

FORT DE VAUJOURS

Projet d'exploitation de carrière de gypse Protocole de suivi radiologique

ROYER, Eric (PLACO)

26/09/2017

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	N. MISDARIIS	E. ROYER	G. BOUCHET
Visa			

Suivi des révisions :

Indice	Date	Nature des révisions	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
A	24/10/2014	Création	E. Royer	G. Bouchet	
B	09/01/2015	Modifications + Conclusion	E. Royer	G. Bouchet	
C	25/02/2015	Mise à jour §2, 3, 7 et annexes 3, 8, 15, 31	E. Royer	G. Bouchet	
D	15/05/2015	Mise à jour selon avis ASN du 20/03/2015	E. Royer	G. Bouchet	
E	08/09/2016	Mise à jour : ouvrages enterrés	E. Royer	G. Bouchet	
F	26/09/2017	Mise à jour préambule, §2, 3, 6, 7, 8, 9, 10 Annexe 15, 48, 49, 50	N. Misdariis	E. Royer	G. Bouchet

SOMMAIRE

Contenu

1. Rappel sur les principales conclusions des dossiers de référence	18
1.1. Le dossier d'abandon	18
1.2. Le rapport GUILLAUMONT	22
1.3. Le rapport du Groupe Santé	23
1.4. Servitudes de l'arrêté (article 2)	24
1.5. Références	26
2. Historique des bâtiments	28
2.1. Le fort de Vaujours de 1876 à 1955	28
2.2. Le Centre d'Études de Vaujours de 1955 à 1998	29
2.2.1. Activités du CEV	29
2.2.2. Topologie du CEV	30
2.2.3. Expérimentations avec uranium	33
2.2.4. Zones d'influence de l'uranium	36
2.3. Le site du CEV après sa fermeture	38
2.4. Conclusions :	40
3. Les opérations de démolition hors-sol (structures superficielles des bâtiments)	41
3.1. Retour d'expérience de la 1 ^{ère} phase de démolition	41
3.2. Retour d'expérience sur la deuxième phase de démolition	43
3.3. Curage avant désamiantage	44
3.4. Le désamiantage	44
3.5. La dépollution pyrotechnique	45
3.6. Le défrichement	47
3.7. La démolition	48
3.7.1. La démolition des bâtiments du fort central	48
3.7.2. La démolition des bâtiments hors fort central	49
4. Les opérations de démolition des infrastructures	50
4.1. Principes généraux	50
4.2. La prise en compte des servitudes	50
4.3. Descriptif des travaux	51

4.3.1.	La dépollution pyrotechnique	51
4.3.2.	Décapage des bâtiments	52
4.3.3.	Démolition des infrastructures	53
4.3.4.	Terrassement de la découverte	54
4.4.	Points spécifiques : les ouvrages enterrés	55
4.4.1.	Etude historique.....	55
4.4.2.	Les canalisations	56
4.4.3.	Les puits.....	58
5.	La nature des matériaux de démolition/excavation	59
5.1.	Matériaux de démolition	59
5.2.	Végétaux	60
5.3.	Matériaux de découverte.....	60
5.4.	Gypse.....	61
5.5.	Remblais de carrière	62
6.	Les études d'impact sur les travailleurs et les riverains	63
6.1.	Contexte	63
6.2.	Hypothèses	63
6.2.1.	Modes d'exposition envisagés.....	63
6.2.2.	Coefficients de dose.....	64
6.2.3.	Spectre de référence de l'uranium	64
6.2.4.	Débits respiratoires.....	64
6.2.5.	Efficacité du masque anti poussières.....	64
6.3.	Résultats des études d'impact radiologique.....	65
6.3.1.	Evaluation de l'impact sur le travailleur.....	65
6.3.2.	Evaluation de l'impact sur la population.....	70
6.4.	Evaluation de l'impact chimique.....	75
6.4.1.	La méthodologie d'évaluation de l'impact chimique.....	75
6.4.2.	La synthèse du Groupe Santé sur l'impact chimique de l'uranium	76
6.5.	Conclusion.....	76
7.	Les contrôles et le suivi radiologique	77
7.1.	Organisation des contrôles radiologiques.....	77
7.1.1.	Principes Généraux	77
7.1.2.	Les niveaux de contrôles radiologiques	77

7.1.3.	Exemples d'appareils de contrôles radiologiques	79
7.2.	Description des contrôles radiologiques	81
7.2.1.	La stratégie de contrôle des surfaces	81
7.2.2.	Contrôles radiologiques des opérations dans le fort central	84
7.2.3.	Contrôles radiologiques des opérations en dehors du fort central	86
7.2.4.	Contrôles radiologiques sur les canalisations	88
7.2.5.	Les contrôles de non contamination des équipements	92
7.3.	Traitement en cas d'anomalie	93
7.4.	Traçabilité & Archivage	93
7.5.	Protection des travailleurs.....	93
7.5.1.	Le suivi médical.....	93
7.5.2.	Les protections individuelles	94
8.	La gestion des produits de démolition/terrassement	96
8.1.	Rappel sur l'état radiologique du site	96
8.1.1.	A l'intérieur du fort central	96
8.1.2.	A l'extérieur du fort central.....	96
8.2.	Le zonage de référence	97
8.2.1.	Catégorie A : Les bâtiments n'ayant jamais fait l'objet de stockage ou transit d'uranium.....	97
8.2.2.	Catégorie B : Les postes de tirs dans lesquels ont eu lieu des expérimentations utilisant de l'uranium	97
8.2.3.	Catégorie C : Les bâtiments de stockage ou de transit de l'uranium.....	97
8.2.4.	Catégorie D : Les aires de stockage ou de transit de l'uranium, les zones extérieures dites de points singuliers	97
8.2.5.	Catégorie E : Les autres aires extérieures.....	98
8.3.	Caractéristiques des produits générés.....	98
8.3.1.	Les produits du fort central.....	100
8.3.2.	Les produits à l'extérieur du fort central.....	103
8.3.3.	Extraction du gypse.....	103
9.	La surveillance des postes de travail et de l'environnement	104
9.1.	La surveillance des postes de travail	104
9.1.1.	Dans l'enceinte du fort central et des rayons de 100 mètres	104
9.1.2.	A l'extérieur du fort central.....	105

9.1.3.	Cas particuliers des canalisations.....	105
9.2.	Surveillance de l'environnement.....	105
9.2.1.	Prélèvements atmosphériques à la périphérie du site.....	106
9.2.2.	Prélèvements atmosphériques dans les communes	106
9.2.3.	Surveillance des eaux.....	106
9.2.4.	Le « blanc environnemental » avant travaux (Etat zéro)	108
9.3.	BILANS & DIFFUSION	108
10.	Tableau synthétique des mesures de suivi radiologique.....	109
11.	Conclusion.....	110

FIGURES

Figure 1	Surfaces construites par type de bâtiment.....	28
Figure 2	Répartition des surfaces de bâtiment dans le fort central / hors fort central.....	30
Figure 3	Rose des vents.....	64
Figure 4	La démolition des puits et les contrôles associés.....	77
Figure 5	Schéma des canalisations.....	81
Figure 6	L'implantation des différents points de mesures dans les différentes nappes.....	96

ANNEXES

- Annexe 1 Historique des bâtiments du CEV
- Annexe 2 Acquisition par Placoplatre des propriétés
- Annexe 3 Liste des bâtiments situés sur les terrains acquis par Placoplatre
- Annexe 4 Calcul de la dose par inhalation
- Annexe 5 Carte des puits du CEV
- Annexe 6 Extrait de la Procédure d'alerte Portique
- Annexe 7 Répartition des surfaces construites du CEV
- Annexe 8 Répartition des bâtiments par fonction
- Annexe 9 Implantation de principe des balises
- Annexe 10 Exploitation d'une carrière à ciel ouvert
- Annexe 11 Zones de mise à jour des munitions
- Annexe 12 Ecoulement de la nappe de Brie
- Annexe 13 Distance du Bois de GUISY aux centres urbains
- Annexe 14 Consignes de nettoyage de la cuve de récupération des déchets et effluents de tir du poste TC du fort central
- Annexe 15 Plan des postes de tirs et zones d'influence à l'intérieur du fort
- Annexe 16 Masses d'uranium expérimentées au CEV
- Annexe 17 Le risque d'exposition interne
- Annexe 18 Photo aérienne de RX3 dans les années 60
- Annexe 19 Localisation des prélèvements de mousses
- Annexe 20 Procédure de contrôle radiologique des postes de tirs
- Annexe 21 Pénétration d'un éclat d'uranium dans du béton
- Annexe 22 Extrait du rapport Campagne de mesures gamma par AUTONUC
- Annexe 23 Plan de la casemate CD
- Annexe 24 Plan de la casemate CM
- Annexe 25 Plan de la casemate OS1-OS2
- Annexe 26 Plan de la casemate PH droite et gauche
- Annexe 27 Plan de la casemate RX1
- Annexe 28 Plan de la casemate RX3
- Annexe 29 Plan de la casemate TC1-TC2

- Annexe 30 Plan du bâtiment LG3**
- Annexe 31 Caractéristiques des sondes de détection**
- Annexe 32 Limite d'exposition**
- Annexe 33 Plan de masse de situation des réseaux EP & EU**
- Annexe 34 Bassins versants des eaux de ruissellement**
- Annexe 35 Plan des secteurs liés à l'activité pyrotechnique**
- Annexe 36 Cana C1 : canalisations dirigées vers les fossés**
- Annexe 37 Cana C2 : canalisations reliées à la station d'épuration depuis la batterie Nord**
- Annexe 38 Cana C2 : canalisations reliées à la station d'épuration
Zone Laboratoires & Bureaux**
- Annexe 39 Cana C3 : canalisations reliées au puits P1**
- Annexe 40 Cana C4 : canalisations reliées au puits P2**
- Annexe 41 Cana C4 : canalisations reliées au puits P3**
- Annexe 42 Cana C4 : canalisations reliées au puits P4**
- Annexe 43 Cana C4 : canalisations reliées au puits P5**
- Annexe 44 Cana C4 : canalisations reliées au puits P9**
- Annexe 45 Cana C4 : canalisations reliées aux chambres de tirs**
- Annexe 46 Exemple de Fiche d'intervention**
- Annexe 47 Logigrammes du démantèlement des canalisations dans le 93**
- Annexe 48 Plan détaillé des canalisations dans le 93**
- Annexe 49 Méthode de détermination du bruit de fond radiologique**
- Annexe 50 Plan détaillé des canalisations dans le secteur A8 (77)**

Lexique

ADR : Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route

ASN : Autorité de Sûreté Nucléaire

AST : Analyse de Sécurité du Travail

BdF : Bruit de Fond

Bq : Becquerel, unité dérivée du Système International pour l'activité d'un radionucléide

BTP : Bâtiment et Travaux Publics

c/s : coups par seconde (unité)

CAMC : Communauté d'Agglomération de Marne et Chanteraine

CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

CEV : Centre d'Etudes de Vaujours

CLIS : Commission Locale d'Information et de Suivi

CS : Commission de Suivi

CTA : Coefficient de Transfert Atmosphérique

DAM : Direction des Applications Militaires

DCA : Défense Contre l'Aviation

DDAE : Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter

DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales

DGS : Direction Générale de la Santé

DIB : Déchet industriel Banal

DiRECCTE : Direction Régionale des Entreprises, de la Concurrence, de la Consommation, du Travail et de l'Emploi

DRIEE IdF : Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie pour l'Ile de France

DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

DRTEFP : Direction Régionale du Travail, de l'Emploi, et de la Formation Professionnelle

DST : Direction de la Surveillance du Territoire

EP : Eaux Pluviales

EPI : Equipement de Protection Individuelle

ERI : Excès de Risque Individuel

ESCOM : ESpace de COMmunication

ESP : Etude de Sécurité Pyrotechnique

EU : Eaux Usées

FFP : Filtering Facepiece Particles (pièce Faciale Filtrante contre les Particules) – Masque de protection

g : gramme

GRV : Grand Réservoir Vrac (bâches ou cubitainer de 1 m³ par exemple)

Gy : Gray, unité de mesure de dose absorbée du Système International

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

IDF : Ile de France

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

InVS : Institut de Veille Sanitaire

IPE : Inspecteur de l'armement pour les Poudres et Explosifs

IPSN : Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (maintenant appelé IRSN)

IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

ISDD : Installation de Stockage de Déchets Dangereux

ISDND : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux

Kg(s) : kilogramme(s)

LD : Limite de Détection

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OPRI : Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants

PCB : PolyChloroBiphényles aussi appelés biphényles polychlorés (BPC) ou « pyralènes »

PCR : Personne Compétente en Radioprotection

QD : Quotient de Danger

REX : Retour d'EXpérience

RP : Radio Protection

SDRIF : Schéma Directeur de la Région Ile de France

Sv : Sievert (unité)

TFA : Très Faible Activité

THE : Très Haute Efficacité

Tronçon : canalisation reliant 2 regards

VTR : Valeur Toxicologique de Référence

Préambule

Le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) a décidé d'arrêter ses activités sur le site du Fort de Vaujours en 1997. En mars 1998, le CEA a déposé son dossier de cessation d'activité à la Préfecture de Seine-et-Marne.

En janvier 2000, le rapport de la DRIRE propose l'instauration de servitudes d'utilité publique relative à l'utilisation du sol et du sous-sol ainsi que l'usage du site (limité aux activités industrielles).

En février 2000, la Préfecture de Seine-et-Marne soumet le projet d'instauration des servitudes à enquête publique qui se tiendra entre les mois de mai et juin 2000.

En août 2000, le rapport de l'enquête publique est remis au Préfet avec avis favorable à l'instauration de servitudes.

En novembre 2000, pour donner suite à l'enquête publique, les Préfets décident de mettre en place une commission de suivi et de constituer un groupe d'experts présidé par le Pr. GUILLAUMONT.

De janvier 2001 à septembre 2002, la commission de suivi s'est tenue à 5 reprises. L'ensemble des travaux réalisés a été présenté lors de la dernière réunion de septembre 2002.

L'Etat et le CEA ont engagé les procédures de cession par appel d'offres. Ainsi fin 2009, par appel à candidatures en vue de cession amiable du Fort de Vaujours, le Ministère de la Défense et le CEA ont respectivement mis en concurrence la cession du site avec de nombreuses insertions dans différents journaux de la presse nationale, locale ou professionnelle.

Il est à noter que seule la société Placoplatre a répondu aux deux appels d'offres offrant ainsi une solution de remise en état définitive du site. Il est également à noter que lors des réunions en sous-Préfecture de Torcy préalables au lancement des procédures de cession, les propriétaires (Etat et CEA) demandaient impérativement à ce que le Fort fasse partie des secteurs à céder. Placoplatre a accepté d'intégrer le Fort dans le périmètre pour faciliter la procédure (cf. compte-rendu en sous-préfecture du 2 juin 2006).

Rappelons enfin que les appels d'offres tant de l'Etat que du CEA ont mis en évidence comme élément principal de valorisation et de reconversion l'exploitation du gisement de gypse en conformité avec l'arrêté de servitudes du septembre 2005 prévoyant explicitement l'ouverture de carrière.

Enfin, le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire n'a pas donné suite aux demandes d'inscrire le site du Fort de Vaujours au Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (séances de 2011 et 2013).

Placoplatre a acquis en 2010 une partie des terrains (30 ha) du CEA et du Ministère de la Défense sur les communes de Courtry (77) et Vaujours (93) dans le but d'exploiter le gisement de gypse afin de prendre le relais de la carrière du Bois de Bernouille dans le but d'assurer l'approvisionnement de l'usine de Vaujours, la plus grosse usine de transformation de gypse au monde qui a fait l'objet récemment du plus gros investissement industriel de Saint-Gobain.

Situé au sud de l'usine de Vaujours, 1^{ère} usine de transformation du gypse dans le monde, ce gisement est primordial pour l'avenir du site qui emploie plus de 450 collaborateurs et génère plus de 3000 emplois indirects. Il est d'une très grande pureté (> 95%).

Le projet d'exploitation présente un bilan environnemental très favorable compte tenu de sa situation à moins d'un kilomètre des chaînes de fabrication et de l'absence de riverains proches. Il représente en outre pour la collectivité une solution définitive, écologique et économique au devenir de la quantité de bâtiments très endommagés du site, totalement abandonné depuis plus de 15 ans. Il permet de requalifier une friche industrielle en espace vert faisant partie de la ceinture verte de Paris au SDRIF.

Les gisements de gypse dans le SDRIF du 28 décembre 2013 ont été qualifiés de stratégiques et dont l'accès doit être préservé (plus de 80% des réserves d'Ile de France sont neutralisées). Ils ont été classés « d'enjeu national et européen ». Les réserves de gypse situées sous le Fort de Vaujours sont les dernières de Seine Saint Denis exploitables, croisant une très grande pureté et une épaisseur maximale.

Le gypse est l'une des rares ressources multi-filières à usage industriel stratégique pour l'industrie du plâtre, du ciment, pour les industries agro-alimentaire, pour le BTP et la construction de logements. Les produits du 2nd œuvre fabriqués sur le site représentent l'équivalent de 300 000 logements neufs par an et participent activement aux objectifs de performance thermique et d'économie d'énergie.

L'extraction du gypse à ciel ouvert nécessite des opérations préalables : défrichement, démolition des bâtiments, enlèvement des matériaux de recouvrement du gypse.

L'exploitation de la carrière de Bernouille prendra fin en 2020. Il nous faut donc exploiter la carrière du Bois de Guisy à ciel ouvert dès 2019 afin de pouvoir mixer les différentes qualités de gypse (3 masses de qualités différentes sont exploitées). Au préalable, des travaux de découverte sont nécessaires. Leur durée est estimée à 3 ans car la nature du terrain et les conditions climatiques de la région parisienne ne permettent d'intervenir que 6 mois par an. Et pour effectuer cette première phase de travaux, nous devons obtenir l'autorisation d'exploiter qui nécessite l'instruction de notre dossier dont une enquête publique.

Au regard de l'historique du site, ces opérations appellent un avis de l'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN).

Ce rapport traite en particulier la problématique radiologique. Il est destiné à apporter des précisions sur la nature des travaux à engager et la méthodologie employée qui permettra

d'assurer la protection des travailleurs et de l'environnement afin d'aboutir à l'extraction du gypse.

Les solutions proposées sont basées sur la connaissance du site (à partir du dossier d'abandon, des différentes études réalisées [cf. 1.5 Références], des avis d'experts et bureaux d'études ainsi que des informations et études techniques du CEA), une analyse des risques élaborée avec l'aide du Pôle de compétence « Calculs d'impact » du CEA [cf. 6 Les études d'impact sur les travailleurs et les riverains] ainsi que sur le retour d'expérience de la première phase des travaux de démolition réalisée en avril 2014 (cf. 3.1 Retour d'expérience).

Il est important de rappeler que toutes les phases de travaux respecteront l'Arrêté inter-préfectoral n° 05 DAI 21C 173 du 22/09/2005 instaurant des servitudes d'utilité publique [cf. 1.4 Servitude] tout comme la première phase de démolition en a tenu compte

Placoplatre s'engage également à respecter les recommandations émises par l'ASN dans ses avis du 20 mars 2015, du 3 juin 2016 et du 19 mai 2017.

Les pages suivantes présenteront en détails :

- l'historique des bâtiments qui permettra de cibler les zones potentiellement sensibles et les activités qui y ont été conduites (voir également le dossier d'abandon) ;
- les méthodes de démolition et d'exploitation envisagées ;
- la stratégie de contrôle radiologique pour l'ensemble des opérations ;
- les règles de gestion et d'évacuation des produits de démolition et de terrassement ;
- les études d'impact sur les travailleurs et les riverains ;
- la surveillance des chantiers et de l'environnement.

