



Commission de Recherche
et d'Information Indépendantes
sur la Radioactivité

Participation de la CRIIRAD en 2001-2002 à l'expertise du site CEA DAM de Vaujours

SYNTHÈSE du 28 novembre 2002 / MAJ en février 2014

*Étude réalisée par le laboratoire de la CRIIRAD
à la demande des associations de protection de l'environnement*

Préambule

Bref historique du site de Vaujours

La construction du Fort de Vaujours a été décidée¹ 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 Vaujours 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 Vaujours a eu comme activités la conception, le développement et la mise au point de nouveaux explosifs chimiques et édifices pyrotechniques.

La procédure d'abandon

Le site CEA de Vaujours 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.

Le CEA a alors proposé de réaliser des études complémentaires de type hydrogéologique (confiée au BURGEAP) et radiologique (confiée à SUBATECH). Le budget alloué à ces études est de l'ordre de 3 MF.

Le rôle de la CRIIRAD

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. C'est dans ce cadre que le laboratoire de la CRIIRAD est intervenu en tant qu'expert des associations.

Compte tenu des moyens alloués à la CRIIRAD, la mission de son laboratoire n'était pas de réaliser une étude radiologique complète du site mais de 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, expert nommé par les préfets pour superviser l'ensemble des études.

Les principaux documents produits par la CRIIRAD dans le cadre de l'étude 2001-2002 et utilisés pour cette synthèse sont :

- rapport d'étape du 11 mai 2001 (fin des prédétections radiométriques),
- rapport d'étape 02-06 V1 du 11 mars 2002 qui complète et remplace la version du 15 novembre 2001 (analyse des sols et recommandations),
- document de travail du 17 septembre 2002 (bilan de la décontamination, remarques sur les aspects chimiques et hydrogéologiques et les voies d'exposition).

¹ Les éléments historiques reproduits ici sont issus de la note « Abandon du site de Vaujours / Clôture de l'Enquête Publique / Mémoire en réponse / CEA 1er juillet 2000 ».

1 / Contamination radiologique résiduelle des sols superficiels

1.1 / Les sols du fort central

Les campagnes de prospection radiométriques et les échantillonnages de sol réalisés par SUBATECH et la CRIIRAD entre avril et juin 2001 ont démontré la présence d'une **contamination résiduelle par de l'uranium issu des tirs dans certains sols du fort central** (cf rapports CRIIRAD du 15 novembre 2001 et 14 décembre 2001).

Cette contamination résiduelle était importante à la fois par son extension spatiale (environ 1 000 m² dans le secteur CA 14) et par l'activité en uranium détectée (plusieurs échantillons de sol présentaient une activité en uranium 238 supérieure à 10 000 Bq/kg (soit une activité totale supérieure à 40 000 Bq/kg si l'on tient compte des premiers descendants de la chaîne de l'uranium 238). Le maximum était de **150 000 Bq/kg** en uranium 238.

Cette contamination dépassait les critères d'assainissement définis par la DGS (Direction Générale de la Santé) et montrait l'insuffisance des travaux de décontamination antérieurs et des vérifications conduites par l'OPRI (Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants). Par ailleurs la CRIIRAD a souligné le caractère insuffisant des critères de la DGS en terme de protection radiologique.

Les mesures radiométriques exploratoires réalisées par la CRIIRAD **dans les casemates LG 3, RX 1, TC 1, RX 3 et PH ont permis de détecter également un certain nombre de points chauds résiduels.**

Le CEA a pris en compte les exigences des associations et de la CRIIRAD en s'engageant à procéder à la décontamination des zones identifiées. La qualité de cette décontamination a pu être vérifiée par SUBATECH en mai 2002. La CRIIRAD a effectué des vérifications en mai 2002, uniquement sur la zone CA 14.

La CRIIRAD tient à préciser que les contrôles radiométriques qui ont été effectués au cours de l'expertise ne portaient que sur la couche superficielle des sols (mesures in situ) et les analyses en laboratoire sur les 30 premiers centimètres.

