox"/> MCB 2 Constructeur : CANBERRA N° Série Client : N° Série Const. : 314 Accessoires :	Mode opératoire : DTP 07 4146 Procédure calcul incertitude : CF SCE 1 053 Source Am <sup>241</sup> type EASB : N°50438 Source Co <sup>60</sup> type ESAL : N°330

Contrôles Préliminaires					
Référence	Tolérance	Valeur initiale	Observation	Valeur finale	Observation
Aspect général	Conforme	N. Conforme	GM. HS.	Conforme	

Vérifications Fonctionnelles					
Référence	Tolérance	Valeur initiale	Observation	Valeur finale	Observation
Affichage	Conforme	Conforme			
Eclairage	Conforme	Conforme			
Signal sonore	Conforme	Conforme			
Bruit de fond (dans une ambiance de $\leq 0.1$ mG/h)	$\leq 1$ c/s	0,4 c/s			
Rendement 2p sr avec source Am 241	28% < C < 42%	41 %			
Rendement bêta 2p sr avec source Co 60	21% < C < 35%	34 %			
Affichage des Bq	$\pm 25$ %	S.O.			

Opération réalisée	<input type="checkbox"/> Réglage	<input type="checkbox"/> Ajustage	<input checked="" type="checkbox"/> Réparations	<input type="checkbox"/> Autre
--------------------	----------------------------------	-----------------------------------	---	--------------------------------

Décision	Initiale	<input type="checkbox"/> Conforme	<input checked="" type="checkbox"/> Non conforme	Finale	<input checked="" type="checkbox"/> Conforme	<input type="checkbox"/> Non Conforme
Opérateur	Nom : CHEVALIER Date : 16/03/12	Visa :	Nom : CHEVALIER Date : 16/03/12	Visa :		

JUGEMENT (sous la responsabilité du Responsable Technique)	VERIFICATION FINALE (par prélèvement)
<input checked="" type="checkbox"/> CONFORME <input type="checkbox"/> NON-CONFORME Nom : LE CORPE Date : 16/03/12 Visa :	<input type="checkbox"/> CONFORME <input type="checkbox"/> NON-CONFORME Nom : Date : Visa :

RECETTE CLIENT	Nom :	Date :	Visa :
----------------	-------	--------	--------

Ce document ne peut pas être utilisé en lieu et place d'un certificat d'étalonnage.  
 La reproduction de ce constat n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.  
 Ce document est réalisé suivant les recommandations du fascicule de documentation X 07-01 1 de février le constat de vérification. Il peut être utilisé par Messieurs le responsable du moyen de mesure aux étalons nationaux, ou internationaux, ou réservés qu'il répond aux recommandations du fascicule de documentation X 07-01 5.  
 Il peut être utilisé pour évaluer le recouvrement de moyen de mesure aux étalons nationaux.  
 Ce constat de vérification répond aux exigences des articles 6 et 7 de l'article 5 de l'annexe 2 de la décision n° 2010 DC 8177 de l'ASN.

**ANNEXE 4 / Extrait du site internet de PLACOPLATRE consulté le 5 février 2014**

<http://www.placoplatre.fr/L-ENTREPRISE/Carrieres-de-gypse/Fort-de-Vaujourn-projet-d-exploitation/Fort-de-Vaujourn-le-point-sur-les-mesures-de-radioactivite>

**Mesures de radioactivité sur un point singulier**

En 2011, à l'occasion de la première Commission Locale de Concertation et de Suivi, en présence des services de l'Etat, des élus, et des associations, l'IRSN a établi une nouvelle mesure sur l'un des points singuliers à l'aide d'une sonde Saphymo Adb. En parallèle, un membre d'une association muni d'un radiamètre Radex a lui aussi évalué la radioactivité sur le même point singulier. Les mesures de radioactivité effectuées par l'IRSN avec un radiamètre AD6 ont abouti à une valeur de radioactivité de 0,14  $\mu\text{Sv/h}$ , contrastant avec la mesure faite avec un appareil Radex, commercialisé par la CRIIRAD, concluant à une valeur de 3  $\mu\text{Sv.h}^{-1}$  (soit une valeur plus de 20 fois supérieure).

En l'absence d'explication certaine et partagée, par l'IRSN et les associations, de la différence de mesure entre les deux appareils, Placoplatre demande une étude complémentaire sur ce point singulier à un nouvel expert spécialisé : le cabinet Burgeap / NUDEC, remise le 30 mai 2013 et qui sera communiquée à la prochaine CLCS. Les mesures ont été effectuées avec cinq appareils de mesures professionnels différents permettant de balayer l'ensemble des rayonnements potentiels et de couvrir la plage d'énergie la plus large possible. Ces mesures ont été effectuées avec l'appareil collé contre la paroi notamment du point singulier mis en avant par les associations.