Synthèse de l'avis de l'ASN du 20 mars 2015

- Caractérisation des zones, contrôles radiologiques et mesures de gestion :
 - Reconstitution détaillée de l'historique de l'usage de l'ensemble des bâtiments
 - Sur la base de cette étude historique, 5 catégories de bâtiments et aires extérieures ont été définies :
 - Catégorie A : les bâtiments n'ayant jamais fait l'objet de stockage, utilisation ou transit d'uranium
 - Catégorie B : les postes de tirs dans lesquels ont eu lieu des expérimentations utilisant de l'uranium
 - Catégorie C : les bâtiments de stockage ou de transit de l'uranium
 - Catégorie D : les aires de stockage ou de transit de l'uranium, les zones extérieures dites de points singuliers
 - Catégorie E : les autres aires extérieures
- Mesures de protection radiologique des travailleurs et des riverains:
 - Les résultats des évaluations d'impact réalisées pour les travailleurs et le public concluent à des doses susceptibles d'être reçues très faibles voire négligeables
- Stratégie de démolition :
 - Ecroutage systématique enveloppe des surfaces des postes de tirs (catégorie B) et des pièces annexes en vue directe des tirs
 - Réaliser à minima des mesures complémentaires progressives dans un rayon de 100 mètres autour des postes de tirs à l'air libre et semi-confinés (catégories A, C et D) si ces zones ne sont pas incluses dans les zones de points singuliers
 - Investigations radiologiques au-delà de la profondeur d'un mètre pour les aires de stockage ou de transit de l'uranium et les zones dites de points singuliers (catégorie D)
 - Réalisation de mesures complémentaires sur une sélection judicieuse de surfaces externes de bâtiments (catégorie A) localisés autour des postes de tirs à l'air libre et semi-confinés, et situés à plus de 100 mètres de ces mêmes postes
- Gestion des déchets et des gravats :
 - L'ensemble des déchets produits par les opérations d'assainissement pour les bâtiments de catégorie B et les ouvrages annexes (canalisations, puits) seront dirigés vers une filière d'élimination des déchets radioactifs de très faible activité TFA
 - Concernant les autres matériaux issus de la démolition des bâtiments, l'ASN n'a pas d'objection à leur envoi vers une filière conventionnelle (hors déchets spécifiques dirigés vers les filières ISDND ou ISDD...)

Synthèse de l'avis de l'ASN du 3 juin 2016

L'avis porte sur les modalités d'exécution des travaux projetés sur les canalisations enterrées, limitées à la commune de Vaujours et hors du périmètre du fort central.

➤ Stratégie des contrôles et moyens mis en œuvre :

- Catégorisation des canalisations d'évacuation des eaux usées et pluviales :
 - Catégorie C1 : canalisations dirigeant des eaux pluviales vers les fossés
 - Catégorie C2 : canalisations reliées à la station d'épuration située au sud de la route stratégique, hors du site
 - Catégorie C3 : canalisations dirigeant des eaux pluviales vers le puits P1
 - Catégorie C4 : canalisations dirigeant des eaux pluviales vers les puits P2, P3, P4, P5 et P9 :
 - Catégorie C4a : canalisations reliant directement les chambres de tirs dans lesquelles ont eu lieu des expérimentations avec de l'uranium aux puits P2, P4, P5 et P9
 - Catégorie C4b : canalisations collectant uniquement les eaux pluviales
- Aucune canalisation de catégorie C4a n'est présente dans le périmètre du site étudié. Toutes les catégories de canalisations présentes dans le périmètre (C1, C2, C3 et C4b) feront l'objet de contrôles radiologiques ciblés dans l'objectif de vérifier l'hypothèse d'absence de contamination.
- En préalable des contrôles radiologiques, Placoplatre transmettra à l'ASN la méthode de détermination du bruit de fond radiologique sur les matrices solides.
- L'ensemble des contrôles réalisés sur les canalisations et les protocoles de mesure associés seront intégrés aux bilans trimestriels des travaux.

➤ Gestion des déchets :

- Les servitudes instaurées par l'arrêté inter-préfectoral du 22 septembre 2005 imposent un arrosage à grande eau des canalisations. Les eaux de lavage qui seront générées par cette disposition seront conditionnées dans des contenants. Une mesure systématique de chaque contenant sera réalisée afin d'orienter les eaux vers la filière adéquate.

Synthèse de l'avis de l'ASN du 19 mai 2017

L'avis porte sur les modalités d'exécution des travaux projetés sur les canalisations enterrées, limitées au secteur A8, situées sur la commune de Courtry, hors fort central.

A l'instar des zones A1 à A6 aucune canalisation de catégorie C4a n'est présente dans le périmètre de la zone A8. Les canalisations dont le retrait est envisagé sur ce périmètre ne sont reliées, ni ne traversent :

- Des bâtiments utilisés pour le stockage ou le transit de l'uranium (bâtiment de catégorie C)
- Des aires extérieures de stockage ou de transit de l'uranium ou des zones extérieures dites de ponts singuliers (aires de catégorie D)
- Des postes de tirs dans lesquels ont eu lieu des expérimentations utilisant de l'uranium (bâtiment de catégorie B)

Une canalisation de type C2, transportant des eaux usées issues du Fort central vers la station d'épuration traverse la zone A8. Des contrôles en amont des tronçons de la canalisation pourraient être de nature à le dédouaner ou exclure la dite canalisation du projet de démolition.

1. Rappel sur les principales conclusions des dossiers de référence

Ces dossiers constituent les documents de référence sur la base desquels les autorités ont émis un avis sur la qualité de la remédiation du site et imposé des servitudes (pyrotechnique et radiologique) dès lors que des travaux d'excavation ou de terrassement seraient entrepris. Il s'agit principalement du dossier de cessation d'activité établi par le CEA, du rapport GUILLAUMONT et du rapport du groupe de santé dont nous rappellerons les principales conclusions [1-2-3-4].

1.1. Le dossier d'abandon

Ce dossier est constitué de quatre volumes qui ont été établis sur plusieurs années (entre 1998 et 2003).

Volume 1 [1]:

Mesures prises par le CEA pour garantir la protection des intérêts du futur repreneur et de l'environnement direct du Centre (remise en état du site). Il répond aux dispositions de l'article 34-1 du décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977, concernant les obligations que doit remplir tout exploitant vis-à-vis d'une cessation des activités ICPE.

Il comprend les éléments suivants :

- Présentation de l'historique des activités du site ;
- Description de l'organisation mise en place pour assurer la gestion des déchets (mode de gestion, filière de traitement, traçabilité administrative) ;
- Présentation d'un état du site avec l'ensemble des activités exercées, des produits utilisés (localisation, description des usages) et des déchets générés ;
- Examen approfondi sur l'état des installations susceptibles d'être rétrocedées (transformateurs, chaufferies, groupes électrogènes de secours, cuves de stockage d'hydrocarbures, station d'épuration biologique) apportant les preuves sur le contrôle du bon fonctionnement des installations vis-à-vis de la protection de l'environnement ;
- Examen approfondi des activités supprimées avec notamment les phases de démantèlement (dont les opérations de neutralisation des cuves de stockage d'hydrocarbures, les opérations de désamiantage, les opérations d'élimination des solvants, produits chimiques et pyrotechniques, des substances radioactives, des transformateurs au PCB) et présentation des procédures mises en place et les résultats qualitatifs et quantitatifs issus du traitement de ces matières, par des sociétés extérieures spécialisées et agréées, en apportant les preuves nécessaires pour démontrer que le CEA a bien pris toutes les dispositions en vue de la remise en état du site ;
- Gestion de substances radioactives (uranium naturel ou appauvri) présentes (inventaire et contrôle des flux) et destinées aux expérimentations ;
- Modalités de réalisation de l'assainissement radioactif et du contrôle radiologique final de l'ensemble du site.

Volume 2 [2]:

Il comporte des études et des travaux complémentaires pour répondre aux exigences de l'article 18 du décret du 21 septembre 1977 :

- Plan à l'échelle 1/2500 des abords des installations ou seront indiqués tous les bâtiments, avec leur ancienne affectation, les voies publiques et les points d'eau ;
- Plan d'ensemble des installations à l'échelle 1/200 comportant le tracé des égouts ;
- Analyse du site et de son environnement ;
- Attestations d'enlèvement et certificats manquants des installations démantelées ;
- Attestation de dépollution pyrotechnique par le Général de corps d'armée BILLOT, gouverneur militaire de Paris s'appuyant sur l'avis de l'inspecteur de l'armement pour les Poudres et Explosifs. **Cet avis mentionne que la présence de munitions chargées de gaz toxiques (ypérite, phosgène, chloropicrine,...), parmi celles dispersées dans le site, paraît improbable dans la mesure où des combats n'ont jamais eu lieu dans ce secteur au cours de la 1^{ère} guerre mondiale. La société NAVARRA n'a d'ailleurs pas identifié de munitions à chargement chimique parmi les quelques munitions qu'elle a découvertes au cours de l'audit ;**
- Note de la Direction Générale de la Santé (Bureau de la Radioprotection) relative aux niveaux de référence à appliquer pour l'assainissement du site (vis-à-vis des matières radioactives qui y ont été utilisées) transmise par l'OPRI :
 - A l'extérieur des bâtiments ou pour les bâtiments destinés à la démolition, il faut retenir un seuil de décontamination égal à 5 Bq d'uranium par gramme de terre et un débit de dose de 1 µGy par heure ;
 - A l'intérieur des bâtiments, occupés ou susceptibles de l'être, il faut retenir un seuil de décontamination égal à 1 Bq d'uranium par gramme de matière et un débit de dose de 0,2 µGy par heure ;
 - Au-dessus de ces valeurs, il sera nécessaire de procéder à des opérations d'assainissement jusqu'à atteindre ces seuils ;
- Certificats de destruction des déchets dits « produits chimiques » ;
- Etat radiologique de l'établissement de Vaujours et bordereaux d'élimination des déchets radioactifs.

Conclusions du dossier d'abandon :

« Au 1^{er} février 1998, l'établissement de Vaujours du CEA/DAM ne présente aucune contrainte radiologique :

- Toutes les matières nucléaires, toutes les sources radioactives liquides et solides, et tous les déchets massifs, compactables ou techniques générés par les opérations d'assainissement ont été éliminées,
- **Tous les bâtiments techniques et administratifs ont été contrôlés ; aucune présence de matière radioactive n'existe,**
- Tous les postes de tirs ont été assainis ; les niveaux d'activité résiduelle en Uranium 238 sont compris entre 0,5 et 0,15 Bq/g et le débit de dose varie entre 0,05 et 0,1 µGy/h. Ces valeurs restent inférieures aux valeurs recommandées par la DGS (1 Bq/g et 0,2 µGy/h),
- Les sols du fort central ont fait l'objet d'un contrôle minutieux afin d'éliminer toute trace d'uranium particulaire. Leur concentration en Uranium 238 varie entre 0,03 et 1 Bq/g tandis que le débit de dose observé fluctue entre 0,05 et 0,3 µGy/h (les débits de dose maximaux sont généralement observés au contact de pierres présentant une radioactivité naturelle significative). Ces mesures restent inférieures aux valeurs de référence retenues par la DGS (5 Bq/g et 1 µGy/h),
- **A l'extérieur du fort central, les sols présentent des concentrations en Uranium 238 comparables à celles des sols de la région (environ 0,03 Bq/g),**
- Les puits d'évacuation d'eau et les puisards recèlent des activités en Uranium 238 inférieures à 0,3 Bq/g et des débits de dose compris entre 0,05 et 0,3 µGy/h, valeurs inférieures aux valeurs DGS (5 Bq/g et 1 µGy/h).

D'après le courrier du Directeur de la Stratégie Scientifique et Technique du 9 juillet 1998, concernant l'assainissement du Centre de Vaujours, il est mentionné que l'OPRI (Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants) a effectué le 2 juillet 1998 le contrôle radiologique final du site.

Le contrôle a porté sur les points suivants :

- Bâtiments suspectés de contamination
- Puisards d'évacuation des eaux de pluie et de lavage
- Emplacement des installations assainies

Les mesures radiométriques effectuées dans les différents endroits précités n'ont pas montré de niveau de rayonnement différent du rayonnement naturel relevé hors du site et respectent les niveaux de référence définis par la note Direction Générale de la Santé 98-085 du 20 janvier 1998.

Le site du CEA-DAM installé au fort de Vaujours peut être considéré comme assaini. »

Nota : toutes les citations ou extraits de documents sont systématiquement mentionnés en italique dans l'ensemble de ce rapport.

Volume 3 [3]:

Suite au dépôt du dossier d'abandon (volumes 1 et 2) par le CEA à l'autorité préfectorale, la DRIRE émet un rapport prescrivant l'instauration de servitudes d'utilité publique relatives à l'utilisation du sol et du sous-sol ainsi qu'à l'exécution de certains travaux. Dans ses conclusions, le rapport final du Président de la commission d'enquête :

- Emet un avis favorable, assorti de deux réserves, à l'instauration des servitudes d'utilité publique préconisées par le Préfet **[9]** ;
- Recommande en outre un complément d'étude hydrogéologique.

Pour répondre aux préoccupations exprimées par les communes concernées et un certain nombre d'associations, le CEA propose aux préfetures d'apporter des éléments de réponse aux préoccupations exprimées par les populations en :

- Complétant les études hydrogéologiques et radiologiques dans le cadre d'un travail complémentaire validé par un scientifique de haut niveau ;
- Associant aux travaux et mesures des experts indépendants sous la conduite du professeur GUILLAUMONT.

Les Préfets ont alors décidé de créer une « Commission de suivi » à l'exemple d'une CLIS destinée à éclairer en toute transparence l'ensemble des acteurs concernés par ce dossier. Au total, cinq commissions de suivi seront tenues. Entre chaque commission, le groupe de travail technique s'est réuni à vingt reprises. Les comptes rendus figurent en Annexe du volume 3 du dossier d'abandon tout comme les rapports des experts et du conseil des associations.

Les principales conclusions et recommandations sont reprises dans le chapitre 1.2 ci-dessous.

Volume 4 [4]:

Ce volume, dans la suite du précédent, reprend les études commandées par la commission de suivi :

- Suivi hydrogéologique et géochimique – Rapport de fin de campagne **[6]** (BURGEAP) ;
- Reconnaissances hydrogéologiques et caractérisation géochimique des roches et des eaux souterraines – Rapport d'avancement (BURGEAP) ;
- Le rapport du groupe Santé dont les conclusions sont exposées au chapitre 1.3 ci-dessous ;
- Valeurs guides et résultats en matière de pollution des sols ;
- Rapport de synthèse des interventions du laboratoire SUBATECH.

1.2. Le rapport GUILLAUMONT

Afin de répondre aux préoccupations des mairies et des riverains des communes avoisinantes exprimées lors du dépôt du dossier de cessation d'activité (en février 1998), les préfets de la Seine-et-Marne et de la Seine-Saint-Denis ont conjointement décidé de faire procéder à un complément d'études et à **une expertise ouverte et transparente**. Pour cela, ils ont mis en place une Commission de Suivi (CS) relative à la cessation d'activité du site. **Un groupe d'experts indépendants**, présidé par le Professeur GUILLAUMONT, a été chargé d'effectuer l'expertise technique concernant la situation radiologique et hydrogéologique du CEV. Par ailleurs, **l'expertise de la situation sanitaire a été conduite par un Groupe Santé** qui a remis un rapport séparé.

Des groupes de travail (Commission de Suivi, Groupe Technique, Groupe Santé) se sont tenus du 25 janvier 2001 au 24 septembre 2002. Ils ont réuni **plus de 130 participants** composés de **représentants de l'état**, des **élus**, des **associations**, de la **CRIIRAD** qui représentait les associations et du CEA mais également de nombreux **experts**.

L'objectif de cette expertise était d'effectuer des travaux complémentaires et de réexaminer l'hydrogéologie du site afin de valider les résultats des mesures radiométriques déjà réalisées et de répondre aux questions retenues par l'enquête publique.

Dans le compte-rendu de la commission de suivi du 24 septembre 2002, il est mentionné dans le §5 Discussions : « *En ce qui concerne le bilan mené par le groupe santé, M.Chareyron estime que celui-ci est rassurant pour le présent. L'analyse des mousses (cf. localisation des prélèvements annexe 19) ou de l'eau a démontré qu'il n'y avait pas de présence d'uranium et donc pas de souci de contamination.* »

En conclusion, il est mentionné que « *l'état radiologique du sous-sol et des nappes d'eau ainsi que le système hydrogéologique du site de Vaujours sont maintenant bien connus [5].* »

A l'extérieur du fort central et sur le site, il n'y a aucune anomalie radiologique. Il subsiste un marquage superficiel résiduel du sol faible et diffus limité autour de la zone RX1. Les concentrations en uranium tant du sol que des eaux souterraines sont normales.

Les nappes d'eaux souterraines ont leurs propres caractéristiques qui montrent qu'il n'y a pas d'infiltrations naturelles verticales au travers des argiles vertes, des marnes supra-gypseuses et du gypse. Il n'y a pas de mélange des eaux de ruissellement avec les eaux de ces nappes.

Aucune trace d'uranium utilisé dans des expérimentations n'a été décelée dans les puits aux environs du site.

Recommandations :

Toutes les mesures radiométriques et radiologiques réalisées sur le CEV permettent de considérer que l'état radiologique du CEV est conforme aux règles prescrites par la DGS en 1998.

Mais compte tenu des expérimentations avec l'uranium effectuées dans le passé au CEV, il semble raisonnable, **par précaution, de maintenir la servitude qui avait été projetée concernant la radioactivité, mais de la limiter à l'emprise du fort central.**

L'infiltration des eaux dans les puits de drainage du CEV conduit à la circulation d'eau au travers des fissures présentes dans le gypse. Ces eaux sortent, à flanc de butte, dans les colluvions où elles se diluent très fortement dans les eaux de ruissellement. Aucune anomalie de teneurs chimiques et isotopiques en uranium n'y a été détectée, ni dans les sources et puits de la périphérie du CEV ».

1.3. Le rapport du Groupe Santé

Etude menée entre mars 2001 et avril 2002.

Un groupe de travail Santé a été créé pour apporter à la commission de suivi des éléments d'information complémentaires sur les conséquences potentielles de l'activité du site sur la santé des riverains.

Ce groupe est constitué des représentants des services de l'état et du CEA. Les médecins inspecteurs de santé publique des DDASS 77 et 93 ont souhaité associer à ce groupe un médecin inspecteur régional du travail, représentant de la DRTEFP IDF. Ce groupe a bénéficié de l'appui du Département Santé-Travail (DST) et de l'Institut de Veille Sanitaire (InVS).

Les effets recherchés ont été centrés sur ceux liés à la toxicité chimique et radiologique de l'uranium naturel et appauvri. Les données issues de la surveillance médicale des personnels du CEV (1956-1997) ont été utilisées comme un indicateur indirect des effets sur la santé d'une éventuelle exposition environnementale de la population autour du site. Les effectifs étudiés représentent en moyenne 800 travailleurs par an, entre 1965 et 1992.

Conclusions :

« Dans le cas particuliers de Vaujours, les études épidémiologiques et 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 qui ont séjourné peu de temps sur le site. Cette observation est un résultat constant de la littérature, notamment pour ce qui concerne les cancers du sein. Ces résultats sont tout à fait conformes à ce qu'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.

Enfin rappelons que le site, dont historiquement l'activité principale fut la pyrotechnie, devrait faire l'objet de servitudes pour écarter tout risque lié à une exposition du public.

En l'état actuel des informations recueillies sur le site, et vu les conclusions du groupe technique, il semble raisonnable de rassurer les riverains ».

1.4. Servitudes de l'arrêté (article 2)

Un arrêté inter-préfectoral en date du 22 septembre 2005 a été prescrit en vue de l'institution des servitudes d'utilité publique sur la totalité des parcelles de terrains constituant l'emprise du site dit de VAUJOURS. Les servitudes imposées par l'arrêté du 22 septembre 2005 sont les suivantes :

« Usage du site »

L'occupation du site sera limitée à des activités d'industrie ou de services à l'industrie ou assimilées. En particulier, un usage résidentiel, des activités agricoles, des activités entraînant la présence régulière d'enfants, les établissements recevant du public et les lieux de rassemblement de personnes (parc public, camping, aire de spectacle, ...) sont proscrits.