Il est donc toujours possible que des fragments d'uranium subsistent dans les sols, au delà de quelques dizaines de centimètres. D'où l'importance des servitudes.

Ces réserves sont d'autant plus fondées que l'étude n'a pas porté sur les ouvrages enfouis (cavités, circuits de filtration et d'évacuation des eaux souillées après les tirs à l'uranium).

En dehors de l'uranium, une contamination par de **l'américium 241** a été mise en évidence par la CRIIRAD au pied d'un paratonnerre sur le toit de la casemate CA 5 et dans les mousses terrestres prélevées sur le toit du bâtiment OS1. Les recherches documentaires effectuées par le CEA n'ont pas permis de déterminer avec précision l'origine de cette contamination. L'hypothèse de la présence de paratonnerres ou détecteurs de fumée à l'américium 241 avant l'utilisation du site par le CEA est envisageable.

1.2 / Les sols hors fort central

Les campagnes de prospection radiométrique réalisées par SUBATECH en avril / mai 2001 en dehors du fort central ont mis en évidence la présence de **fragments de paratonnerres très irradiants**¹.

Le CEA n'a pas été en mesure de déterminer l'origine exacte de ces fragments. Il est possible qu'ils soient tombés des véhicules lors de l'enlèvement des paratonnerres. La CRIIRAD et les associations locales ont demandé à ce qu'une campagne de détection systématique soit effectuée à l'extérieur du fort central.

En avril 2002, le CEA a procédé à une inspection fine de chaque côté des voiries et de certaines surfaces planes au moyen du dispositif AUTONUC (sondes gamma montées sur un véhicule automobile). Cette prospection n'a mis en évidence aucune autre anomalie. La CRIIRAD a souligné cependant que cette méthode de dépistage ne porte que sur des contaminations en surface et qu'elle présente une sensibilité de détection toute relative (50 millions de becquerels pour une source ponctuelle d'uranium métal en surface et 0,2 à 3,1 millions de becquerels pour une source ponctuelle de radium 226).

L'affaire des fragments de paratonnerres montre la nécessité d'une grande rigueur lors du démontage des vieilles installations qui comportent souvent des sources radioactives, essentiellement d'américium 241 et de radium 226). Ceci concerne de nombreux bâtiments sur tout le territoire français.

¹ Au point PS 16, le CEA / SPR a trouvé un fragment d'une calotte sphérique en céramique vernissée d'environ 10 cm par 2 cm par 3 cm (fragment de paratonnerre de marque Helita). La surface supérieure se trouvait à 5 cm sous la surface du sol, dans une pelouse, à 1,6 m du lampadaire. Le débit de dose mesuré à la Babyline, au contact de la face vernissée était respectivement, avec et sans son capot, de 1 mGy/h et 20 mGy/h. A 1 mètre ces valeurs étaient respectivement de 2 et 9 µGy/h. Le spectre qualitatif confirme qu'il s'agit bien de radium 226. Le CEA en a estimé l'activité à 10 millions de Becquerels. Le CEA a précisé qu'après enlèvement de l'objet, « le niveau gamma constaté au sol est le bruit de fond naturel » (50 à 60 c/s SPP2).

2 / Evaluation des transferts atmosphériques d'uranium dans le passé.

Concernant l'impact des tirs à l'uranium sur la population voisine du site CEA de Vaujours, il convenait d'évaluer les possibilités de transport de fines poussières d'uranium à l'extérieur des limites du fort central.

En l'absence d'informations précises sur la dispersion à longue distance des particules d'uranium après les tirs, le laboratoire de la CRIIRAD a effectué en **juin 2001** des prélèvements de **mousses terrestres** en 9 stations (3 au niveau du fort central, 3 dans l'environnement proche du fort central et 3 dans les cimetières des localités de Vaujours, Villeparisis et Courtry).