Ces nouvelles mesures ont de nouveau révélé des doses de l'ordre de 0,1  $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ , proches de celle du [bruit de fond naturel](#).

Voir planches photographiques page suivante.

## MESURES DE RADIOACTIVITE - MAI 2013



Appareil : Radiamètre  
Radiagem 2000  
Mesure : 0,1  $\mu\text{Sv/h}$



Appareil : Radiamètre Radiagem  
2000 avec sonde gamma SG1 R  
Mesure : 0,115  $\mu\text{Sv/h}$



Appareil : Radiamètre FH40  
Mesure : 0,075  $\mu\text{Sv/h}^{-1}$



Appareil : Détecteur DG5  
Mesure : 100  $\text{c.s}^{-1}$



Appareil : Radiagem 2000  
avec sonde SAB 100  
Mesure : 0,00  $\text{c.s}^{-1}$  sur voie alpha

**ANNEXE 5 / Extrait de la note CRIIRAD de septembre 2002 sur le site de Vaujours**

Référence : CRIIRAD, B. Chareyron, Note d'étape du 17 septembre 2002 V1 / Dossier Vaujours, Synthèse et recommandations de la CRIIRAD au 17 septembre 2002 / Document de travail pour préparer la réunion du 18 septembre 2002.

**[Extrait : Remarques concernant les mesures chimiques réalisées par GEOCLEAN dans les fosses de brûlage]**

Les prélèvements de terre réalisés le 29 juin 2001 par SUBATECH sur les 30 premiers centimètres des fosses de brûlage, ne concernent que les remblais rajoutés sur les fosses. Les matières résiduelles en fond de fosses n'ont pas été échantillonnées et caractérisées du point de vue radiologique et chimique.

L'aspect chimique doit absolument être étudié compte tenu des activités pratiquées<sup>7</sup> « *Les déchets et solvants souillés d'explosifs sont détruits, conformément aux dispositions prévues par la consigne [...] du 17 septembre 1973, sur une aire sise à proximité du bâtiment 64. Ce document détaille les opérations d'élimination du solvant et de brûlage des déchets [...]. Les solvants non souillés ou très peu souillés d'explosifs sont évaporés sur une 2ème aire réservée à cet usage* ».

Lors de la réunion du groupe technique du 19 novembre 2001, le CEA a rappelé que dans le cadre de la préparation du « dossier d'abandon », il avait confié à la société GEOCLEAN l'étude de la pollution résiduelle en fond de fosses par des substances organiques et métaux, mais qu'a priori, les contrôles n'avaient pas porté sur la radioactivité.

La CRIIRAD a demandé que le CEA fournisse le dossier complet, ainsi qu'une analyse détaillée de la nature de la contamination chimique et éventuellement radiologique des déchets détruits dans ces fosses de brûlage, précise la fréquence des curages et le devenir des résidus. Sur la base de ces informations, une campagne spécifique d'échantillonnage et de mesure devrait être mise en œuvre.

**Le CEA n'a pas transmis de documentation complémentaire sur ce point.**

Lors de la réunion du groupe technique en date du 7 juin 2002, la CRIIRAD a précisé qu'elle considérait l'étude GEOCLEAN<sup>8</sup> comme insuffisante. Il convient de noter tout d'abord que n'ont été pris en compte dans cette étude que les zones de stockage d'hydrocarbures (8 zones) et la zone d'épandage et de brûlage. Il est nécessaire d'obtenir au préalable un descriptif de toutes les installations du site afin de déterminer quels risques de pollution chimique des sols sont associés à chaque installation.

S'agissant de la zone d'épandage et de brûlage on peut émettre des réserves sur les contrôles effectués. Par exemple, en contrebas de la zone d'épandage le sondage SE 5 révèle à la profondeur 1,6 / 2,4 mètres « *la présence d'argile verte avec des dépôts blancs et noirs / forte odeur* ». Par contre la strate sous-jacente à la profondeur 2,4 / 2,8 mètres est décrite ainsi : « *argile verte avec traces blanches / faible odeur* ». **C'est la strate 2,4 / 2,8 mètre qui sera soumise à analyse, alors que l'examen visuel suggérait qu'elle était moins contaminée.**

Les analyses effectuées par GEOCLEAN révèlent, selon les sondages, la présence de cis 1,2 dichloroéthylène, chloroforme, 1,2-dichloroéthane, 1,1,1-trichloroéthane, trichloréthylène, tétrachlorure de carbone.

<sup>7</sup> Extrait du PV du Comité d'Hygiène et de Sécurité tenu au CEV le 28 septembre 1979 in « L'Observatoire des armes nucléaires françaises / cahier N°4 / septembre 2000. »

<sup>8</sup> Voir GEOCLEAN / Rapport d'audit du site CEA/ 15 décembre 1997.

Dans les échantillons d'argile SE 3 (profondeur 2,7 mètres) et SE 10 (1,5 / 2,2 mètres) issus de la zone d'épandage est détecté de l'acétate d'éthyl.