Concernant la présence éventuelle de munitions anciennes ou d'éléments de ces mêmes munitions

La dépollution du site des pollutions pyrotechniques a été réalisée en juin et juillet 1998 jusqu'à une profondeur de 0,50 mètre sur des zones ne comportant pas de bâtiments et de routes goudronnées. En conséquence, tous les travaux de terrassement effectués sur ce site doivent se faire dans le respect des précautions prises habituellement lors de chantiers dans des zones susceptibles d'être contaminées par des munitions.

Concernant la présence éventuelle de particules explosives

Les canalisations, qui ont servi à l'évacuation d'effluents liquides, peuvent être chargées de particules explosives. Elles n'ont pas pu être visitées sur toute leur longueur et peuvent présenter des fissures par lesquelles des particules explosives ont pu s'échapper et se concentrer.

En conséquence toute démolition ou modification de canalisations sur le site doit s'effectuer en respectant les précautions élémentaires suivantes :

- *Arrosage à grande eau de la canalisation et de son environnement proche afin de rendre moins sensible l'explosif qui s'y serait éventuellement déposé. Les effluents et déchets produits sont traités conformément à la réglementation en vigueur.*
- *Utilisation d'engins de chantier permettant au conducteur d'être relativement éloigné (au minimum 2 à 3 mètres) d'une éventuelle concentration d'explosifs, à l'exclusion des moyens tels que des marteaux piqueurs qui mettent l'opérateur à proximité de celle-ci.*

Concernant la présence éventuelle d'une radioactivité résiduelle, autre que naturelle dans les terrains du site

Tous les travaux de terrassement, d'excavation ou intervention sous la surface du sol, notamment sur les réseaux de collecte des eaux pluviales, sont réalisés avec les précautions conformes aux règles de radioprotection. L'IRSN est consulté préalablement sur les modalités d'exécution des travaux.

Les déchets éventuellement contaminés sont évacués selon les procédures en vigueur.

Les terres issues des travaux de terrassement, construction ou modification du terrain doivent être stockées sur le site même. Elles sont soumises au traitement ou au confinement nécessaire pour respecter le seuil de décontamination de 5 Bq d'uranium par gramme de terre et un débit de dose maximal de 1 μ Gy/h à l'extérieur des bâtiments. Ces travaux doivent également garantir le respect du seuil de décontamination de 1 Bq d'uranium par gramme de matière et un débit de dose de 0,2 μ Gy/h à l'intérieur des bâtiments.

En cas d'ouverture de carrière, les modalités d'extraction et les conditions de sortie des matériaux sont fixées dans l'autorisation correspondante qui détermine notamment les niveaux de radioactivité acceptables tant du point de vue de la santé des travailleurs que des usages prévus des matériaux ».

1.5. Références

Dossier de cession :

- [1] Dossier d'abandon Volume 1, Centre de Vaujours– CEA (1998)
- [2] Dossier d'abandon Volume 2, Complément d'informations – CEA (1998)
- [3] Dossier d'abandon Volume 3, Rapports commission de suivi – CEA (2003)
- [4] Dossier d'abandon Volume 4, Annexes – CEA (2003)
- [5] Synthèse documentaire historique et hydrogéologique – BURGEAP (2001)
- [6] Suivi hydrogéologique et géochimique – BURGEAP (2002)
- [7] Résultats des mesures en spectrométrie – SUBATECH (2001)
- [8] Rapport de synthèse des interventions sur le site de Vaujours – SUBATECH (2002)
- [9] Arrêté inter préfectoral n° 05 DAI 2IC 173 du 22/09/2005 – PREFECTURE (2005)

Etudes PLACOPLATRE :

- [8] Compte rendu factuel de mesures diagaphiques site de Vaujours – LIM LOGGING (2011)
- [9] Prélèvements et analyses dans la nappe de l'Eocène supérieur – ANTEA (2011)
- [10] Mesures radiamétriques fort de Vaujours – IRSN (2011)
- [11] Contrôle radiologique de carottes et analyse d'échantillons – IRSN (2011)
- [12] Caractérisation radiologique des eaux souterraines, mesures et prélèvements des 14 et 15 février 2012) – ALGADE (2012)
- [13] Compte rendu factuel de mesures diagaphiques des puits et inspection vidéo – LIM LOGGING (2012)
- [14] Note de synthèse de documents historiques – BURGEAP NUDEC (2013)
- [15] Plan de surveillance radiologique – BURGEAP NUDEC (2013)
- [16] Procédure de suivi de propreté radiologique – BURGEAP NUDEC (2013)
- [17] Procédure de suivi des matériaux - BURGEAP NUDEC (2013)
- [18] Plan de surveillance radiologique Phase 1 - BURGEAP NUDEC (2013)
- [19] Etude et argumentaire pour la proposition d'un seuil opérationnel de décontamination en phase de démolition du site - BURGEAP NUDEC (2013)
- [20] Etude documentaire radiologique pour l'exploitation d'une carrière de gypse sur le site du Bois de GUISY – CERAP (2013)
- [21] Synthèse bibliographique - BURGEAP NUDEC (2013)
- [22] Plan de surveillance des eaux - BURGEAP NUDEC (2013)
- [23] Procédure de suivi des eaux - BURGEAP NUDEC (2013)
- [24] Procédure en cas de détection d'eaux impactées par de l'uranium.- BURGEAP NUDEC (2013)
- [25] Diagnostic écologique préalable au montage d'un DDAE – OCTOBRE ENVIRONNEMENT (2013)
- [26] Etude hydraulique et hydrogéologique – HYDRATEC (2013)
- [27] Suivi radiologique de la phase n°1 des travaux de démolition – BURGEAP NUDEC (2014)
- [28] Analyse de Sécurité Pyrotechnique – PYROTECHNIS (2014)

- [29]** Etude de Sécurité Pyrotechnique – PYROTECHNIS (2014)
- [30]** Plans de Retrait Amiante – BRUNEL (2015)
- [31]** Guide méthodologique - Gestion des sites potentiellement pollués par des substances radioactives. Ministère de l'écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement - INSTITUT de RADIOPROTECTION et SURETE NUCLEAIRE, AUTORITE de SURETE NUCLEAIRE (Décembre 2011).
- [32]** Arrêté du 1er septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants (2003).
- [33]** CIPR 66 - Human respiratory tract model for radiological protection – 1994
- [34]** Article R1333-8 du Code de la Santé Publique
- [35]** Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact - INSTITUT NATIONAL de VEILLE SANITAIRE (Février 2000).
- [36]** Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques, en vigueur dans l'eau, l'air et les denrées alimentaires en France au 1er décembre 2007 - Rapport d'étude INERIS n° DRC-07-86177-15736A (décembre 2007).
- [37]** Les appareils de protection respiratoire : choix et utilisation – INRS (2011)
- [38]** Mesures de contamination radioactive : méthode et sensibilité – RP CONSULT (2016)
- [39]** Méthode de détermination du bruit de fond radiologique – RP CONSULT (2017)
- [40]** Contrôles radiologiques des extérieurs des bâtiments (toitures et façades) – NUDEC (2015)
- [41]** Diagnostic radiologique des sols de la catégorie E – NUDEC (2015)

2. Historique des bâtiments

Le site acquis par Placoplatre est situé sur le massif de la butte de l'Aulnay, sur les communes de Vaujours (Seine Saint-Denis) et Courtry (Seine et Marne). Les bâtiments actuels proviennent à la fois de l'ancien fort de Vaujours et du Centre d'Etudes de Vaujours du CEA.

Toutes les informations de ce paragraphe sont issues du dossier d'abandon et d'informations complémentaires fournies par le CEA.

2.1. Le fort de Vaujours de 1876 à 1955

Suite à la défaite de 1870, il a été décidé de moderniser les défenses de Paris. C'est dans ce contexte que le fort de Vaujours a été créé. Composé d'un fort central et de deux batteries de défense du fait de la composition du terrain, il a été construit entre 1876 et 1883 selon le modèle du général Séré de Rivières. Il consiste en trois ouvrages de défense polygonaux semi enterrés entourés de fossés secs.

Les matériaux utilisés dans la construction des ouvrages sont des pierres de taille calcaires pour la maçonnerie superficielle et des moellons de meulière pour les soubassements. La structure originelle de l'ouvrage est encore visible aujourd'hui, malgré les nombreuses modifications apportées par le CEA qui y a construit ou aménagé 316 bâtiments.

Afin de gérer l'assainissement pluvial, des puits d'infiltration ont été créés.

Première période d'utilisation par l'armée :

Utilisation comme terrain d'entraînement ou d'essais.

Première guerre mondiale :

Utilisation du fort comme batterie et poste de défense. Il n'y a pas eu de combats sur le site (cf. Volume 2 page 16).

Deuxième période d'utilisation par l'armée :

De 1918 jusqu'à une date non précisée, la Défense reprend l'utilisation du fort comme terrain d'entraînement et d'essais.

Première période d'utilisation par la poudrerie de Sevran :

De cette date non précisée jusqu'en 1939, la poudrerie de Sevran réalise des essais de produits pyrotechniques sur le site et se sert de casemates comme stockage de munitions.

Deuxième guerre mondiale :

Dès 1939, après une courte utilisation du fort par l'armée française comme batterie de DCA, l'armée allemande prend possession du fort et s'en sert de stockage de munitions. Ce stockage dure jusqu'en 1944, date à laquelle l'armée évacue en faisant sauter une partie des munitions stockées.

Cet événement est à l'origine de la pollution pyrotechnique des sols. Le fort n'a vraisemblablement pas connu de combats durant la seconde guerre mondiale.

Le fort reste ensuite inoccupé entre 1944 et 1947.

Nota : La société NAVARRA Frères a réalisé un audit de pollution pyrotechnique du site. Le rapport d'activité met en évidence la présence de munitions dans des zones bien délimitées (cf. Annexe 11 : Zones de mise à jour des munitions [issu du Volume 1 du dossier d'abandon]). Des travaux de dépollution pyrotechnique des sols jusqu'à une profondeur de 0,50 mètre ont été entrepris.

Deuxième période d'utilisation par la poudrerie de Sevran :

En 1947, la poudrerie de Sevran reprend possession du fort et réalise des essais notamment sur les maquettes des fusés V1 et V2.

2.2. Le Centre d'Études de Vaujours de 1955 à 1998

Créé par le CEA en 1955, le Centre d'Études de Vaujours (CEV) était dédié à la mise au point des détonateurs et des explosifs utilisés dans des armes de la force de dissuasion française. Le CEV a été implanté sur l'ancien fort de Vaujours auquel ont été adjoints des terrains contigus. Ce site couvrait une surface de 49,6 hectares.

2.2.1. Activités du CEV

Les principales activités du CEV étaient les suivantes :

- Etudes théoriques des explosifs et du comportement des matériaux sous chocs ;
- Simulation des expérimentations par modélisation numérique ;
- Etudes, fabrications et contrôles de compositions explosives et de détonateurs ;
- Expérimentations pyrotechniques pour tester les explosifs et les géométries d'engins, et pour obtenir les paramètres physiques utilisés dans les simulations ;
- Expérimentations complémentaires avec d'autres moyens comme le canon à gaz léger, afin de mesurer des paramètres physiques complémentaires.

Pour mener ces activités, le CEV a réutilisé les bâtiments de l'ancien fort de Vaujours. Les casemates militaires protégeant les canons et les batteries ainsi que les casemates de stockage de munitions de guerre ont été construites pour résister à des explosions. Elles étaient donc parfaitement adaptées à la réalisation d'expérimentations pyrotechniques ainsi qu'à la fabrication des explosifs et à leur stockage. Ces bâtiments des années 1870 ont été complétés par de nouvelles casemates dans le fort central et de nouveaux bâtiments pyrotechniques dans la zone ouest du CEV avec pour principe de cloisonner les activités afin d'éviter le risque de propagation d'une explosion accidentelle. Cette règle de sécurité explique la création d'un grand nombre de petits bâtiments de type merlonné.

D'autres bâtiments plus classiques ont été construits en dehors de l'enceinte du fort central pour héberger les bureaux, les laboratoires et les utilités nécessaires au fonctionnement du CEV : chaufferie, cantine, poste d'alimentation électrique, etc. L'essentiel des constructions du CEA date de la période 1956-1968. La configuration du bâti n'a plus évolué notablement par la suite. La destination de chaque bâtiment est donnée en Annexe 1 avec son évolution dans le temps. La figure suivante donne la répartition des surfaces construites par type de bâtiment en incluant les bâtiments historiques de l'ancien fort.

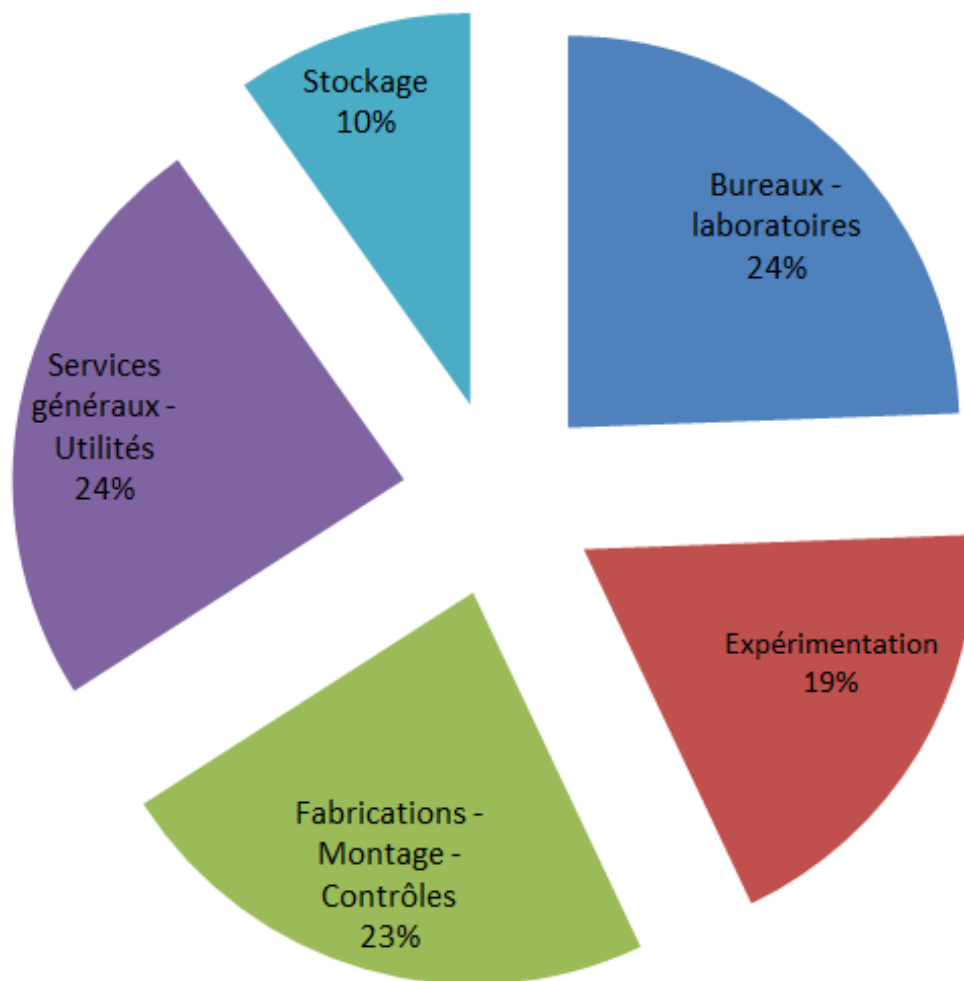


Figure 1 : Surfaces construites par type de bâtiment

2.2.2. Topologie du CEV

D'un point de vue topologique, le CEV était structuré en plusieurs zones afin de gérer le risque pyrotechnique (voir répartition Annexe 7):

- **le fort central** (23% des surfaces de bâtiments) était réservé aux expérimentations pyrotechniques. **Aucune expérimentation pyrotechnique n'était réalisée en dehors de ce périmètre** (à l'exception des tirs en milieu confiné dans LG3). A l'intérieur du fort central, les expérimentations pyrotechniques étaient réalisées à l'air libre sur une zone délimitée RX3 (dans les premières années) puis dans des casemates afin de confiner les explosions. Les expérimentations étaient réalisées en tenant compte des conditions météorologiques afin de diriger les éventuelles poussières en dehors des zones de vie que constituaient les bâtiments hors fort central.

Une partie des expérimentations mettaient en œuvre de l'uranium naturel ou appauvri (24% des surfaces du fort central – voir figure 2 page suivante) dans des casemates de tirs (ou postes de tirs). **Les autres casemates de tirs pyrotechniques n'ont vu aucun matériau radiologique** (46% des surfaces du fort central). Elles ne mettaient en œuvre que de l'explosif et des matériaux non radioactifs (acier, aluminium, cuivre). L'explosif lui-même ne contenait jamais d'uranium. Il s'agissait de morceaux d'explosif solide usinés à la forme nécessitée par l'expérience. Les autres locaux du fort central étaient utilisés pour le stockage, les services

techniques et la préparation des montages expérimentaux (voir implantations Annexe 8). Les zones dites « de stockage d'uranium » concernaient de l'uranium sous forme massive (pas de forme pulvérulente ou contaminante). L'annexe 3 indique l'emplacement des bâtiments ayant été utilisés pour le stockage d'uranium sous forme massive.

- **la zone ouest du CEV ainsi que les batteries nord et sud** étaient réservées aux travaux de formulation et de fabrication des explosifs (réalisation des poudres, pressage des poudres, usinage des explosifs, contrôles, montages dans des dispositifs expérimentaux, stockage...). L'organisation du travail prévoyait que les éléments en explosif soient fabriqués sur place dans les ateliers du CEV situés hors du fort central grâce aux installations de chimie, de pressage des poudres, d'usinage de pièces massives d'explosif obtenues après pressage et contrôle. L'usinage des pièces en uranium et leur contrôle étaient réalisés dans le centre CEA de Bruyères-le-Châtel puis expédiées à Vaujours pour s'intégrer aux édifices en tant que support ou comme élément principal lorsque les édifices ne comportaient pas d'uranium. Ces différentes pièces étaient acheminées séparément dans le fort central.
 - Le montage des édifices expérimentaux était réalisé juste avant les expérimentations en fonction du planning d'utilisation des différents postes de tirs.
 - Ces montages se faisaient directement dans la chambre d'expérimentation du poste de tirs lorsque la géométrie des objets était simple.
 - Précisons enfin qu'aucune archive retrouvée ne mentionne que cette activité ait été réalisée dans d'autres ateliers du fort central situés à proximité des casemates de tir mais cela ne peut être totalement exclu pour des montages techniques nécessitant l'utilisation de machines ou d'outillages spécifiques.
 - Cette zone a été désaffectée entre 1988 et 1991. **Après élimination complète des explosifs et nettoyage minutieux** pour éliminer toute trace de fragments ou poussière de matières explosives, **une grande partie des bâtiments a été fermée.** Quelques bâtiments ont été reconvertis à d'autres activités non pyrotechniques : création d'un espace de communication (ESCOM) dans la batterie sud, création d'une zone d'accueil de scientifiques étrangers à l'extrémité ouest.
- Le reste du CEV était dédié à des activités plus classiques sans risque pyrotechnique : bureaux, laboratoires de recherche, centre de calcul, administration, services techniques, activités sociales, etc. A noter que le CEV possédait sa propre station d'épuration des eaux usées (localisée au sud de la batterie sud).
- Les puits de drainage des eaux de l'ancien fort ont été réutilisés pour évacuer les eaux de pluie ainsi que les eaux de lavage.

La figure suivante donne la répartition des surfaces de bâtiment entre le fort central et le reste du CEV ainsi que la répartition des bâtiments à l'intérieur du fort central.