Les analyses par spectrométrie gamma réalisées sur ces mousses par la CRIIRAD ont révélé la présence d'un niveau anormalement élevé d'uranium sur l'échantillon prélevé au niveau de la **casemate RX 1** (235 ± 58 Bq/kg sec en thorium 234, premier descendant de l'uranium 238). Les mesures réalisées par SUBATECH et le CEA ont confirmé¹ ce point. Les mesures fines réalisées par le CEA ont révélé également une accumulation d'uranium au niveau du **TP 3** (fort central).

Les analyses réalisées par les 3 laboratoires ont confirmé la présence systématique d'autres radionucléides naturels (plomb 210, béryllium 7) et artificiels (césium 137) dans les 9 mousses étudiées. Ces résultats sont classiques et n'appellent pas de commentaire particulier².

Le dépistage effectué sur les mousses, qui donne une photographie de l'accumulation d'uranium sur une dizaine d'années via des retombées aériennes montre des anomalies au niveau du fort central, et n'a pas fait apparaître d'anomalie significative dans l'environnement. Cette étude n'est cependant pas suffisante pour renseigner sur une éventuelle contamination de l'air lors des tirs anciens des années 50 à 80.

C'est pourquoi la CRIIRAD et les associations locales ont insisté auprès du CEA pour obtenir une évaluation théorique des quantités de fines poussières d'uranium mises en suspension lors des tirs et de leur dispersion hors du site. Le CEA a fourni en mai 2002 une note sur cette problématique. **Cette note ne donne cependant pas de résultats suffisamment détaillés sur les conditions des tirs, la granulométrie des poussières et leur dispersion hors site.**

¹ Les mesures du CEA réalisées avec une très bonne sensibilité de détection donnent sur les mousses de RX 1 et du TP 3 (fort central) des activités massiques en uranium respectivement 11,5 et 3 fois supérieures à la moyenne obtenue dans les 3 cimetières étudiés.

² La contamination en américium 241 au niveau de OS 1 a été traitée au paragraphe concernant les sols.

Lors de la réunion de la commission plénière en date du 24 septembre 2002, la CRIIRAD a rappelé sa demande que le CEA réalise une modélisation de la dispersion et une évaluation enveloppe de l'exposition de la population aux poussières d'uranium. Cette demande n'a pas été retenue, le CEA estimant l'exercice trop complexe et incertain compte tenu de l'ensemble des paramètres hypothétiques à prendre en considération.

3 / Etude hydrogéologique

Après les tirs, les eaux de lavage des casemates étaient « traitées » puis envoyées dans des puits d'infiltration atteignant le gypse (**4 puits** : P2, P3, P4 et P5 étaient toujours en fonctionnement). Les eaux de ruissellement du fort central étaient également drainées vers ces puits. Il était donc légitime d'étudier les risques de pollution des eaux souterraines au droit du site CEA DAM de Vaujours et dans l'environnement proche.

Les études hydrogéologiques ont été conduites par le BURGEAP. Sept piézomètres (PZB1 à PZB7) ont été réalisés dans la nappe perchée du Brie et un sondage profond (PZE, 101 mètres de profondeur) a atteint les sables de Beauchamp (nappe régionale de l'Eocène Supérieur).

Les études conduites par le BURGEAP ont conclu à un écoulement préférentiel vers le sud dans la nappe dite des « colluvions ». Des mesures de concentration en uranium ont été effectuées par le CEA et SUBATECH dans les différentes stations d'échantillonnage. L'uranium a été détecté dans toutes les stations à des niveaux variables. **Les teneurs en uranium se sont révélées 2 à 3 fois plus élevées au droit du fort central que dans le reste de la nappe.**

L'uranium étant naturellement présent dans les sols la question était de savoir si les activités mesurées correspondaient à des niveaux naturels compte tenu du contexte géologique local et / ou à de l'uranium issu des tirs pratiqués par le CEA.