Dans le cas de l'échantillon de sable SE4 issu de la zone de brûlage, SE 2 issu de la zone d'épandage et S8 (bassin) ont été détectés du toluène et du chlorobenzène.

Dans l'échantillon issu du regard N°50, le laboratoire note en outre : « *présence d'un pic (assez important) qui sort en début de spectre lors de la recherche des OHV. Pourrait être du 11 dichloroéthylène.* ».

Dans le sol SE 2 (zone d'épandage) a été détecté en outre du phénol et méthyl phénol/ et dans le sol SE 8 (bassin), du dichlorométhane. Dans ces 2 échantillons, le laboratoire d'analyse note : « **composés non identifiés en bibliothèque...** ».

**Compte tenu des premiers résultats d'analyse chimique effectués sur les mousses terrestres et les sols et étant donné l'insuffisance de l'étude Géoclean , la CRIIRAD considère que la question de la pollution chimique résiduelle du site de Vaujourns devra faire l'objet d'expertises complémentaires.]**

**ANNEXE 6 / Méthodologie utilisée par le laboratoire de la CRIIRAD pour l'estimation du rapport isotopique U238/U235 sur le fragment d'uranium prélevé à Vaujours**

La méthode utilisée pour le calcul du rapport d'activité  $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$  à partir des taux de comptage se base sur l'hypothèse de condition d'équilibre entre d'une part, le  $^{238}\text{U}$  et son descendant direct le  $^{234}\text{Th}$  et d'autre part, le  $^{235}\text{U}$  et son descendant direct le  $^{231}\text{Th}$ .

Compte tenu des courtes périodes radioactives de ces deux radionucléides (24,10 jours pour le  $^{234}\text{Th}$  et 25,5 heures pour le  $^{231}\text{Th}$ ) et de l'âge du fragment analysé, cette hypothèse est valide.

Par ailleurs, les énergies considérées pour le calcul sont suffisamment proches pour s'affranchir des variations d'efficacité de détection et d'auto-atténuation du rayonnement dans la matrice. On retient en effet :

- 92,35-92,78 keV pour le  $^{234}\text{Th}$  et
- 84,2 keV pour le  $^{231}\text{Th}$

Afin de relever les surfaces des raies émises aux énergies précédemment citées, des déconvolutions ont du être effectuées. Ces déconvolutions n'ont cependant pas permis de distinguer de manière suffisamment précise les raies du  $^{231}\text{Th}$  émise à 92,28 keV (0,39 %) et à 93,07 keV (0,049 %), du  $^{234}\text{Th}$  émises à 92,35 keV (2,72 %) et à 92,78 keV (2,69 %) et du  $^{235}\text{U}$  à 93,35 keV (5,5%).

Une raie unique du  $^{234}\text{Th}$  est ainsi considérée à l'énergie 92,35-92,78 keV avec un rapport de branchement de 5,41 % qui correspond à la somme des rapports de branchement des raies à 92,35 keV et à 92,78 keV. La surface de ce pic unique est ensuite corrigée de la contribution des pics du  $^{231}\text{Th}$  à 92,28 keV et à 93,07 keV et du pic du  $^{235}\text{U}$  à 93,35 keV. Cette contribution est calculée en faisant la somme des surfaces des pics cités précédemment qui sont eux même calculés à partir de la surface du pic du  $^{231}\text{Th}$  émis à 84,20 keV selon l'équation suivante :

$$Cps\ nets_{\epsilon} = \frac{Cps\ nets_{^{231}Th\ à\ 84,20\ keV} \times RB_{\epsilon}}{RB_{^{231}Th\ à\ 84,20\ keV}}$$

RB étant le rapport de branchement aux énergies précisées et Cps nets $_{\epsilon}$  étant la surface du pic à l'énergie  $\epsilon$ .

Les surfaces obtenues sont ensuite soustraites à la surface du pic du  $^{234}\text{Th}$  relevé à 92,35-92,78 keV.

Le rapport d'activité  $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$  est ensuite calculé à partir des taux de comptage du  $^{234}\text{Th}$  à 92,35-92,78 keV et du  $^{231}\text{Th}$  à 84,20 keV. Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Radionucléide	Chaîne	Energie (keV)	Rapport de branchement* (%)	Coups bruts	Coups nets	Rapport $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$
$^{234}\text{Th}$	$^{238}\text{U}$	92,35-92,78	5,41	109 666	74 915	21,0 ± 1,0
$^{231}\text{Th}$	$^{235}\text{U}$	84,20	6,6	25 117	4 356	

\*Browne, E., Firestone, R.B., Table of Radioactive Isotopes, Virginia S. Shirley Editor, 1986.

Rédaction : Marion Jeambrun, Stéphane Patrigeon et Bruno Chareyron