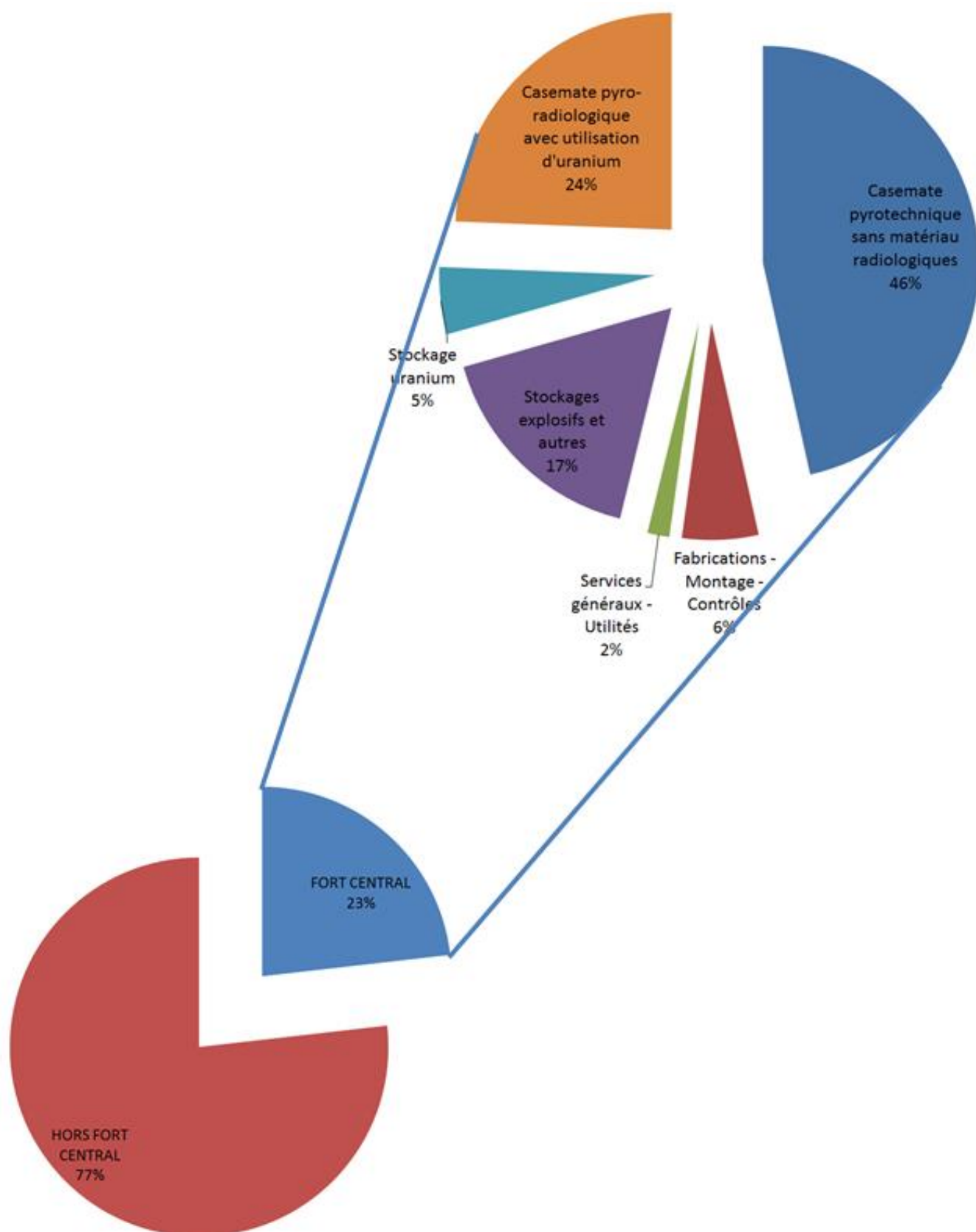


Figure 2 : Répartition des surfaces de bâtiment dans le fort central / hors fort central

2.2.3. Expérimentations avec uranium

Une cartographie radiologique a été réalisée pour l'ensemble des bâtiments (y compris les bâtiments en dehors du fort central). Les bâtiments qui ont fait l'objet d'un assainissement sont ceux qui présentaient un marquage radiologique. Ceux-ci ont été assainis au niveau du critère fixé par les Autorités de Sûreté soit 1Bq/g.

Ces mesures ont été réalisées/contrôlées par des sociétés ou associations extérieures telles que SALVAREM [1], SUBATECH ou la CRIIRAD [3] [4] (cf. rapports des campagnes de mesure effectuées en 2001 dans les volumes 3 et 4 du dossier de cessation d'activité).

Dans ce cadre, des quantités variables d'uranium et d'explosif (quelques centaines de grammes pour certains) ont été mises en œuvre sur les différents postes de tirs (cf. Annexe 16). Cinq d'entre eux, lors de l'opération de caractérisation initiale, ont révélé un marquage à l'uranium. Ces cinq postes de tir sont dénommés « casemates » dans le dossier d'abandon. Il a été convenu de déconstruire l'ensemble des dix postes de tir selon la même méthodologie bien que tous aient été assainis lorsque le CEA a quitté le site.

La liste des bâtiments fournie en Annexe 1 mentionne les casemates avec leur historique.

Les surfaces des casemates ayant accueilli des expérimentations pyrotechniques avec de l'uranium représentent moins de 6% de la surface bâtie du CEV.

En dehors du fort central, seul un canon à gaz léger a été utilisé pour des expérimentations avec uranium dans une enceinte totalement confinée (cf. § 2.2.3.8. Bâtiment LG3 (canon à gaz léger hors fort central)).

Traitement des effluents de lavage des casemates :

Après chaque expérimentation, les installations étaient systématiquement nettoyées et les déchets évacués (ramassage des débris). Dans les premières années, les effluents de lavage étaient envoyés vers des bacs de décantation avant évacuation vers les puits. Ces bacs étaient ensuite nettoyés par l'unité de radioprotection du CEV, les débris et les boues étaient conditionnés en déchets radioactifs et évacués.

Dès le début des années 1980, des filtres complémentaires ont été mis en place avec plusieurs niveaux de filtration dont le dernier était en feutre afin de capter toutes les particules supérieures à 25 µm (voir note CEV/PR d'avril 1983 et plan des bacs de filtration TC1 en Annexe 14).

Réhabilitation des postes de tir

Toutes les opérations réalisées, la méthodologie employée et les résultats sont détaillés dans le dossier d'abandon Volume 1 [1].

2.2.3.1. Poste de tir TC1

Cette installation était dédiée aux diagnostics optiques et électroniques d'expériences réalisées avec de l'uranium naturel ou appauvri et de l'explosif (cf. plan annexe 29).

La réhabilitation de ce poste de tir a été réalisée entre les mois d'octobre 1996 et février 1997 par la société SALVAREM.

2.2.3.2. Poste de tir RX3

Ce poste de tir permettait un diagnostic radiographique selon 3 axes d'expériences réalisées avec de l'uranium : trois générateurs X pulsés de 600 kV étaient positionnés à 120° (cf. plan annexe 28).

Les opérations d'assainissement ont été réalisées pendant les mois de février et mars 1997 par la société SALVAREM.

2.2.3.3. Poste de tir PH droite

Ce poste de tir était utilisé pour l'étude du comportement de l'uranium sollicité par un choc intense généré par de l'explosif. Il comportait des caméras à images intégrales ou à fente permettant un diagnostic optique des expériences (cf. plan annexe 26).

Les opérations d'assainissement ont été réalisées pendant les mois de mars et avril 1997 par la société SALVAREM.

2.2.3.4. Poste de tir RX1

Ce poste de tir a initialement été utilisé pour l'obtention de diagnostics radiographiques (au moyen d'un générateur X pulsé) lors de tirs pyrotechniques comportant de l'uranium. Ultérieurement, ces diagnostics ont été complétés par des observations optiques (caméras à images intégrales et à fente) et des mesures par interférométrie Doppler-Laser (cf. plan annexe 27).

Les opérations d'assainissement ont été réalisées entre les mois de mai et juillet 1997 par la société SALVAREM.

2.2.3.5. Anciens postes de tirs assainis CD, CM, OS2, PH gauche

Ces postes de tirs ont été utilisés pour quelques tirs pour une masse d'uranium totale de quelques kilogrammes (cf. plans annexes 23, 24, 25 et 26). Les assainissements après expérimentations ont été suffisants pour ne laisser aucun marquage résiduel. Ainsi, les contrôles réalisés lors de la campagne de mesure préparatoire à la fermeture, n'ont mis en évidence aucune anomalie radiologique. Il n'a donc pas été nécessaire de procéder à un assainissement complémentaire.

2.2.3.6. Poste de tir TC2

Il est fort probable que les tirs réalisés à l'intérieur de cette installation n'aient jamais mis en œuvre d'uranium. D'ailleurs, toutes les mesures réalisées dans ce poste n'ont jamais mis en évidence d'anomalies. Cependant, dans la mesure où les archives du CEA mentionnent souvent le poste TC sans préciser TC1 ou TC2, nous avons choisi de traiter ce poste comme s'il avait abrité des expérimentations avec de l'uranium (cf. plan annexe 29).

2.2.3.7. Poste de tir OS1

De la même manière, cette casemate, mentionnée dans certains rapports de sociétés consultées pour des expertises (Navarra, Burgeap) lors de la réalisation du dossier d'abandon, n'apparaît dans les archives du CEA comme un poste de tir ayant mis en œuvre de l'uranium (cf. plan annexe 25).

Dans la mesure où nous n'avons pas retrouvé les justificatifs permettant de dédouaner avec certitude ce poste, nous allons le traiter comme les postes précédents par mesure de précaution.

2.2.3.8. Bâtiment LG3 (canon à gaz léger hors fort central)

Ce bâtiment abritait un Canon à gaz léger (CAGL) dédié à l'étude du comportement des matériaux sollicités par un choc intense. Un projectile était propulsé par un gaz léger afin d'atteindre une très grande vitesse et venait impacter une cible.

Cette expérimentation – qui ne mettait pas en œuvre de l'explosif hormis pour l'éjection du projectile – se faisait dans une cuve métallique étanche de 20 tonnes afin de résister aux éclats et à la pression du gaz propulseur.

Après chaque expérimentation, les parois internes de la cuve étaient lavées et assainies. Les effluents de lavage étaient successivement pré-décantés, filtrés, décantés et enfin rejetés en puits après contrôle de l'unité de radioprotection du CEV. Les particules de faible granulométrie et aérosols contenus dans la cuve, entraînés par le balayage, étaient « piégées » par des filtres de très haute efficacité (THE, qualité nucléaire).

Les opérations d'assainissement ultime avant évacuation ont été réalisées entre les mois d'août et d'octobre 1996 par la société SALVAREM. Ils se sont décomposés en 3 phases :

- Assainissement de la cuve
- Assainissement du réseau d'évacuation des effluents
- Mise aux déchets du dispositif de pompage

Une campagne de mesures réalisée par SUBATECH et CRIIRAD en 2001 a confirmé l'absence d'anomalie tant à l'intérieur (y compris les deux puisards) qu'à l'extérieur et sur le toit du bâtiment (y compris l'intérieur des cheminées d'aération).

2.2.4. Zones d'influence de l'uranium

Il existe des zones et des bâtiments dans lesquels aucune expérimentation avec de l'uranium n'a été réalisée mais par lesquels de l'uranium a transité (à la suite d'essais, à des fins de stockage ou pour y être assemblé).

La zone CA14, par exemple, où des contaminations élevées ont été relevées sur une surface d'environ 200 m². Elle n'avait pas été utilisée pour des expérimentations et n'avait donc pas fait l'objet de travaux d'assainissement en 1997-1998. Elle avait été utilisée pour stocker des déchets déplacés depuis la zone PH pendant les années 1958-1960. Les travaux d'assainissement ont porté sur une zone d'environ 950 m².

La zone en face de la casemate CA3 qui présentait un marquage résiduel correspondant au stockage d'une benne destinée à recueillir les déchets contaminés issus des opérations d'assainissement réalisées dans RX1.

La zone autour de RX3 qui est la seule zone de tir à l'air libre sur le site. Elle est naturellement dans un secteur encaissé et protégé par des murs.

Les zones autour des bâtiments RX1 et PH qui étaient deux casemates de tirs semi-confinées. Là aussi, de hauts murs entourent ces casemates.

Trois casemates (AT1, U1 et U2) ont été utilisées pour le stockage de l'uranium à l'intérieur du fort central et 2 bâtiments (26 et 34) à proximité du fort toujours pour le stockage.

Cinq bâtiments (AT14, AT16, AT17, 40 et 40E) qui auraient éventuellement pu servir au montage d'édifices expérimentaux.

Tous ces emplacements ont fait l'objet d'un processus d'assainissement. Elles sont intégrées dans les zones de points singuliers (cf. Annexe 15) qui vont à nouveau faire l'objet de cartographies détaillées (cf. Annexe 20).

2.2.4.1. Les terres de décapage des bâtiments hors fort central

Aucune expérimentation avec de l'uranium n'a été menée en dehors des postes de tir et des bâtiments nommés dans les parties précédentes.

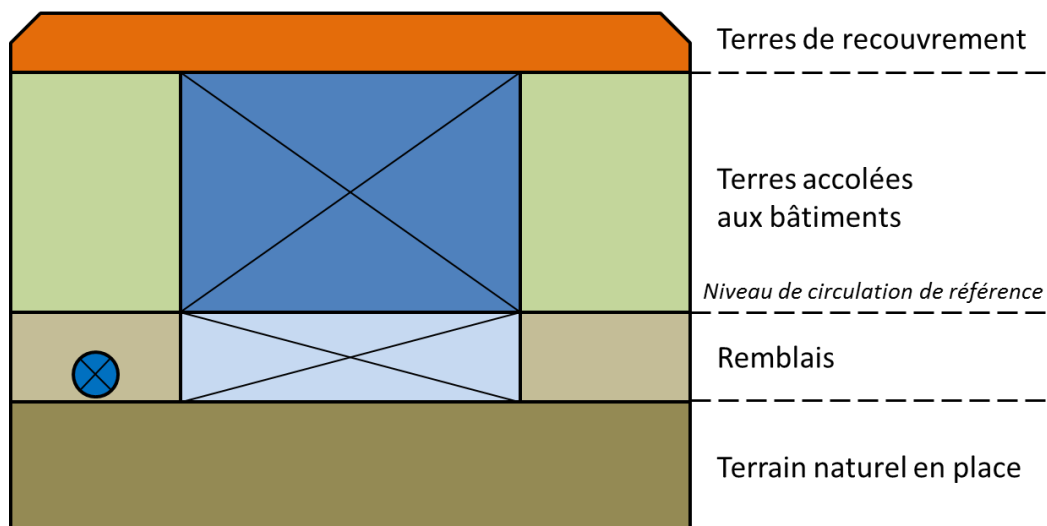
Le retour d'expérience du chantier de démolition (voir partie 3.2) en cours sur le fort de Vaujours a montré la possibilité de trouver des objets présentant un marquage à l'uranium dans les terres de décapage des bâtiments hors fort central. La découverte de ces objets revêt un caractère inattendu car aucune activité de stockage ou de transit d'uranium n'était censée avoir lieu dans ces terres de décapage. En effet, le dossier d'abandon ne mentionne pas la présence de déchets contaminés enterrés sur le site.

Les objets ont été uniquement découverts ponctuellement dans des terres accolées à des bâtiments. Suite à la découverte d'objet dans des terres de remblais du chantier il est

nécessaire de définir deux sous-catégories de terres afin de mettre en place les contrôles et les actions adaptés.

Ainsi deux sous-catégories de terres de catégorie E sont à distinguer.

- Les terres de recouvrement (E1)
- Les terres accolées aux bâtiments (E2)



Légende

-  Bâtiment
-  Fondations et infrastructures
-  Canalisations

Le présent protocole prendra en compte la présence de ces éléments pour déterminer la stratégie de démolition, de contrôle du personnel et des terres.

2.3. Le site du CEV après sa fermeture

En 2000, un projet d'instauration de servitudes sur le site a fait l'objet d'une enquête publique. Suite aux conclusions de cette enquête, il a été décidé de réaliser des études complémentaires **afin de lever les préoccupations** sur l'impact hydrogéologique et sanitaire du site.

Entre 2001 et 2002, **trois études ont été réalisées** :

- un audit radiologique [3]: « en ce qui concerne la surface, à l'extérieur du fort central, il n'y a aucune anomalie radiologique détectée en surface. Il subsiste un marquage superficiel résiduel du sol, faible, diffus et limité autour de la zone de tir RX1 du fort central.

Concernant le sous-sol du site, ni le sous-sol du fort central, ni les eaux des nappes ne sont marquées par l'uranium anthropique.

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

Toutes les mesures radiologiques réalisées sur le CEV pendant les opérations de détection de zones surfaciques, permettent de considérer que l'état radiologique du CEV est conforme aux règles prescrites par la DGS en 1998.

Les niveaux de radioactivité mesurés sont inférieurs aux limites recommandées par la DGS et ne dépassent pas ceux du bruit de fond naturel. » [7] [8]

- une étude hydrogéologique [5][6]: « à l'issue des campagnes de reconnaissances hydrogéologiques et géochimiques, il apparaît, au vu des résultats, que :
 - **Les teneurs en uranium trouvées dans le sous-sol du fort central**, seul lieu où de l'uranium métal a été mis en œuvre, et en PzE, situé à l'aval immédiat du fort, **sont faibles et conformes aux teneurs naturelles** trouvées dans ces types de formations géologiques.
 - De même, **les teneurs en uranium dans la nappe de Brie**, première nappe rencontrée au droit du CEV, et dans la nappe des colluvions pour partie alimentée par la nappe du Brie, ainsi que les eaux s'écoulant à travers les puits d'infiltration, **sont faibles et conformes aux teneurs rencontrées dans les eaux naturelles**.
 - Les résultats obtenus à partir des reconnaissances effectuées montrent qu'il ne semble **pas** y avoir **d'horizons d'accumulation d'uranium au droit du CEV** et qu'en tout état de cause, **aucun phénomène de remobilisation d'uranium ne se produit actuellement au niveau du CEV.** »
- et une étude de santé [4]: dans cette étude, la toxicité radiologique et chimique de l'uranium naturel et l'uranium appauvri ont été analysées. Ils sont considérés comme faiblement radioactifs (cf. 6.4 Evaluation de l'impact chimique).

Extrait du rapport du Groupe Santé dont les conclusions sont rappelées au §1.3:

« 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. Cette observation est un résultat constant de la littérature, notamment pour ce qui concerne les cancers du sein. Ces résultats sont tout à fait conformes à ce qu'on pouvait attendre. »

*« Les analyses réalisées pour caractériser la contamination résiduelle placent **l'exposition actuelle des riverains à un niveau extrêmement faible** – non détectable.*

Enfin rappelons que le site, dont historiquement l'activité principale fut la pyrotechnie, devrait faire l'objet de servitudes pour écarter tout risque lié à une exposition du public.

En l'état actuel des informations recueillies sur le site, et vu les conclusions du groupe technique, il semble raisonnable de rassurer les riverains. »

Ces études ont débouché en 2005, après une nouvelle enquête publique, sur l'instauration d'un arrêté inter préfectoral de servitudes (cf. 1.4 Servitude).

Le site a été gardienné par le CEA jusqu'en 2009. Entre 2009 et 2010, le site a subi de très nombreuses intrusions visant pour la plupart à démonter les structures pour en récupérer les éléments métalliques.

En 2010, la société Placoplatre s'est porté acquéreur d'environ 30 hectares du site, incluant le fort central et la batterie nord, dans le but d'en exploiter le gypse sous-jacent (cf. Annexe 2).

La première action de Placoplatre a été de sécuriser ce site en le clôturant, en le faisant garder par des maîtres-chiens et en traitant les zones à risques comme les trous dans les bâtiments. Depuis 2010, ce site est donc gardé en l'état en vue de sa démolition et de son assainissement selon les modalités de ce mode opératoire puis de son exploitation sous forme de carrière à ciel ouvert.

La liste exhaustive des bâtiments implantés sur les parcelles acquises par Placoplatre est fournie en Annexe 3. Il y a 83 bâtiments recensés dans le fort central et 157 bâtiments hors fort central. Les bâtiments ont été répartis en catégories en fonction de leur utilisation (Bureaux, Fabrication, Expérimentation, Stockage, Utilités) et sont également représentés sur le plan en Annexe 8.

76 bâtiments sont implantés sur la parcelle acquise par la CAMC (environ 15 ha).