L'étude des rapports isotopiques effectuée par le CEA a montré que 2 stations (P2 et PZB1) étaient marquées par de **l'uranium d'origine humaine** (anthropique) : 1 à 2 µg/l sur 6 µg/l en B1).

Par contre dans les eaux de la nappe des colluvions au sud du site (puits D, K, L) et les eaux de la nappe de l'éocène supérieur, les concentrations en uranium semblaient normales et les rapports isotopiques correspondaient à l'uranium naturel.

Les contrôles réalisés sont globalement rassurants quant à la qualité radiologique actuelle des eaux souterraines dans l'environnement extérieur du site. La CRIIRAD a souligné cependant que dans la mesure où certains tirs ont été effectués avec de l'uranium naturel, l'obtention d'un rapport isotopique normal ne constituait pas une preuve du

caractère non anthropique de l'uranium détecté dans les eaux.

La CRIIRAD et les associations locales ont en outre fait observer que l'étude des concentrations actuelles en uranium **ne permettait pas de statuer sur les flux d'uranium du passé** en particulier via les puits d'infiltration.

La CRIIRAD a demandé que des analyses fines soient effectuées dans des **systèmes intégrateurs** (plantes et sédiments de fond de puisards, ou de sources en aval hydraulique, argiles de la nappe du Brie). Ces demandes n'ont été que très partiellement prises en compte par le Groupe Technique (mesure des concentrations en uranium¹ au toit des argiles vertes de la nappe du Brie en PZB1). Les associations ont alors prélevé des sédiments en aval hydraulique, à la Source des Malades et dans un puits de Courtry. Les analyses de dépistage réalisées par le laboratoire de la CRIIRAD sur ces échantillons n'ont pas mis en évidence d'excès d'uranium.

La CRIIRAD a recommandé cependant que des dosages isotopiques plus fins soient effectués sur ces échantillons ainsi que de nouveaux échantillonnages par carottage afin de déceler un éventuel marquage en uranium ancien.

En l'état actuel de l'étude la CRIIRAD considère que la question des flux d'uranium via les eaux souterraines lors de la réalisation des tirs, n'est pas suffisamment documentée. Le BURGEAP et les experts hydrogéologues ont considéré que la modélisation de ces flux était trop complexe.

Note : une rumeur circulant dans la population sur l'éventualité de « *tirs nucléaires* » pratiqués à Vaujourns, la CRIIRAD a demandé à ce que le tritium soit mesuré dans les eaux souterraines. En effet cet élément est produit lors des réactions nucléaires et de par sa forte mobilité, il peut constituer un traceur de premier plan d'une pollution liée à des essais nucléaires. Le CEA a accepté de doser le tritium sur les eaux prélevées en novembre 2001 et avril-mai 2002.

Ces mesures ont mis en évidence la présence de **tritium**. Pour les valeurs comprises entre **2 et 5 Bq/l**, elles peuvent être interprétées comme des fluctuations classiques liées à cette date au reliquat des essais nucléaires atmosphériques des années 50 / 60 dans l'hémisphère Nord.

D'autres valeurs sont plus élevées : au niveau d'un piézomètre PZ B1 au droit du site de Vaujourns (**7,7 Bq/l**) et au puits K de Courtry (**10 Bq/l**) pour les prélèvements de novembre 2001 (respectivement 2,2 Bq/l et 5,5 Bq/l en avril-mai 2002)².

¹ Ces mesures ont confirmé un marquage par de l'uranium anthropique au droit du PZ B1, à la base du calcaire de Brie et au sommet des argiles vertes.

² Ces valeurs sont inférieures à la recommandation européenne de 100 Bq/l pour l'eau potable. MAJ 2014 : la CRIIRAD avait demandé à la commission Environnement Santé du Parlement européen l'adoption d'un seuil d'investigation plus bas pour le tritium (**10 Bq/l**) et avait obtenu au final **20 Bq/l**. Le Parlement européen n'ayant, dans le cadre du Traité Euratom, qu'une voix consultative, sa

4 / Remarques sur l'évaluation des conséquences sanitaires

L'uranium est un toxique chimique mais l'uranium 238 et les isotopes 234 et 235 qui lui sont associés, présentent également, de par leurs émissions radioactives (particules alpha), une forte radiotoxicité, notamment par inhalation. Les organes cibles sont alors le **poumon, le système lymphatique, le rein et l'os**.