2.4. Conclusions :

L'étude sur l'historique du CEV, la topologie des bâtiments, le descriptif des activités menées dans les postes de tirs constituent un aspect essentiel du présent dossier. Ces éléments permettent en particulier de définir un zonage dont dépendra la stratégie de démolition, de contrôle et d'évacuation des déchets.

On distinguera plus particulièrement les zones qui ont été le siège d'expérimentations pyro-radiologiques, les zones historiques de points singuliers et de transit ainsi que celles où aucune activité pyrotechnique ou radiologique n'a été menée.

Ce zonage est une des clés de la stratégie de démolition et des opérations d'évacuation et de contrôles associées décrites au chapitre 8.

Catégorisation retenue :

Catégorie A : les bâtiments n'ayant jamais fait l'objet de stockage ou transit d'uranium

Catégorie B : les postes de tirs dans lesquels ont eu lieu des expérimentations

Catégorie C : les bâtiments de stockage ou de transit de l'uranium

Catégorie D : les aires de stockage ou de transit de l'uranium

Catégorie E :

- Sous-catégorie E1 : Les terres de recouvrement
- Sous-catégorie E2 : Les terres accolées aux bâtiments

3. Les opérations de démolition hors-sol (structures superficielles des bâtiments)

L'exploitation de la carrière de gypse nécessite préalablement des phases de débroussaillage, de défrichage, de démolition et de terrassement (cf. Annexe 10 Exploitation d'une carrière à ciel ouvert). Ces travaux seront menés en prenant en compte les servitudes. Des diagnostics chimique, pyrotechnique, radiologique, amiante et de suivi des sols seront réalisés.

Avant de pouvoir démolir les bâtiments présents sur le site, il est impératif d'effectuer les opérations décrites dans les paragraphes suivants :

3.1. Retour d'expérience de la 1^{ère} phase de démolition

Dans le cadre des permis de démolir délivrés en 2012, nous avons engagé une première phase de démolition en avril 2014 qui a concerné 25 bâtiments (cf. liste Annexe 3).

Les bâtiments ont été choisis en fonction de leur historique du site et des critères de choix suivants :

- Bâtiments hors fort central
- Bâtiments sans aucune problématique connue (radiologique, chimique, pyrotechnique)
- Bâtiments non amiantés
- Bâtiments non recouverts de végétation

L'étude historique a permis d'établir qu'il s'agissait essentiellement de locaux électriques ayant abrité des transformateurs ou des groupes électrogènes.



Les opérations de démolition n'ont concerné que les structures hors sol des bâtiments, dans le respect des servitudes d'utilité publique. Les dalles et les fondations ont été laissées en place. Le sol n'a été ni creusé ni impacté. Les gravats ont été stockés à l'intérieur du site, sur une plateforme à l'abri du vent et du ruissellement des eaux de pluie. Ils ont été bâchés. Aucun camion avec des gravats n'est sorti du site.

L'objectif était de valider une méthodologie de déconstruction.

Bien qu'une analyse de l'historique ait été menée à cette période, Placoplatre avait pris une posture de mise en œuvre du principe de précaution maximum en adoptant le protocole suivant :

- Réalisation d'une cartographie préalable
- Sensibilisation des équipes intervenantes
- Contrôle de l'ambiance de travail
- Contrôle systématique de non contamination des travailleurs et des matériels en sortie de zone de démolition
- Mise en place d'un suivi dosimétrique opérationnel pour les opérateurs en zone de démolition
- Port systématique du masque de type FFP3 dans les zones de démolition
- Contrôle des gravats avant d'être acheminés vers la zone de stockage

La société NUDEC a assuré ces différentes opérations de contrôle et a rédigé un rapport de suivi radiologique [27].

Conclusions du rapport de suivi :

- Le suivi dosimétrique n'a logiquement mis en évidence aucune exposition externe supérieure au BdF environnemental
- Aucune contamination n'a été mise en évidence lors des contrôles sur les travailleurs et le matériel
- La surveillance atmosphérique n'a révélé aucune contamination sur les filtres
- Les niveaux radiologiques sur les gravats se sont tous révélés voisins du BdF environnemental hormis certains matériaux comme les briques.

Les mesures de protection pour les travailleurs qui ont été mises en place à titre préventif, dans l'attente de l'étude d'impact qui a été finalisée pendant l'été 2014 (cf. 6 Les études d'impact sur les travailleurs et les riverains), ont été réévaluées dans le paragraphe 8 « La gestion des produits de démolition/terrassement » et le paragraphe 9 « La surveillance des postes de travail et de l'environnement ».

3.2. Retour d'expérience sur la deuxième phase de démolition

Comme décrit précédemment l'exploitation de la carrière de gypse nécessite différentes phases de travaux préalables. Nous avons engagé une seconde phase de démolition depuis 2015. Depuis le début des travaux jusqu'au 1er février 2018 :

- 139 000 m² de terre ont été diagnostiqué pyrotechniquement et 223 munitions ont été découvertes
- 160 000m³ de terres ont été terrassés.
- 48 bâtiments ont été désamiantés sur 122 que comptait le site
 - o 30 bâtiments désamiantés sur 36 sur le secteur de Vaujours
 - o 18 bâtiments désamiantés sur les 86 sur le secteur de Courtry
- 105 bâtiments ont été démolis sur 240 que comptait le site
 - o 74 bâtiments démolis sur 83 sur le secteur de Vaujours
 - o 31 bâtiments démolis sur les 157 sur le secteur de Courtry
- 19379 m² de ont été diagnostiqués radiologiquement dont :
 - o 1266 m² sur les bâtiments hors fort central pour 0 anomalie radiologique
 - o 13200 m² sur les terres de catégorie E hors fort central pour 0 anomalie radiologique
 - o 1083m² sur les murs en périphérique des casemates de tir pour 26 anomalies radiologiques
 - o 3830m² sur les terres de catégorie D pour 23 anomalies radiologiques

Les différents diagnostics radiologiques effectués entre 2015 et 2017 confirment les 5 catégories définies par le présent protocole radiologique et l'avis de l'ASN du 20 mars 2015. En effet les anomalies radiologiques ont été détectées uniquement:

- Dans des bâtiments et les murs périphériques de Catégorie B (les postes de tirs dans lesquels ont eu lieu des expérimentations)
- Dans les bâtiments de Catégorie C, dans le fort central (les bâtiments de stockage ou de transit de l'uranium)
- Dans les terres de catégorie D (les aires de stockage ou de transit de l'uranium)

Aucun point singulier n'a été détecté dans les cercles de 100m des casemates de tir à l'air libre comme évoqués dans l'avis de l'ASN du 5 mars 2015 ce qui confirme l'hypothèse d'absence de contamination sous forme de pépite ou d'aérosol au-delà de ces 100m.

Des objets présentant un marquage à l'uranium ont été découverts dans les terres accolées à des bâtiments durant l'été 2017. Une sous-catégorisation des terres de catégorie est mise en place. De plus, les opérations de terrassement dans ces terres font l'objet de contrôles renforcés et des consignes de radioprotection sont appliquées. Ces consignes seront détaillées dans la partie 7 concernant les contrôles et le suivi radiologique et dans la partie 9 concernant la surveillance des postes de travail et de l'environnement.

3.3. Curage avant désamiantage

Durant cette phase, les éléments mobiliers et structures légères des bâtiments seront retirés et évacués selon le processus suivant :

- Dépose manuelle des éléments non structuraux (mobiliers, revêtements, cloisons et menuiseries, huisseries, bardages bois et blindages, plomberie...) ;
- Stockage des éléments démontés et tri sélectif sur une aire dédiée ;
- Reprise des matériaux et évacuation hors site en camion benne pour écoulement dans les filières adéquates (recyclage et décharge classe 2 ou ISDND).



Quand les conditions le permettront, ce curage pourra se faire au moyen d'une mini pelle. Certains éléments nécessiteront une découpe au chalumeau ou à la disqueuse.

Le volume de DIB qui sera produit lors de cette phase est estimé à 250 tonnes.

	Zone Fort central	Zone hors Fort central	Toutes zones
Curage et débarras	16 400 m ²	25 400 m ²	41 800 m ²
Volume de DIB	110 m ³	1 030 m ³	1 140 m ³

3.4. Le désamiantage

Une mise à jour du Diagnostic Amiante avant travaux de 2011 a été réalisée pour les parcelles du département de la Seine-Saint-Denis. Elle a été scindée en deux parties : une première phase fin juillet 2014 suivie d'une seconde phase en septembre 2014.

La mise à jour du Diagnostic Amiante avant travaux pour les parcelles de la Seine-et-Marne a été réalisée début 2015.

Ces deux mises à jour prennent en compte le dernier décret en vigueur n° 2012-639 du 4 mai 2012.

Les travaux de désamiantage seront réalisés sur l'ensemble du site dans le cadre de plans de retraits (PRA) [30] qui seront soumis à la DIRECCTE. Les principaux travaux de dépose des matériaux amiantés concernent :

- Les éléments en fibrociment ;
- Les joints de brides ;
- Les dalles de sol ;
- Les colles et ragréages ;



Les travaux de désamiantage seront réalisés selon la réglementation en vigueur. Le port d'équipements de protection respiratoire adaptés (masque de type FFP3 à minima) est requis pour ces travaux.

Les matériaux seront évacués en ISDD, suivant la réglementation ADR, vers les centres d'enfouissement correspondants.

	Zone Fort central	Zone hors Fort central	Toutes zones
Tôles et plaques fibrociment	460 m ² 1 215 m ²	14 140 m ² 13 405 m ²	14 600 m ² 14 620 m ²
Conduits fibrociment aériens	100 ml 235 ml	240 ml 274 ml	340 ml 509 ml
Conduits fibrociment enterrés	690 ml 240 ml	680 ml 265 ml	1 370 ml 505 ml
Dalle, colle et ragréage	320 m ² 655 m ²	1 690 m ² 765 m ²	2 010 m ² 1 420 m ²
Faïence et carrelage	50 m ² 50 m ²	400 m ² 550 m ²	450 m ² 600 m ²
Panocell	0 m ² 0 m ²	220 m ² 165 m ²	220 m ² 165 m ²
Peinture et enduit	250 m ² 730 m ²	10 250 m ² 6 785 m ²	10 500 m ² 7 515 m ²

3.5. La dépollution pyrotechnique

Au vu des opérations réalisées par la société NAVARRA Frères lors de la constitution du dossier d'abandon en 1997, la probabilité de retrouver des munitions non explosées dans certains secteurs du site est grande (voir plan en Annexe 11).

Par mesure de sécurité, la dépollution pyrotechnique concerne la totalité du site. Elle sera précédée d'un diagnostic pyrotechnique. Durant ce diagnostic, l'entreprise mettra en œuvre des méthodes de détection non destructives (circulation de piétons ou de petits engins équipés de matériel). Les conditions du site ne seront pas changées.

Cette détection sera coordonnée avec les opérations de défrichage mais aussi avec la réalisation de la cartographie radiologique sur les zones historiques de points singuliers où après une première passe en surface.



Détection par géoradar

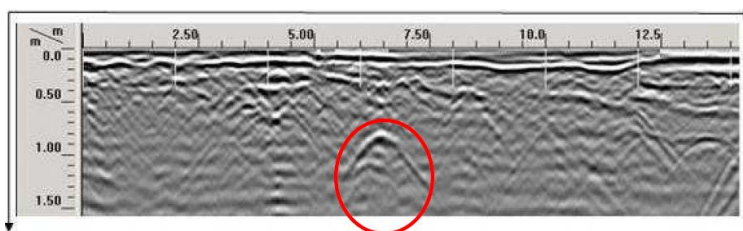


Diagramme géoradar

Une Analyse de Sécurité du Travail (AST) [28] et une Etude de Sécurité Pyrotechnique (ESP) [29] ont été rédigées par la société PYROTECHNIS. Selon le décret n° 2010-1260 du 22 octobre 2010 relatif aux règles de sécurité applicables lors des travaux réalisés dans le cadre d'un chantier de dépollution pyrotechnique, l'ESP a été approuvée par les services de l'Etat et en particulier la Direction Régionale des Entreprises, de la Concurrence, de la Consommation, du Travail et de l'Emploi (DIRECCTE) après consultation et validation de l'Inspecteur de l'armement pour les Poudres et Explosifs (IPE).

Lorsque débutera la dépollution pyrotechnique, les anomalies détectées lors du diagnostic seront découvertes et traitées.

Après chaque étape de démolition, une nouvelle phase de diagnostic est nécessaire, notamment après la démolition des superstructures.

Dépollution et surveillance sur les bâtiments et dans les zones nues :

La zone sera terrassée à la mini pelle jusqu'à 50 cm de la cible puis la cible sera dégagée. Les explosifs non déplaçables seront détruits sur place, sous une épaisseur de sable calculée pour éviter les projections et étouffer le souffle.

Les munitions déplaçables seront stockées par enfouissement avant d'être détruites comme indiqué ci-dessus.

3.6. Le défrichage

Le défrichage des secteurs boisés est effectué par tranches annuelles, généralement en hiver, par une entreprise spécialisée. Lors de la coupe des arbres, une sélection est faite entre ceux qui peuvent donner des grumes qui seront commercialisées, et les autres bois de moindre valeur qui seront débardés, mis en stères et expédiés à une entreprise spécialisée pour valorisation.

Dans les zones d'accès aisé, l'abattage des arbres sera mécanisé avec des engins forestiers. Dans les zones d'accès difficile (toit de casemate, bâtiments du fort central), l'abattage sera réalisé manuellement à l'aide de tronçonneuse.



Les troncs seront stockés sur une aire temporaire spécifique avant d'être chargés par grue sur des porteurs forestiers. La petite végétation sera broyée in situ au broyeur forestier. L'atelier sera installé sur une zone fixe sur les anciens terrains de sport. Des camions à fond mouvant les évacueront ensuite à l'extérieur en vue de leur transformation.



Ensuite, les souches seront ensuite extraites à la grue et chargées sur des porteurs. Elles seront valorisées. Les souches à l'intérieur du fort central seront utilisées pour du compost local.

	Zone Fort central	Zone hors Fort central	Toutes zones
Abattage des arbres	3 800 u	7 600 u	11 400 u
Matériaux à valoriser	1 200 m ³	2 280 m ³	3 480 m ³
Souches	1 000 m ³	2 000 m ³	3 000 m ³

La densité estimée du produit valorisé est de 0.35 soit environs 1220 tonnes de végétaux valorisé.

En marge des opérations de défrichage, de nombreuses opérations préalables de débroussaillage seront nécessaires afin d'accéder aux bâtiments et aux zones qui ont été envahies par la végétation.

3.7. La démolition

La démolition sera réalisée par une entreprise du bâtiment appartenant à un groupe national équipé de moyens d'intervention dimensionnés au chantier. Leur expérience garantira un travail de qualité dans le respect des règles de sécurité. Une Analyse de Sécurité du Travail [28] a été réalisée avant de débiter les travaux. Les opérations de démolition s'effectueront par grignotage au moyen de pelles munies d'outils (godet rétro, pince de tri, croqueur à béton, dent de déroctage ou brise roche). Une assistance au sol est prévue pour le guidage. Un arrosage permanent à la source ainsi qu'un système de brumisation seront installés pendant cette phase de travaux.

Volume de démolition global des superstructures :

	Zone Fort central	Zone hors Fort central	Toutes zones
Superstructure en béton	21 682 m ³	14 381 m ³	36 063 m ³
Superstructure en pierre ou maçonnerie	21 792 m ³	9 878 m ³	31 670 m ³

3.7.1. La démolition des bâtiments du fort central

Les volumes de matériaux ont été estimés à 43 500 m³ dont 90 000 tonnes de béton valorisable et 860 tonnes d'aciers valorisables.



Un traitement spécifique sera réservé pour les bâtiments et aires où de l'uranium aura été stocké ou utilisé (cf. 7 Les contrôles et le suivi radiologique).

Les chambres de tir, où des expériences avec de l'uranium ont été réalisées, seront écroulées. Cette opération sera réalisée au maximum à l'aide d'un robot télécommandé. Une aspiration à la source sera également mise en place.

3.7.2. La démolition des bâtiments hors fort central

Les volumes de matériaux sont estimés à 25 400 m³ dont 70 000 tonnes de béton valorisable et 510 tonnes d'aciers valorisables.

Au vu de l'historique et selon les conclusions du rapport GUILLAUMONT, les zones hors fort central sont considérées comme non contaminées car elles n'ont fait l'objet d'aucune expérimentation pyrotechnique en présence d'uranium.

Ces éléments sont confirmés par les résultats de la campagne de mesures effectuées sur l'ensemble du site par le dispositif AUTONUC (voir rapport en annexe 22).

Les règles de démolition habituelles s'appliqueront. Les gravats issus de cette zone seront valorisés. Ils serviront, par exemple, dans la construction de routes ou de ponts.

Seules, les bâtiments de stockage ou de transit de l'uranium nécessitent une inspection préalable (cf. 7 Les contrôles et le suivi radiologique).



4. Les opérations de démolition des infrastructures

4.1. Principes généraux

Les opérations de démolition regroupent les étapes suivantes :

- Désamiantage et curage des ouvrages
- Dépollution pyrotechnique des terres
- Terrassement pour permettre l'accès aux ouvrages
- Démolition des ouvrages
- Mise en stock des inertes sur site (terres, gravats, béton)

Comme pour les travaux de démolition des structures hors sol, ces prestations seront confiées à un grand groupe spécialisé dans le bâtiment de niveau national qui gèrera l'ensemble des étapes décrites ci-dessus.

Il est clairement mentionné dans notre Cahier des charges les différentes contraintes liées aux opérations de démolition (Historique du site, Arrêté inter-préfectoral, Audit de dépollution pyrotechnique, Diagnostic amiante, etc...).

Les recommandations qui nous seront formulées suite à ce rapport seront transmises au groupe retenu pour les travaux et incluses dans le Plan de prévention.

4.2. La prise en compte des servitudes

La dépollution pyrotechnique du site a déjà été réalisée en juin et juillet 1998 jusqu'à une profondeur de 0,50 mètre sur des zones ne comportant pas de bâtiments et de routes goudronnées. Tous les travaux de terrassement effectués sur le site doivent se faire dans le respect des précautions prises habituellement lors de chantiers de dépollution pyrotechnique.

Les canalisations qui ont servi à l'évacuation d'effluents liquides, peuvent potentiellement être chargées de particules d'explosifs. Elles n'ont pas pu être visitées sur toute leur longueur.

En conséquence, toute démolition ou modification de canalisations sur le site doit s'effectuer en respectant les précautions élémentaires d'usage. Ces éléments sont traités dans le dossier de dépollution pyrotechnique qui a été soumis aux autorités compétentes (IPE).

4.3. Descriptif des travaux

La démolition des infrastructures sera précédée par des travaux de terrassement, et notamment le décapage des terres de recouvrement des bâtiments.

Le volume des terres et remblais est estimé à 160 000 m³ sur le fort central et 150 000 m³ en dehors dont 50 000 m³ de terrassements à réaliser pour l'accès aux infrastructures. Le rythme d'excavation de ces terres a été estimé à 1 000 m³ par jour.

4.3.1. La dépollution pyrotechnique

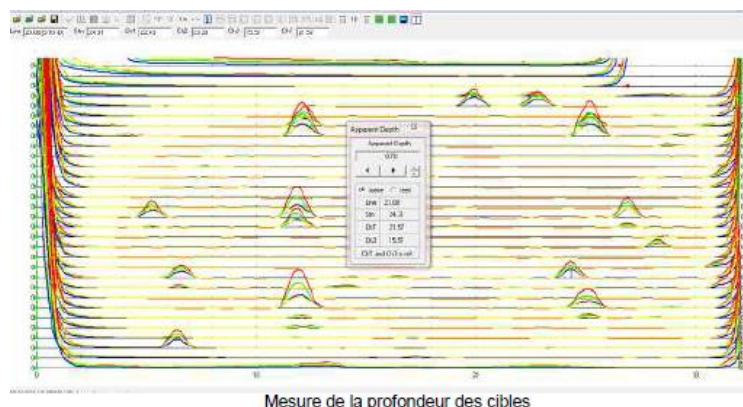
La dépollution pyrotechnique concerne la totalité du site. Elle sera précédée d'un diagnostic pyrotechnique. Durant ce diagnostic, l'entreprise mettra en œuvre des méthodes de détection non destructives (circulation de piétons ou de petits engins équipés de matériel). Les conditions du site ne seront pas changées.

Après chaque étape de démolition, une nouvelle phase de diagnostic est nécessaire, notamment après la démolition des superstructures, afin de s'assurer de l'absence d'éléments explosifs sous les bâtiments, routes et réseaux même s'il est probable que la dépollution pyrotechnique ait été réalisée lors de la construction de ces infrastructures. Des échantillons seront pris dans les points d'accumulation de certains réseaux ciblés afin de vérifier l'absence de pollution pyrochimique.

Lorsque débutera la dépollution pyrotechnique, les anomalies détectées lors du diagnostic seront découvertes et traitées.



Détection par méthode géophysique



Dépollution et surveillance sur les bâtiments et dans les zones nues :

La zone sera terrassée à la mini pelle jusqu'à 50 cm de la cible puis dégagement de la cible. Les explosifs non déplaçables seront détruits sur place, sous une épaisseur de sable calculée pour éviter les projections et étouffer le souffle.

Les munitions déplaçables seront stockées par enfouissement avant d'être détruites comme indiqué ci-dessus.

Dépollution et surveillance sur les infrastructures (voiries, réseaux et fondations de bâtiments) :

Les opérations décrites précédemment seront également mises en œuvre durant cette phase (cf 4.4 Points spécifiques : les ouvrages enterrés). S'ajoute à cela des particularités :

- Enlèvement à la pelle mécanique de l'éventuelle chaussée ou dalle bloquant l'accès aux terrains meubles ;
- Extraction des terres ayant subi une pollution pyrochimique à la mini pelle pour chargement en camion benne sous forme de big-bags. Stockage dans une zone dédiée.
- Diagnostic des sols.

4.3.2. Décapage des bâtiments

Le terrassement sera effectué par des pelles mécaniques et le modelage par des trax (bulldozer). L'acheminement des matériaux terrassés sera réalisé par des dumpers de 25 à 40 tonnes jusqu'à une zone de stockage temporaire sur site. Reprise finale des stocks et transfert à terme, si l'arrêt d'autorisation de carrière est délivré, dans la fosse préexistante pour remblaiement.



4.3.3. Démolition des infrastructures

Aucune expérimentation n'a eu lieu dans des bâtiments enterrés. Un document de la CRIIRAD (cf. Dossier d'abandon Volume 3 Annexe 7/3) mentionne que 80% du sous-sol du fort central a été visité grâce à la coopération du CEA. Les matériaux seront traités en déchets conventionnels.

Les volumes de matériaux qui seront produits par ces opérations sont estimés par l'entreprise de démolition à 54 500 m³ dont 88 500 tonnes de bétons valorisables et 1 200 tonnes d'aciers valorisables.

La démolition s'effectuera par grignotage au moyen de pelles munies d'outils (godet rétro, pince de tri, croqueur à béton, dent de déroctage ou brise roche). Une assistance au sol est nécessaire pour le guidage. Un arrosage permanent à la source ainsi qu'un système de brumisation seront installés pendant cette phase de travaux.



Conformément aux servitudes, un lavage à grande eau sera pratiqué, durant la démolition, sur les réseaux ayant pu être impactés par une pollution pyrochimique. Les boues seront récupérées puis contrôlées (cf. 8.3.1.5 Le contrôle des boues).

Le modelé final de la zone déconstruite sera assuré par un trax ou bulldozer à environ 5 mètres sous le niveau du sol, profondeur estimée correspondant à la base des bâtiments enterrés (toit des argiles vertes).

Chaque zone de démolition sera délimitée par un balisage et interdite d'accès à toute personne non autorisée.

Volume de démolition global des superstructures :

	Zone Fort central	Zone hors Fort central	Toutes zones
Infrastructures en béton	10 751 m3	15 223 m3	25 974 m3
Infrastructures en pierre ou maçonnerie	9 082 m3	1 357 m3	10 439 m3
Voiries	2 010 m3	6 290 m3	8 300 m3
Galeries enterrés	3 750 m3	6 000 m3	9 750 m3
Ouvrages déjà démolis		1 140 m3	1 140 m3

4.3.4. Terrassement de la découverte

La découverte des marnes recouvrant la 1^{ère} masse de gypse est réalisée par campagnes d'environ 6 mois, dictées par les conditions climatiques de la région parisienne.

Les travaux seront effectués à l'aide de pelles mécaniques munies de godets et de dumpers pour évacuer les terres.

Un arrosage systématique des pistes sera mis en place par temps sec en utilisant les eaux de pluie récupérées.



4.4. Points spécifiques : les ouvrages enterrés

4.4.1. Etude historique

Dans la synthèse documentaire historique et hydrogéologique [5], il est mentionné que dès sa construction, le fort de Vaujours disposait d'un système d'évacuation des eaux pluviales (EP) formé par des puits absorbants. Le système de drainage de ces EP comprenait les douves, les fossés entourant les batteries Nord et Sud ainsi que les puits d'absorption vers lesquels étaient acheminées les eaux de pluie.

Avant l'arrivée du CEA sur le site de Vaujours, il n'y avait pas de réseau d'évacuation des eaux usées (EU). Un système de fosses septiques recueillait ces EU.

A l'arrivée du CEA, un réseau d'évacuation des EU et une station d'épuration ont été réalisés. Le réseau EU récupérait l'ensemble des eaux des sanitaires et des eaux de process produites sur le site à l'exception des eaux de lavage des chambres de tirs qui rejoignent le réseau d'eaux pluviales (EP). Les eaux usées étaient traitées dans une station d'épuration biologique (boues activées).

Il est également mentionné que le CEV est alimenté en eau potable (AEP) par la ville de Coubron. L'eau est acheminée par l'intermédiaire d'une canalisation de diamètre 100 mm qui remonte l'eau dans deux réservoirs situés sur le site. L'eau est ensuite acheminée vers le château d'eau du site puis redistribuée sur l'ensemble du site par des canalisations en fonte.

Dans le cadre du dépôt du dossier d'abandon, le CEV a réalisé un plan de masse représentant les différents réseaux d'évacuation des eaux présents sur le site (cf. plan en annexe 33). La figure 12 de la synthèse documentaire historique et hydrogéologique [5] représente les Bassins versants des eaux de ruissellement (cf. Annexe 34).

Ces documents mettent en évidence les différents types de réseaux :

- a. Réseau d'eaux usées (EU) relié à la station d'épuration
 - b. Réseaux de collecte des eaux pluviales (EP)
-
- a) Le réseau d'alimentation en eau potable n'est pas concerné par des contrôles pyrotechniques ou radiologiques puisque, par définition, il alimentait le site en eau potable depuis la commune de Coubron.
 - b) Le réseau d'eaux usées est constitué de 2 circuits distincts :
 - un circuit recueillant les eaux issues de la zone Nord accueillant les bâtiments dédiés à la pyrotechnique (cf. Annexes 35 & 37)
 - un circuit recueillant les eaux des sanitaires de la zone Sud, principalement composée de laboratoires et de bâtiments administratifs : bureaux, vestiaires, cantine, espace de communication (cf. Annexe 38).

Ces réseaux n'étaient pas connectés aux chambres de tirs (catégorie B), aux bâtiments de stockage (catégorie C) ou aux puits et ne sont donc pas concernés par des contrôles radiologiques.

En revanche, le réseau d'EU sera soumis aux contrôles pyrotechniques.

- c) Le réseau de collecte des eaux pluviales a pour vocation d'évacuer les eaux de ruissellement. Il est subdivisé en bassins versants de taille variable (cf. Annexe 34) qui sont, soit connectés aux puits d'infiltration, soit orientés vers des réseaux extérieurs ou le milieu naturel. C'est donc sur une partie de ce réseau que nous allons décliner des mesures de contrôles radiologiques (en plus des contrôles pyrotechniques).

4.4.2. Les canalisations

L'étude historique a permis de définir 3 grandes familles parmi les 6 types de canalisations (C1, C2a, C2b, C3, C4a, C4b) :

- les canalisations ayant véhiculé les eaux de lavage des chambres de tir
- les canalisations ayant pu transporter des explosifs
- les canalisations sans problématique pyrotechnique ou radiologique

Nous connaissons maintenant précisément les secteurs où des explosifs ont pu être stockés ou utilisés (cf. plan en annexe 35).

La présence éventuelle d'explosifs dans certaines canalisations est susceptible de générer un risque pyrotechnique lors des travaux de démantèlement des réseaux de collecte des eaux des secteurs concernés.

Après validation de l'équipe pyrotechnique (suite à inspection visuelle et tests XSPRAY), les canalisations seront démolies et évacuées selon leur nature, leur fonction et leur lien avec les postes de tirs (cf. logigrammes en annexe 47).



Conformément aux servitudes d'utilité publique, les opérations d'excavation des canalisations seront réalisées à l'aide d'engins de chantier permettant au conducteur d'être relativement éloigné (au minimum de 2 à 3 mètres). Les excavations seront ainsi réalisées à l'aide d'une pelle mécanique, par couches successives de 50 cm jusqu'à atteinte de la canalisation afin de vérifier la présence éventuelle de munitions dans les terres.

Lors de l'excavation des canalisations où auront été détectées des traces d'explosifs, un arrosage sera effectué pour réduire le risque d'ignition par frottement dans le respect de l'arrêté inter-préfectoral du 22 septembre 2005. L'eau sera récupérée grâce à la mise en place de barrages puis stockée dans des GRV avant d'être envoyée systématiquement en analyse. En fonction du résultat des analyses, la filière sera adaptée.

Si une opération spécifique (découpe, dépose manuelle...) nécessite l'intervention d'un opérateur, un mode opératoire (voir ESP [29]) sera alors mis en place pour cette opération.

L'étude historique a également permis de définir les canalisations ayant transporté des eaux de lavage des chambres de tir vers les puits. Elles sont concentrées autour des puits P2, P4, P5 et P9.

Le linéaire total de ces canalisations représente environ 600 mètres. Elles sont mises en évidence par un surlignage sur le plan (cf. Annexe 45).

Leur dépose fera l'objet d'un mode opératoire spécifique qui sera décliné dans une version ultérieure du protocole.

Les canalisations au droit des aires extérieures sont relativement accessibles lors des opérations de terrassement. En revanche, les canalisations qui passent sous les dalles des bâtiments et/ou raccordées aux bâtiments nécessiteront une attention particulière au moment de leur extraction (cf. 7.2.4.4).

Les gravats des canalisations seront séparés en fonction de la nature de ces canalisations, c'est-à-dire amiantées ou non amiantées et envoyés dans les exutoires correspondants.

Dans le cas de canalisations amiantées, les intervenants opèreront en sous-section IV.

Cas de découverte d'une canalisation non répertoriée :

Dans l'hypothèse où les équipes de pyrotechnie découvriraient une canalisation qui n'apparaîtrait pas sur le plan de masse, le processus de « mise à nu » de la canalisation serait le même avec l'objectif supplémentaire de repérer les tenant-aboutissant de ce tronçon et définir à quel réseau appartient l'élément découvert.

Deux options sont possibles : identifier son cheminement sans opération de terrassement de par la nature de la canalisation ; sinon, dans le cas contraire, une opération de terrassement comme illustré sur les photos de la page précédente serait mise en œuvre.

Son démantèlement sera adapté en fonction de la catégorie de canalisation à laquelle elle appartient.

Si la canalisation appartient à un réseau relié aux casemates de tirs, la PCR sera contactée afin de définir les mesures conservatoires à mettre en œuvre immédiatement et dans un deuxième temps, la méthodologie de diagnostic.

4.4.3. Les puits

Comme cela a été détaillé dans le § 2.2.2, les puits de drainage des eaux de l'ancien fort ont été réutilisés pour évacuer les eaux de pluie ainsi que les eaux de lavage.

Comme précisé dans le rapport GUILLAUMONT qui s'est appuyé sur l'étude hydrogéologique, et bien que les eaux avant rejet dans les canalisations aient été filtrées, les puits seront traités de manière plus détaillée.

Les puits concernés sont ceux qui sont connectés aux chambres de tir : P2, P3, P4, P5 et P9/NP9.

nom actuel	P4	P3	P5	P2	P9
Cote NGF TN actuel	125,56	125,8	125,4	127,44	127,26
Prof. mesurée (m)	24,6	22,1	38,5	39,85	éboulé
nom en 1877	Puits 1	Puits 3	Puits 5	Puits 7	Puits 9
Cote TN 1877	126,5	126,4	127,3	125	126,75
Prof. (m)	34,25	36,2	37,84	35,05	37,4
Tête de puits 1877	124,75	126	124,75	125	126,75

Rappelons que les puits P1 à P5 ont fait l'objet d'inspections vidéo, réalisées par la société SARP-ONYX en septembre 2001, pour le compte de BURGEAP. Nous disposons de 5 rapports d'intervention, composés essentiellement de photos et de commentaires. Des cassettes VHS et des rapports photos ont été fournis par la société.

La carte d'implantation des puits est visible en Annexe 5.

Au niveau opérationnel, les puits, dont le diamètre externe est de l'ordre de 1,20m, seront démolis par tranches descendantes d'environ 5 mètres d'épaisseur au fur et à mesure des phases de terrassement des marnes.

Notre méthode de terrassement sera adaptée lorsque le terrassement atteindra les terres situées entre 5 et 10 mètres au-dessus du toit de gypse et une expertise sera menée afin de caractériser la présence possible de poches de dissolution dans le gypse, précédemment identifiées dans l'étude historique lors des reconnaissances vidéo effectuées dans les puits en 2012.

Une étape préliminaire d'inspection des puits par caméra est envisageable.

La prise en compte des servitudes, les contrôles et prélèvements sont décrits au chapitre 7.

Cas de découverte d'un puits non répertorié :

Dans l'hypothèse où un puits, qui n'apparaîtrait pas sur le plan de masse, serait découvert, le processus de « mise à nu » de ce puits serait effectué dans les mêmes conditions que pour les canalisations avec l'objectif supplémentaire de repérer les tenant-aboutissant. Ces éléments permettront de définir à quel réseau appartient l'élément découvert et d'adapter son démantèlement en fonction de la catégorie de canalisation à laquelle il est rattaché.

5. La nature des matériaux de démolition/excavation

5.1. Matériaux de démolition

Bétons et briques

Les matériaux issus de la démolition des bâtiments (hors postes de tirs) seront valorisés. Ils sont assimilables à des déchets conventionnels et pourront, à ce titre, être recyclés en grave de terrassement pour des ouvrages de Travaux Publics (routes, ponts...).



(source ANDRA)

Tonnage de déchets estimé par type

Type de déchet	Quantité
Béton	175 000 tonnes
Moellon / Pierre	65 000 tonnes
Gravats	28 000 tonnes

Métaux

L'ensemble des métaux issus de la démolition seront valorisés dans les filières de recyclage adéquates. Ils sont estimés par l'entreprise de démolition à 3000 tonnes.

Déchets industriels

Les déchets industriels seront constitués des éléments mobiliers et autres éléments non inertes ne pouvant être recyclés. Ils seront dirigés vers des ISDND. Ils sont estimés à 700 tonnes + 100 tonnes de verre.

Matériaux amiantés

La mise à jour du diagnostic amiante a été réalisée. Les principaux matériaux ou produits contenant de l'amiante sont :

- Conduits en pied de murs
- Plaques en faux plafond
- Peintures murales
- Enduits sur murs extérieurs
- Plaques ondulées de toiture
- Appuis et allèges de fenêtres
- Faïences + plinthes avec colle et ragréage
- Dalles de sol + colle
- Joints sur raccords de conduites circulaires
- Canalisations

Ces déchets amiantés auront pour exutoire des ISDD. Les tas de débris contenant des matériaux partiellement amiantés seront dirigés vers ces mêmes exutoires.

5.2. Végétaux

Les végétaux coupés sur site – en particulier les parties aériennes des arbres - seront valorisés en grumes ou en bois de chauffage. Les souches du fort central seront conservées sur le site. Notons qu'à l'époque des tirs à l'air libre dans la zone RX3, par mesure de sécurité, aucun arbre ne se trouvait dans la zone (cf. photo Annexe 18).

Terre végétale superficielle

En phase avec les opérations de dépollution pyrotechnique, elles resteront sur site comme prescrit dans les servitudes d'utilité publique.

Tonnage de déchets estimé par type

Type de déchet	Quantité
Terre végétale et grave naturelle	600 000 tonnes
Déchets végétaux	1 200 tonnes

5.3. Matériaux de découverte

Terres de décapage des bâtiments

Il s'agit essentiellement de remblais superficiels anciens et de terres recouvrant les constructions du CEA et de la Défense.

Ces terres se situent sous la terre végétale de surface jusqu'à une profondeur maximale de 5 mètres. Elles correspondent au niveau des douves, niveau historique avant la réalisation des constructions.

Elles seront extraites dans le cadre des travaux de démolition.

Matériaux de découverture du gypse

Cela comprend l'ensemble des matériaux de terrassement issus des opérations de carrière (calcaires de Brie, marnes issues de la découverte situées au-dessus du gypse).

Ces terres seront extraites dans le cadre de l'exploitation de la carrière.

Tous ces matériaux resteront dans le périmètre du site (respect des servitudes) et seront mis en remblais dans la future carrière à l'avancement des opérations de remblaiement.

Une gestion particulière des eaux sera mise en place afin de maîtriser les écoulements en fond de fosse (mise en place d'une pompe, etc...).



5.4. Gypse

En phase d'exploitation de carrière, le gypse sera le seul matériau sortant du site. Il aura pour exutoire l'usine Placoplatre de Vaujours où il sera transformé en plâtre (broyé finement et chauffé). Deux produits de base seront issus de ce plâtre :

- Les plâtres en poudre : vendus en vrac ou ensachés,
- Les plaques de plâtre.

5.5. Remblais de carrière

Le réaménagement final du site prévoit de revenir à la topographie initiale de la colline. Le volume de gypse exploité sera compensé par des terres inertes de remblais. Ces remblais seront constitués de terres de terrassement inertes issues des chantiers de la région parisienne, notamment du Grand Paris. Les provenances seront systématiquement vérifiées, et la qualité des remblais contrôlée à plusieurs niveaux :

- Chantier : demande d'autorisation préalable. Une visite sur chantier, préliminaire aux apports, est effectuée notamment pour de gros chantiers (supérieurs à 10 000 m³) par le contrôleur qualité et/ou le responsable commercial, afin d'apprécier la qualité des matériaux, en s'appuyant sur les études de sols et sous-sols qui, le cas échéant, ont été réalisées.

Des études et analyses sont systématiquement réalisées sur les sites dont l'étude historique révèle une activité passée potentiellement polluante.

- Réception / Bureau d'accueil surélevé : les camions se présentent débâchés et doivent présenter un bon indiquant la date, le chantier de provenance, le numéro d'immatriculation du camion et l'identité du transporteur. Le préposé enregistre les informations du bon de dépôt ainsi que le volume de la benne et le type de matériaux puis effectue un premier contrôle visuel de la conformité du chargement. Un enregistrement vidéo de la plaque d'immatriculation et du chargement est réalisé et conservé comme élément de traçabilité.
- Déchargement : un second contrôle visuel et olfactif des produits sur la plate-forme de déchargement est effectué par les conducteurs d'engins et/ou le manœuvre.
- Régalage : à ce niveau se situe le dernier contrôle lors de l'étalement des matériaux et avant la mise en remblai par les conducteurs d'engins.
- Analyses : des échantillons sont prélevés régulièrement sur des camions pris au hasard pour vérifier l'absence de métaux lourds notamment.

Les remblais extérieurs seront mis en place après les matériaux de découverte au fur et à mesure de l'avancement du réaménagement de la carrière. Ils constitueront les couches finales de la remise en état. Cette réhabilitation coordonnée permettra de diminuer l'impact environnemental de la carrière en cours d'exploitation tout en accélérant la restitution des espaces naturels.