Pour les formes physico-chimiques les plus pénalisantes, l'inhalation d'un seul becquerel d'uranium 238 en équilibre avec ses 3 premiers descendants expose à une dose supérieure au seuil du risque négligeable (10 microSieverts au sens de la directive Euratom 96 / 29). L'inhalation de 60 becquerels expose, quel que soit l'âge, à une dose inacceptable (supérieure à 1 000 microSieverts par an). Il est donc important de déterminer la quantité cumulée de poussières d'uranium qui ont pu être inhalées (et ingérées) par les travailleurs et les riverains.

Les analyses radiologiques effectuées en 2001 et 2002 sur les eaux souterraines et les mousses terrestres au voisinage du site CEA DAM de Vaujourns n'ont pas mis en évidence de marquage anormal par l'uranium.

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus ces résultats relativement satisfaisants **ne permettent cependant pas de préciser les quantités d'uranium dispersées par voie aérienne et aquatique à l'époque des tirs et donc de déterminer a posteriori les doses subies par les riverains**.

Parallèlement aux études d'environnement, le **Groupe Santé** a décidé de conduire une étude visant à évaluer les expositions et l'état de santé des travailleurs du site de Vaujourns. Lors des réunions des 25 septembre (groupe technique) et 2 octobre 2001 (réunion plénière), **la CRIIRAD avait exprimé ses doutes, sur la stratégie retenue pour la conduite de l'étude sanitaire**. Il s'agissait en effet de déterminer si les travailleurs du site de Vaujourns avaient été affectés, sur le plan sanitaire, par les tirs à l'uranium. Si tel n'était pas le cas, le groupe considèrerait que cela démontrerait, a fortiori, que la population, ne pouvait pas avoir été affectée. Le principe de cette transposition est très discutable (effet du travailleur en bonne santé, précautions prises par les personnels qualifiés, méconnaissance des effets des faibles doses, individus appartenant aux deux groupes, des travailleurs et des résidents, etc...).

Surtout, une étude digne de ce nom demande des moyens et du temps que le groupe de santé n'avait pas. **Au final, la démarche retenue a soulevé plus de questions qu'elle n'a apporté de réponses** : données disponibles ne permettant pas d'évaluer de façon fiable

décision a ensuite été annulée et la valeur de **100 Bq/l** a été maintenue (à noter cependant qu'il s'agit désormais d'une obligation et non plus d'une recommandation).

l'exposition à l'uranium des travailleurs (et rien sur les sous-traitants); pas de données individuelles sur les expositions externes ; dose collective cumulée sur 39 ans retenue comme **inférieure à 1 Sv**, alors que qu'au vu des incertitudes et des seuils d'enregistrement il est seulement possible d'affirmer que la dose collective est comprise **entre 0,09 et plus de 100 Sv** ; étude de la mortalité ni détaillée, ni approfondie ; pas d'étude de morbidité, pourtant plus pertinente, faute d'information ; pas d'évaluation des incertitudes sur les taux de mortalité alors qu'il s'agit d'un point clef vu la faiblesse numérique de la cohorte ; effet du « travailleur sain » traité de façon superficielle ; synergie avec d'autres polluants non prise en compte ; etc.