6. Les études d'impact sur les travailleurs et les riverains

6.1. Contexte

Ce document présente la méthode de protection de tout impact radiologique potentiel sur des personnes se trouvant :

- soit sur le site de Vaujours lors des travaux de démolition des casemates ou lors de l'excavation des terres situées au-dessus du gisement de gypse qui sera exploité par la société Placoplatre ;
- soit dans l'environnement proche (par exemple, les communes dont le centre urbain se situe à environ 500 mètres). La carte avec les distances entre les communes voisines et le site est visible en Annexe 14.

Cette évaluation a porté sur les catégories de personnes suivantes :

- le personnel chargé du défrichage du site avant les travaux de démolition ;
- le personnel chargé de la démolition des casemates, notamment de l'écrouitage des murs ;
- Le personnel chargé de la dépollution pyrotechnique des terres accolées aux bâtiments
- le personnel chargé de l'excavation des terres (travaux de "décapage" et de "terrassment") ;
- le personnel chargé de la démolition des puits (travaux de "terrassment");
- le personnel amené à superviser les travaux (présence partielle sur le chantier) ;
- la population des communes environnantes.

Les résultats des calculs de dose sont issus du Pôle de compétence « Calculs d'impact » du CEA.

6.2. Hypothèses

Les scénarii étudiés ont été établis en s'appuyant sur le descriptif des modes opératoires prévus pour les travaux ainsi que sur le Guide méthodologique [31].

Quel que soit cas de figure envisagé, les hypothèses retenues sont les suivantes :

6.2.1. Modes d'exposition envisagés

Seule l'exposition par inhalation est prise en compte car il s'agit de la voie majoritaire dans le cas des isotopes de l'uranium. En effet, l'exposition externe par les isotopes de l'uranium est extrêmement faible et négligeable. De ce fait, le port d'un dosimètre individuel par les opérateurs n'est pas envisagé à ce jour. Cette disposition est étayée dans ce même paragraphe 6 et confirmée par le dossier d'abandon dans lequel toutes les fiches de suivi dosimétrique de l'assainissement des 5 principales chambres de tir montrent que le personnel n'a enregistré aucune dose. Le REX de la démolition phase 1 d'avril 2014 confirme également ce point.

6.2.2. Coefficients de dose

Les travailleurs sont considérés comme non classés du point de vue radiologique (il s'agit de personnes ne travaillant pas en zone réglementée, et ne faisant pas l'objet de surveillance radiologique individuelle). De ce fait, on utilisera les coefficients de dose pour le public (cf. Annexe 32) provenant de l'arrêté du 1er septembre 2003 [32].

Pour l'évaluation de l'exposition à l'inhalation des poussières mises en suspension lors des travaux (cf. hypothèses retenues en annexe 4), on considère que l'uranium, présent sous forme d'uranium appauvri, est sous forme oxyde ; d'après [32], la clairance pulmonaire associée à la forme oxyde est la classe S, la plus pénalisante.

L'expertise réalisée sur une particule d'uranium montre que le cœur est formé d'uranium métal, une première enveloppe est constituée d'uranium à valence 4 et que le tout est enveloppé d'une seconde gangue d'uranium sous forme d'oxyde (valence 6). L'uranium diffus dans les sols peut se présenter sous différentes formes (colloïdale ou autre) qui vont dépendre de différents paramètres tels que l'acidité, etc. La forme oxyde est effectivement très conservative mais l'impact est négligeable.

6.2.3. Spectre de référence de l'uranium

Le spectre de référence utilisé pour la répartition de l'activité par isotope est le suivant :

48,72% en U234

2,18% en U235

49,09% en U238.

Ceci correspond à une répartition massique de 0,005% en U234, 0,69% en U235 et 99,31% en U238.

Notons que, les coefficients de dose par inhalation des isotopes de l'uranium (Sv par Bq d'U) étant très proches, le choix de cette répartition a peu d'influence sur l'impact final (cf. Annexe 4).

6.2.4. Débits respiratoires

Pour les travailleurs chargés des travaux de démolition des casemates, des travaux de défrichage, de terrassement ou de démolition des puits dans le périmètre du fort central, le débit respiratoire considéré est de 1,5 m³/h [33], correspondant à une activité physique relativement importante.

Pour le personnel de supervision ou la population riveraine, le débit respiratoire considéré est de 1,2 m³/h.

6.2.5. Efficacité du masque anti poussières

Il sert essentiellement de protection contre les fines particules.

Dans le calcul d'impact par inhalation, on prend en compte l'efficacité du masque de chantier de type FFP 3 dont le taux de filtration est de 100 (c'est-à-dire que 1/100ème des aérosols présents dans l'atmosphère peuvent être inhalés ou encore que 99% sont piégés dans le filtre du masque).

6.3. Résultats des études d'impact radiologique

6.3.1. Evaluation de l'impact sur le travailleur

On présente successivement l'étude d'impact pour :

- un travailleur réalisant du défrichage,
- un travailleur présent sur le chantier de démolition des casemates,
- un travailleur effectuant des travaux de dépollution pyrotechnique
- un travailleur effectuant des travaux de terrassement,
- un travailleur effectuant des démolitions de puits.

Unités utilisées :

Sievert (**Sv**)

Milli-Sievert (**mSv**) = 10^{-3} Sv

Micro-Sievert (**μSv**) = 10^{-6} Sv

Nano-Sievert (**nSv**) = 10^{-9} Sv

6.3.1.1. Défrichage

Hypothèses

Au préalable à la démolition des casemates du fort central, des travaux de défrichage seront réalisés ; ils dureront au maximum 25 jours. On considère que le travailleur est exposé aux poussières lors de la phase de dessouchage dont la durée a été évaluée à 10 jours, soit 80 heures si on considère que le personnel travaille 8 heures par jour. On suppose que, lors de ces travaux de dessouchage, l'activité résiduelle des sols est de 5 Bq/g. Conformément aux pratiques pour ce type de travaux, le personnel portera un masque de type FFP3 dans la cabine de l'engin sauf si la cabine est pressurisée.

6.3.1.2. Comme pour les travaux de terrassement (cf. 6.3.1.4 Dépollution pyrotechnique)

6.3.1.2.1. Opérateur en pied de pelle

Hypothèses

Lors des travaux de dépollution pyrotechnique ; la teneur en poussières du fait de la remise en suspension est supposée être de 1 mg/m^3 . L'activité massique retenue est de 40 Bq d'uranium total par gramme de terre. Cette activité est issue de l'analyse d'un échantillon prélevé dans une zone de découverte d'objet et analysé par un laboratoire extérieur.

Par les différentes mesures de radioprotection mises en place (§7.5.2 et §9.1) L'opérateur pourrait être exposé pendant 1h en cas découverte d'objet. Par hypothèse, on considère que 25 "découvertes" ont lieu lors du terrassement des 150.000m³ de terres restant à excaver.

Les travailleurs seront protégés par un masque de type FFP3 ou seront présents dans une cabine d'engin pressurisée. Le facteur de protection est de 100 vis-à-vis des aérosols.

Résultats

*Compte tenu de tous les facteurs majorants, l'impact total sur un opérateur unique, en pied de pelle et qui aurait participé aux 25 opérations serait inférieur à 0,15 μSv . Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est de 1 mSv par an [34] soit **6600 fois inférieur** à la valeur limite.*

6.3.1.2.2. Opérateur travaillant à 30m

Hypothèses

Pour évaluer le rejet émis dans l'atmosphère susceptible d'affecter un opérateur travaillant à 30m, on retient les hypothèses suivantes :

- l'opérateur est au centre d'une demi-sphère dont le rayon (r) est de 3 mètres, dans laquelle le taux d'empoussièrement (a) est constant et égal à 1 mg/m^3 ;
- l'activité massique est de 40 Bq/g ;
- le rejet émis à l'atmosphère est assimilable à un taux de renouvellement (R) de cette demi-sphère, qu'on prendra égal à 1 h^{-1} .
- Le débit de rejet de poussières est de l'ordre de 0,05 mg/s.

Dispersion atmosphérique et impact

On suppose que l'opérateur sera présente dans l'axe du vent pendant les rejets émis au niveau du sol et ne portera pas de masque. Les conditions météorologiques seront constantes en vitesse et direction pendant les rejets Les conditions météorologiques sont constantes en vitesse et direction pendant l'ensemble des 25 découvertes (hypothèse majorante)

Résultats

*Compte tenu de tous les facteurs majorants, l'impact total sur un opérateur unique travaillant à 30m et qui aurait participé aux 25 opérations serait inférieur à 1n μSv . Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est de 1 mSv par an [34] soit **1 millions de fois inférieur** à la valeur limite*

Terrassement), la teneur en poussières du fait de la remise en suspension est supposée être de 1 mg/m^3 .

Résultats

*L'impact des travaux de défrichage de l'ordre de 0,05 μSv pour 80 heures de travail de dessouchage dans une atmosphère empoussiérée à 1 mg/m^3 . Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est de 1 mSv par an [4] soit **20 000 fois inférieur** à la valeur limite.*

6.3.1.3. Démolition des casemates

Hypothèses

Avant d'engager les travaux de démolition des casemates, la phase d'écroutage des surfaces internes des chambres de tir conduira à une mise en suspension de poussières dans le bâtiment. La teneur en poussières du fait de cette remise en suspension est évaluée à 20 mg/m^3 , valeur médiane indiquée dans le guide [31] dans le cas de travaux de démolition à fort taux d'empoussièrement.

Le terme source pour les chambres de tir, c'est-à-dire l'activité massique résiduelle, est supposé de 1 Bq/g , c'est-à-dire l'objectif dosimétrique de dédouanement fixé par la DGS à l'intérieur des bâtiments occupés ou susceptibles de l'être (voir dossier d'abandon Volume [2]).

On suppose que la durée du travail de la phase d'écroutage des chambres de tir est de 7 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant au plus 5 semaines, soit 175 heures de présence.

Les travailleurs seront protégés à minima par un masque de type FFP3, dont le facteur de protection est de 100 vis-à-vis des aérosols. Cette efficacité de masque est la valeur minimale, conduisant à un impact majorant (c'est-à-dire surestimé) ; en effet, comme il s'agit de travaux avec des risques de projections, le masque utilisé sera plus couvrant et plus protecteur. Compte-tenu du confinement, une aspiration à la source sera mise en œuvre.

Résultat

La dose par inhalation due à l'écroutage des chambres de tir est de l'ordre de $0,5 \mu\text{Sv}$. Cette valeur peut être comparée à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est de 1 mSv par an [34] soit **2 000 fois inférieur à la valeur limite.**

Nota : si les travailleurs ne portent pas de masque, la dose sera de l'ordre de $50 \mu\text{Sv}$ soit encore 20 fois inférieur à la valeur limite.

Cas particulier : remise en suspension d'une « paillette »

La paillette qui a fait l'objet d'analyse en 2014 était essentiellement composée de béton (en volume) et de 50% d'uranium en masse (analyse par microscopie électronique). Les densités respectives de béton et d'uranium sont prises à 3 et 19 g/cm^3 . La masse de la paillette était de l'ordre de 30 mg et d'une activité de 800 Bq (mesure IRSN, ACRO et CEA).

Compte tenu de la taille de la paillette, le risque inhalation est improbable. Rappelons que le risque inhalation concerne les particules $< 10 \mu\text{m}$. Par ailleurs, les opérateurs portent un masque de type FFP3 à minima qui exclut toute incorporation (cf. annexe 17).

Dans le cas extrême où l'opérateur ingérerait une paillette de cette dimension, parce qu'il ne porterait pas de masque, la dose serait de l'ordre de $38 \mu\text{Sv}$. Soit, dans le cas d'une ingestion de 10 paillettes, une dose de 0,3 mSv soit le tiers de la limite de la norme d'exposition annuelle définie pour le public.

Ce scénario est extrêmement majorant.

6.3.1.4. *Dépollution pyrotechnique*

6.3.1.4.1. Opérateur en pied de pelle

Hypothèses

Lors des travaux de dépollution pyrotechnique ; la teneur en poussières du fait de la remise en suspension est supposée être de 1 mg/m^3 . L'activité massique retenue est de 40 Bq d'uranium total par gramme de terre. Cette activité est issue de l'analyse d'un échantillon prélevé dans une zone de découverte d'objet et analysé par un laboratoire extérieur.

Par les différentes mesures de radioprotection mises en place (§7.5.2 et §9.1) L'opérateur pourrait être exposé pendant 1h en cas découverte d'objet. Par hypothèse, on considère que 25 "découvertes" ont lieu lors du terrassement des 150.000m³ de terres restant à excaver.

Les travailleurs seront protégés par un masque de type FFP3 ou seront présents dans une cabine d'engin pressurisée. Le facteur de protection est de 100 vis-à-vis des aérosols.

Résultats

*Compte tenu de tous les facteurs majorants, l'impact total sur un opérateur unique, en pied de pelle et qui aurait participé aux 25 opérations serait inférieur à 0,15 μSv . Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est de 1 mSv par an [34] soit **6600 fois inférieur** à la valeur limite.*

6.3.1.4.2. Opérateur travaillant à 30m

Hypothèses

Pour évaluer le rejet émis dans l'atmosphère susceptible d'affecter un opérateur travaillant à 30m, on retient les hypothèses suivantes :

- l'opérateur est au centre d'une demi-sphère dont le rayon (r) est de 3 mètres, dans laquelle le taux d'empoussièrement (a) est constant et égal à 1 mg/m^3 ;
- l'activité massique est de 40 Bq/g ;
- le rejet émis à l'atmosphère est assimilable à un taux de renouvellement (R) de cette demi-sphère, qu'on prendra égal à 1 h^{-1} .
- Le débit de rejet de poussières est de l'ordre de 0,05 mg/s.

Dispersion atmosphérique et impact

On suppose que l'opérateur sera présente dans l'axe du vent pendant les rejets émis au niveau du sol et ne portera pas de masque. Les conditions météorologiques seront constantes en vitesse et direction pendant les rejets Les conditions météorologiques sont constantes en vitesse et direction pendant l'ensemble des 25 découvertes (hypothèse majorante)

Résultats

*Compte tenu de tous les facteurs majorants, l'impact total sur un opérateur unique travaillant à 30m et qui aurait participé aux 25 opérations serait inférieur à 1n μSv . Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est de 1 mSv par an [34] soit **1 millions de fois inférieur** à la valeur limite*

6.3.1.5. Terrassement

Hypothèses

Lors de ces travaux de terrassement, la teneur en poussières du fait de la remise en suspension est supposée être de 1 mg/m^3 , l'activité résiduelle des sols est de 5 Bq/g , ce qui correspond à l'objectif dosimétrique de dédouanement fixé par la DGS (voir dossier d'abandon Volume [2]).

La surface du fort central (y compris les douves) est de l'ordre de 60000 m^2 . La durée maximale de ces travaux a été estimée à 28 semaines par an.

Les travaux de terrassement seront répartis en deux catégories distinctes :

- Le décapage des terres autour des bâtiments : $160\,000 \text{ m}^3$ à l'intérieur du fort central et $150\,000 \text{ m}^3$ hors fort central,
- La découverte du gypse : quelques millions de m^3

Les travailleurs seront protégés par un masque de type FFP3 ou seront présents dans une cabine d'engin pressurisée. Le facteur de protection est de 100 vis-à-vis des aérosols.

Résultats

*L'impact des travaux d'excavation dans le fort central est de l'ordre de $0,7 \mu\text{Sv}$. Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est de 1 mSv par an [34] soit **1 400 fois inférieur** à la valeur limite.*

*Si un Chef de chantier est présent dans la zone empoussiérée de la carrière, 1 heure par jour pendant toute la durée du chantier, l'impact qu'il subirait serait inférieur à $0,1 \mu\text{Sv}$ soit plus de **10 000 fois inférieur** à la valeur limite.*

*En dehors du fort central, **les travaux d'excavation ne conduiront à aucune exposition radiologique** car aucune expérience pyro-radiologique n'y a été effectuée.*

Nota : des mesures réalisées sur une carrière similaire exploitée par la société Placoplatre à Bois le Comte indiquent des concentrations en poussières inhalables inférieures à $0,08 \text{ mg/m}^3$ sur le site, dans la carrière et dans la base vie. Les calculs présentés ci-dessus ayant été effectués pour une concentration en poussières de 1 mg/m^3 , l'impact calculé est donc majoré d'un facteur 10.

6.3.1.6. Démolition des puits

Hypothèses

Des travaux de démolition des puits seront nécessaires.

Lors de ces travaux de terrassement, la teneur en poussières du fait de la remise en suspension est supposée être de 1 mg/m^3 , l'activité résiduelle des sols est de 10 Bq/g (cf. justification en 8.3.1 Les produits du fort central).

La durée de ces travaux a été estimée à 30 heures par puits.

Les travailleurs seront protégés par un masque de type FFP3 ou seront présents dans une cabine d'engin pressurisée. Le facteur de protection est de 100 vis-à-vis des aérosols.

Résultats

*L'impact des travaux de démolition des puits est de l'ordre de $0,04 \mu\text{Sv}$. Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est de 1 mSv par an [34] soit **25 000 fois inférieur** à la valeur limite.*

6.3.2. Evaluation de l'impact sur la population

6.3.2.1. Défrichement

Hypothèses

Quantité présente et quantité mise en suspension

Pour évaluer le rejet émis dans l'atmosphère susceptible d'affecter la population, on retient les hypothèses suivantes :

- l'opérateur est au centre d'une demi-sphère dont le rayon (r) est de 3 mètres, dans laquelle le taux d'empoussièrement (a) est constant et égal à 1 mg/m^3 ;
- l'activité massique est de 5 Bq/g ;
- le rejet émis à l'atmosphère est assimilable à un taux de renouvellement (R) de cette demi-sphère, qu'on prendra égal à 1 h^{-1} .

Dispersion atmosphérique et impact

On suppose que la population sera présente dans l'axe du vent pendant les rejets émis au niveau du sol. Les conditions météorologiques seront constantes en vitesse et direction pendant les rejets. Toutefois, comme ces travaux dureront plus d'une journée, on prend en compte les fluctuations de direction de vent pendant les rejets en appliquant un facteur de battement de 5.

Résultats

A 500 m de l'émission (distance correspondant aux communes les plus proches), l'impact par inhalation sur un adulte (population la plus radiosensible dans le cas d'un rejet d'uranium), l'impact est inférieur à 1 nSv par an .

Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est $1 \text{ mSv par an [34]}$ soit **1 million de fois inférieur** à la valeur limite.

6.3.2.2. Démolition des casemates

Hypothèses

Quantité présente et quantité mise en suspension

Pour évaluer le rejet émis dans l'atmosphère susceptible d'affecter la population, on retient les hypothèses suivantes :

- l'opérateur est au centre d'une demi-sphère dont le rayon (r) est de 2 mètres, dans laquelle le taux d'empoussièrement (a) est constant et égal à 20 mg/m^3 ;
- l'activité massique est de 1 Bq/g ;
- le rejet émis dans l'atmosphère est assimilable à un taux de renouvellement (R) de cette demi-sphère, qu'on prendra égal à 1 h^{-1} .

Le débit de rejet se calcule par la relation :

$$d = a \cdot \frac{2}{3} \pi \cdot r^3 \cdot R \cdot (1 - \exp(-R \cdot t))$$

Après une dizaine d'heures, le débit de rejet de poussières est de l'ordre de $0,1 \text{ mg/s}$.

Dispersion atmosphérique et impact

On suppose que la population sera présente dans l'axe du vent pendant les rejets émis au niveau du sol. Les conditions météorologiques seront constantes en vitesse et direction pendant les rejets. Toutefois, comme ces travaux dureront plus d'une journée, on prend en compte les fluctuations de direction de vent pendant les rejets en appliquant un facteur de battement de 5.

Résultats

A 500 m de l'émission (distance correspondant aux communes les plus proches), l'impact par inhalation sur un adulte (population la plus radiosensible dans le cas d'un rejet d'uranium), l'impact est inférieur à 1 nSv par an.

*Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est 1 mSv par an [34] soit **1 million de fois inférieur** à la valeur limite.*

6.3.2.3. Dépollution pyrotechnique

Quantité présente et quantité mise en suspension

Pour évaluer le rejet émis dans l'atmosphère susceptible d'affecter la population, on retient les hypothèses suivantes :

- l'opérateur est au centre d'une demi-sphère dont le rayon (r) est de 3 mètres, dans laquelle le taux d'empoussièrement (a) est constant et égal à 1 mg/m³ ;
- l'activité massique est de 40 Bq/g ;
- le rejet émis à l'atmosphère est assimilable à un taux de renouvellement (R) de cette demi-sphère, qu'on prendra égal à 1 h⁻¹.