Pour sa part, le Groupe Santé a conclu son étude de la façon suivante : « *Dans le cas particulier de Vaujours, l'analyse de la mortalité de la cohorte des travailleurs montre globalement une sous-mortalité toute cause et par tumeur dans la population des hommes, et un excès de décès par cancer dans la population des femmes cadres. Ces résultats sont tout à fait conformes à ce que l'on pouvait attendre. Les données sanitaires et les investigations environnementales conduisent à estimer que le niveau d'exposition des riverains pendant la période d'activité s'est situé au niveau des faibles doses. Les analyses réalisées pour caractériser la contamination résiduelle placent l'exposition actuelle des riverains à un niveau extrêmement faible – non détectable.* »

La CRIIRAD ne cautionne pas ces conclusions. Les bases qui les étayaient ne sont pas assez solides. Elle a par ailleurs renouvelé sa demande que soit effectuée une évaluation théorique des doses subies par la population riveraine du fait de la dispersion atmosphérique de poussières d'uranium et du transfert par les eaux souterraines. Il est également nécessaire d'obtenir les résultats des prélèvements d'aérosols après les tirs, une information qui n'avait pas été communiquée au Groupe santé, malgré plusieurs demandes.

5 / Réflexions préliminaires sur une éventuelle pollution chimique

La CRIIRAD et les associations locales ont demandé à plusieurs reprises au Groupe Technique que des mesures de dépistages physico-chimiques soient réalisées dans un certain nombre d'échantillons de sols, bioindicateurs atmosphériques et éléments représentatifs du transfert au milieu aquatique (eau, végétaux, sédiments).

Ces mesures devraient permettre de rechercher les principaux métaux lourds, anions et cations et molécules organiques. La CRIIRAD a demandé que le Groupe Technique vérifie que cette liste élargie, comporte bien les éléments issus d'une liste spécifique des polluants susceptibles de souiller les sols de Vaujours et qui devrait être élaborée sur la base des archives du CEA. Les documents dont la CRIIRAD avait connaissance permettaient de recommander

d'ores et déjà des contrôles sur 2 métaux, le béryllium et le plomb.

Ces demandes étaient justifiées par le fait que dans le domaine du diagnostic chimique le dossier fourni par le CEA était très insuffisant. Il ne comportait que les résultats de l'étude réalisée par la société de dépollution GEOCLEAN portant sur la recherche de polluants organiques dans les zones de stockage d'hydrocarbures (8 zones) et la zone d'épandage et de brûlage.

Devant l'insistance de la CRIIRAD et des associations, le CEA a finalement lancé un programme de dosage de 10 métaux toxiques (arsenic, baryum, béryllium, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb et zinc) dans 8 échantillons de **sols du fort central**.

Ces mesures ont révélé en particulier des accumulations en **arsenic** (max en RX 1), **cuivre** (max en RX 3) et **plomb** (max en RX 1) supérieures aux valeurs recommandées par le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) et le Ministère de l'Environnement pour des sites destinés à un usage sensible mais inférieures aux limites retenues pour un site destiné à un usage non sensible (usage restreint de type industriel).

En parallèle la CRIIRAD a fait réaliser par le LDA 26 (Laboratoire Départemental d'Analyses de la Drôme) un dépistage semi-quantitatif des principaux métaux dans les 9 **mousses terrestres** prélevées en juin 2001. Le CEA a procédé également au dosage quantitatif de 63 métaux dans ces mousses. Ces analyses ont fait apparaître entre autres, un excès de **bismuth, étain, hafnium, zirconium** sur le toit TP3, un excès de **magnésium** sur le toit du PB, et de **tungstène** sur le toit OS1.

La CRIIRAD considère que ces résultats préliminaires justifient des études complémentaires. En effet, la présence de certains métaux en excès dans les sols du fort central impose une réflexion sur les possibilités de contamination à long terme des eaux souterraines.

Rédaction : Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire de la CRIIRAD

Planche photos page suivante



Présence visible d'oxyde d'uranium (jaune) dans les sols du fort central à Vaujourns



*

Pré Détections radiamétriques à Vaujourns / Illustration de la difficulté du travail du fait de la végétation.



Zone CA 14 après décontamination / fort central de Vaujourns



Entreposage provisoire de terres contaminées issues de la zone CA 14.



Poste TC1, points chauds PC4 et PC5 identifiés par la CRIIRAD