Dispersion atmosphérique et impact

On suppose que l'opérateur sera présente dans l'axe du vent pendant les rejets émis au niveau du sol et ne portera pas de masque. Les conditions météorologiques seront constantes en vitesse et direction pendant les rejets. Les conditions météorologiques sont constantes en vitesse et direction pendant l'ensemble des 25 découvertes (hypothèse majorante)

Résultats

A 500 m de l'émission (distance correspondant aux communes les plus proches), l'impact par inhalation sur un adulte (population la plus radiosensible dans le cas d'un rejet d'uranium), l'impact est inférieur à 1 nSv par an.

*. Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est de 1 mSv par an [34] soit **1 millions de fois inférieur** à la valeur limite.*

6.3.2.4. Terrassement

Quantité présente et quantité mise en suspension

Pour évaluer le rejet émis dans l'atmosphère susceptible d'affecter la population, on retient les hypothèses suivantes :

- l'opérateur est au centre d'une demi-sphère dont le rayon (r) est de 3 mètres, dans laquelle le taux d'empoussièrément (a) est constant et égal à 1 mg/m^3 ;
- l'activité massique est de 5 Bq/g ;
- le rejet émis à l'atmosphère est assimilable à un taux de renouvellement (R) de cette demi-sphère, qu'on prendra égal à 1 h^{-1} .

Dispersion atmosphérique et impact

Les données météorologiques utilisées sont celles mesurées en région parisienne, dont la répartition par direction d'origine des vents est présentée sur la figure ci-dessous.

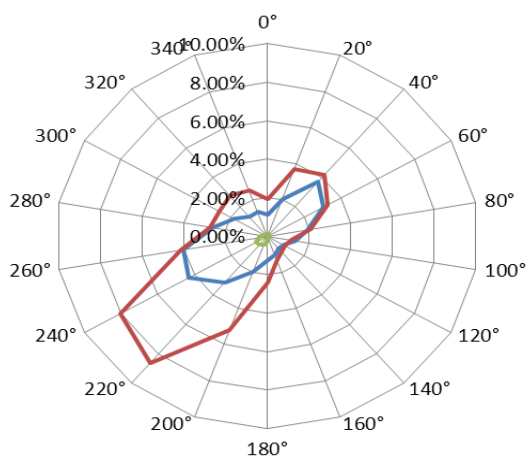


Figure 3 : Rose des vents

Sur la figure 3, la courbe rouge présente les fréquences d'occurrence des situations de diffusion normale (bonnes conditions de diffusion, turbulences atmosphériques) ; la courbe bleue présente les fréquences d'occurrence des situations d'atmosphère stable (diffusion faible - mauvaises conditions de diffusion, peu de turbulence atmosphérique).

Hypothèse où la population serait exposée en permanence au flux, sous les vents venant du sud-ouest, pendant la durée des travaux sans prendre en compte la protection apportée par les habitations marque l'absence de tout effet pour la santé des habitants.

Résultats

L'impact par inhalation sur un adulte (population la plus radiosensible dans le cas d'un rejet d'uranium), supposé vivre à 500 m de l'émission, distance correspondant aux communes les plus proches, est inférieur à 1 nSv par an .

Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est 1 mSv par an [34] soit **1 million de fois inférieur** à la valeur limite.

6.3.2.5. Démolition des puits

Hypothèses

Quantité présente et quantité mise en suspension

Pour évaluer le rejet émis dans l'atmosphère susceptible d'affecter la population, on retient les hypothèses suivantes :

- l'opérateur est au centre d'une demi-sphère dont le rayon (r) est de 2 mètres, dans laquelle le taux d'empoussièrement (a) est constant et égal à 1 mg/m^3 ;
- l'activité massique est de 1 Bq/g ;
- le rejet émis à l'atmosphère est assimilable à un taux de renouvellement (R) de cette demi-sphère, qu'on prendra égal à 1 h^{-1} .

Dispersion atmosphérique et impact

On suppose que la population sera présente dans l'axe du vent pendant les rejets émis au niveau du sol. Les conditions météorologiques seront constantes en vitesse et direction pendant les rejets. Toutefois, comme ces travaux dureront plus d'une journée, on prend en compte les fluctuations de direction de vent pendant les rejets en appliquant un facteur de battement de 5.

Résultats

A 500 m de l'émission (distance correspondant aux communes les plus proches), l'impact par inhalation sur un adulte (population la plus radiosensible dans le cas d'un rejet d'uranium), l'impact est inférieur à 1 nSv par an.

*Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est 1 mSv par an [34] soit **1 million de fois inférieur** à la valeur limite.*

6.3.2.6. Exposition due aux entreposages

Hypothèses

Quantité présente et quantité mise en suspension

Pour évaluer le rejet émis dans l'atmosphère susceptible d'affecter la population, on retient les hypothèses suivantes :

- l'opérateur est au centre d'une demi-sphère dont le rayon (r) est de 3 mètres, dans laquelle le taux d'empoussièrement (a) est constant et égal à 1 mg/m^3 ;
- l'activité massique est de 5 Bq/g ;
- le rejet émis à l'atmosphère est assimilable à un taux de renouvellement (R) de cette demi-sphère, qu'on prendra égal à 1 h^{-1} .

Dispersion atmosphérique et impact

L'exposition durant toute l'année, les données météorologiques utilisées sont celles mesurées en région parisienne, dont la répartition par direction d'origine des vents est présentée plus haut.

Résultats

A 500 m de l'émission (distance correspondant aux communes les plus proches), l'impact par inhalation sur un adulte, est inférieur à 1 nSv par an , en considérant que toute l'activité est inhalable.

*Cet impact peut être comparé à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est 1 mSv par an [34] soit **1 million de fois inférieur** à la valeur limite.*

Remarque : pour l'évaluation de l'impact en limite de site, rappelons que les codes de modélisation ne sont fiables qu'au-delà de 300 mètres. Néanmoins, pour des distances inférieures de 100 et 200 mètres, il est possible de donner un ordre de grandeur extrapolation des valeurs de CTA (coefficient de transfert atmosphérique). Entre 100 et 200 mètres, l'exposition est à multiplier par un facteur 3 ce qui reste négligeable et sans dangers pour la population et l'environnement.

6.3.2.7. Dépôt de gravats marqués dans une fosse à 30m de profondeur

Les gravats, en particulier ceux provenant de l'écroutage des chambres de tirs et des puits, pourraient être stockés sur site dans une fosse de 60 mètres, au point médian soit à 30 mètres de profondeur, qui serait ensuite remblayée sur cette même hauteur pour être végétalisée. A titre d'illustration, l'activité totale pour un volume de 200 m^3 de gravats (densité de 2,3) déposé sur une surface circulaire de 30 mètres de diamètre et pour une activité maximale de 10 Bq/g , serait de l'ordre de 1 million fois moindre que l'activité en uranium naturelle contenue dans le volume de terre (densité de 1,25) remblayant la fosse sur une hauteur de 30 mètres. Par ailleurs, l'écran de 30 mètres de terre annulerait toute exposition de ces gravats (déjà très faible lorsqu'ils sont à nu). L'impact d'un tel stockage serait donc nul même si une traçabilité devait être mise en place.

Néanmoins, la solution retenue est l'évacuation du site des gravats marqués ou potentiellement marqués vers une filière TFA.

6.4. Evaluation de l'impact chimique

6.4.1. La méthodologie d'évaluation de l'impact chimique

Aujourd'hui, la méthodologie générique retenue pour l'évaluation de l'impact sanitaire d'un élément chimique reprend les principales recommandations de l'Institut National de Veille Sanitaire (InVS) et de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS).

Les calculs d'impact ne peuvent être menés à bien que si des valeurs toxicologiques de référence (VTR) relatives aux substances étudiées existent. Le terme "VTR" est une appellation générique regroupant tous les types d'indice toxicologique qui permettent d'établir une relation entre une dose et un effet toxique dans le cas d'un toxique à effet de seuil ou entre une dose et une probabilité d'effet dans le cas d'un toxique sans effet de seuil [35]. Il est nécessaire de disposer de seuils de toxicité correspondant à la voie étudiée (inhalation ou orale) et à la durée d'exposition (aigu, sub-chronique ou chronique). Rappelons que les VTR sont établies à partir d'études expérimentales sur animaux, l'extrapolation à l'homme étant réalisée en appliquant un facteur d'incertitude lié à la transposition inter-espèces. Elles peuvent être également établies à partir d'études épidémiologiques.

D'une manière générale, l'impact sanitaire est estimé, en évaluant à l'aide de VTR sélectionnées pour les substances étudiées, soit des quotients de danger (QD) dans le cas des substances non cancérogènes, également appelées "substances avec effet de seuil" ou "effets déterministes", soit des excès de risque individuel (ERI) dans le cas des substances cancérogènes, ou "substances sans effet de seuil" ou "effets stockastiques".

Dans le cas des substances non cancérogènes, si les quotients de danger sont inférieurs à 1, valeur repère empirique, le risque est qualifié de non préoccupant, voire nul.

L'INERIS [36] a rédigé une synthèse des seuils de toxicité à utiliser en fonctionnement normal et a réalisé des sélections de VTR pour quelques substances. Si des valeurs existent (par exemple, l'US-EPA), il n'y a pas toutefois de méthodologie aussi consolidée et fiable que celle développée par l'IRSN dans le cas du radiologique. En absence aujourd'hui d'une approche fiable pour l'uranium, rappelons les conclusions du Groupe de Santé qui figurent dans le dossier d'abandon.

6.4.2. La synthèse du Groupe Santé sur l'impact chimique de l'uranium

Le Groupe Santé (voir également le volume 4 du dossier d'abandon [4]) a abordé la question de la toxicité chimique de l'uranium et se basait en particulier sur les travaux de l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire (IPSN) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Nous en présentons ici les principales observations:

1. Les différents résultats proviennent d'études sur animal ou épidémiologiques. L'essentiel des résultats pour l'homme sont ainsi extrapolés du modèle animal et présentent donc un grand facteur d'incertitude.
2. Pour l'inhalation : les différentes études épidémiologiques menées sur les mineurs d'uranium n'ont pas montré d'excès de mortalité dû à des pathologies rénales. Des travailleurs exposés accidentellement à des doses élevées d'uranium n'auraient pas souffert de dommages rénaux. D'autres études font états de résultats différents.
3. Pour l'ingestion : Des études épidémiologiques portant sur une cohorte de 28000 travailleurs ne révèlent pas d'augmentation de la mortalité. Une exposition accidentelle à des doses importantes aurait montré des troubles de la fonction rénale mais rapidement réversibles.
4. L'incorporation de fragments sous cutanés : le suivi sur plusieurs années d'une cohorte de vétérans de la guerre du golfe présentant un fragment d'uranium dans les tissus, n'aurait pas montré d'altération de la fonction rénale en dépit d'une excrétion urinaire plus importante.

En conclusion du Groupe Santé « *les effets sur la toxicité chimique rénale de l'uranium s'observe lors de l'exposition aiguë et à forte dose. En revanche, lors d'exposition chronique et à faibles doses, on observe peu ou pas de perturbation fonctionnelle rénale* ».

6.5. Conclusion

Avec des hypothèses très conservatives, notamment sur la quantité d'uranium mise en suspension en une année, l'impact radiologique sur les travailleurs et la population reste négligeable et très largement inférieur à la valeur indiquée dans le code de la santé publique pour le public, qui est 1 mSv par an (valeur maximale près de 1000 fois inférieure à cette limite). Ce serait encore le cas, si l'un des travailleurs cumulait les expositions sur les différents postes de travail.

Enfin, même en cas d'imprécision sur les quantités émises, l'impact sur la population restera négligeable.

7. Les contrôles et le suivi radiologique

7.1. Organisation des contrôles radiologiques

7.1.1. Principes Généraux

Comme pour les opérations d'assainissement réalisées dans le passé (voir Volumes 1, 3 & 4 du dossier d'abandon), trois lignes de contrôle sont utilisées afin de garantir toute «anomalie» dans la gestion des produits conventionnels générés par les travaux de démolition et de terrassement à venir.

La première ligne de contrôle se base sur l'une étude de l'historique des bâtiments, des activités qui y ont été menées dans le passé et des substances utilisées ;

La deuxième ligne de contrôle est constituée par les campagnes de mesures qui ont été réalisées après assainissement (contrôles finaux) et qui ont permis de confirmer l'atteinte des objectifs d'assainissement définis par la DGS. Ces contrôles ont permis de dresser une cartographie précise de la zone historique des points singuliers ;

La troisième ligne de contrôle consiste, pour les opérations de démolition des postes de tir et de terrassement dans le fort central, en un contrôle radiologique des « produits ». De même, les produits conventionnels qui ne seront pas valorisés sur place seront contrôlés en sortie de site (par un portique de détection).

7.1.2. Les niveaux de contrôles radiologiques

7.1.2.1. *L'organisation des contrôles*

L'entreprise Placoplatre a mis une organisation en place pour répondre aux dispositions de radioprotection et de surveillance liées au chantier. Pour ce faire :

- l'entreprise Placoplatre a nommé une Personne Compétente en Radioprotection(*) (PCR) qui assurera sa mission pour le compte de l'exploitant ;
- les entreprises dans les différentes phases de travaux nommeront un correspondant sécurité qui sera en lien avec la PCR en cas d'anomalie constatée ;
- l'entreprise Placoplatre a défini les actions de radioprotection et de surveillance de l'environnement qui seront confiées à un premier prestataire ;
- l'entreprise Placoplatre a confié à un second prestataire le rôle de vérifier que les actions seront réalisées conformément au cahier des charges et dans le respect des prescriptions, procédures et modes opératoires. Ce prestataire sera l'expert en Radioprotection qui sera le point de contact des correspondants sécurité et de la PCR de Placoplatre. Le prestataire de niveau 2 pourrait également exercer la fonction de PCR pour le chantier.

De plus, l'ASN fait appel à un tiers-expert pour le suivi des opérations de caractérisation qui seront réalisées, notamment pour des opérations d'écroutage des chambres de tirs ou en préalable des opérations de démolition des autres bâtiments et de terrassement.

(*)Nota : la PCR est régie par le Code du Travail, qui rappelle en premier lieu que l'employeur est tenu de désigner une PCR (salariée ou prestataire extérieur selon le secteur d'activité) dès qu'il existe « *un risque d'exposition aux rayonnements ionisants pour les travailleurs de l'établissement ainsi que pour ceux des entreprises extérieures ou les travailleurs non-salariés intervenant dans cet établissement* ». En toute rigueur, la PCR n'est pas obligatoire dans les conditions de ce chantier qui ne nécessite aucune classification radiologique pour le personnel qui y travaille. Néanmoins, considérant le contexte de ce chantier, Placoplatre choisit d'y avoir recours afin d'être en mesure de traiter une éventuelle anomalie.

Ces actions sont détaillées dans les paragraphes ci-dessous.

7.1.2.2. Contrôles radiologiques de 1^{er} niveau

Les contrôles de premier niveau seront réalisés par le prestataire en charge de la surveillance radiologique et des contrôles du chantier.

Les contrôles radiologiques des structures nécessiteront l'utilisation de matériel spécifique. Les dispositifs de mesure mis en œuvre par l'entreprise seront définis lors de la phase d'études et seront adaptés au type de mesure.

Le prestataire aura pour mission d'avertir le prestataire de niveau 2 en cas de déclenchement du portique selon la procédure mise en place (voir extrait en annexe 6).

7.1.2.3. Contrôles radiologiques de 2^{ème} niveau

Les contrôles de 2nd niveau sont réalisés par l'expert en Radioprotection du second prestataire spécialisé qui aura pour mission de valider les procédures et de s'assurer qu'elles seront respectées par le prestataire en charge des contrôles radiologiques de 1^{er} niveau.

La fonction de PCR pourrait être confiée au prestataire de niveau 2.

Ces contrôles sont définis comme suit :

- une analyse documentaire du contrôle de premier niveau (protocoles, procédures, modes opératoires),
- un audit documentaire et sur le terrain des moyens de mesures de l'entreprise,
- des contrôles radiologiques directs ou indirects par échantillonnage.

Le contrôle de 2nd niveau consiste également à analyser la bonne réalisation du contrôle de niveau 1, notamment :

- vérifier l'adéquation des contrôles de niveau 1, selon les critères suivants :
- type de contrôle conforme,
- fréquence d'échantillonnage conforme,
- adéquation de l'appareil utilisé et conformité des limites de détection,
- date de validité du contrôle périodique des appareils utilisés non dépassée (< 1 an).

Un audit des moyens de mesures utilisés dans le cadre des contrôles permettra de vérifier la maîtrise de cette chaîne de métrologie par l'entreprise. Cet audit portera sur l'analyse des modes opératoires et de la méthodologie mise en œuvre par l'entreprise pour la réalisation des mesures : vérification de l'étalonnage de la spectrométrie, suivi du bon fonctionnement de l'appareil, formation et habilitation des opérateurs, traçabilité des résultats et des informations pertinentes, respects des limites de détection exigées etc.

7.1.3. Exemples d'appareils de contrôles radiologiques

Contrôle de la contamination surfacique par mesure directe

Le choix de l'appareil sera fonction de l'accessibilité et de l'état des surfaces. Il pourra s'agir :

- dans le cadre des mesures directes d'activité surfacique, de contaminamètres surfaciques α/β , de type tel que :
 - le SAP 400,
 - le LB 124 pour une surface de mesure de 300 cm²,
 - le LB 166 pour une surface de mesure de 2000 cm²avec un support mobile, pour contrôler par exemple les surfaces écaillées relativement planes (n'étant pas susceptible de détériorer les surfaces des détecteurs),
- pour contrôler les surfaces irrégulières, de contaminamètres surfaciques α/β , de type tel que :
 - le LB 124 (ou équivalent) maintenu au plus proche de la surface,
- pour les mesures par frottis ou contrôle des vêtements, de contaminamètres surfaciques α/β , de type tel que :
 - le CABV21



Exemples d'équipements de détection de contamination

En l'absence de mesure significative (signal net inférieur au seuil de décision), le résultat de la mesure indique « < LD » avec les valeurs de la limite de détection.

Les appareils utilisés ainsi que les temps de comptage seront imposés afin de respecter les limites de détection :

Appareil de mesure	Surface de détection (cm ²)	Limite de détection en α (Bq/cm ²)	Limite de détection en β (Bq/cm ²)
SAP 400-2 + ictomètre 1	400	0,04	0,4
LB 124 ou équivalent	170	0,04	0,4
SA-32 + ictomètre 2	32	0,04	0,4

Ictomètre 1 : MIP10 analogique ou CAB

Ictomètre 2 : MIP10 digital ou Colibri

Contrôle par des mesures indirectes

Il pourra s'agir de contaminamètres de rayonnement $\alpha/\beta/\gamma$ grande surface pour le contrôle surfacique des terres (on examinera les aspects opérationnels d'un dispositif de contrôle sur convoyeur).

Dans le cadre des mesures indirectes, les frottis et les échantillons seront analysés par spectrométrie gamma ou sur un passeur pour une mesure α , β totaux de type LB 5500 de Canberra ou NU20 d'Intertechnique etc...



**Exemples d'équipements industriels pour le contrôle de grandes surfaces
avec positionnement GPS et trajectoire associée**

Une barrière de contrôle supplémentaire sera mise en place en sortie de site avec un portique de détection (basé sur l'utilisation de détecteurs type SP10). Il aura pour objectif de contrôler les camions transportant :

- l'ensemble des produits sortants valorisables : débroussaillage, gravats etc...
- les produits transitant sur le site : marnes
- les produits exploités : gypse



7.2. Description des contrôles radiologiques

7.2.1. La stratégie de contrôle des surfaces

L'opérateur adoptera dans tous les cas, la stratégie suivante (en adéquation avec la méthodologie décrite en annexe 20) : sélection de l'équipement présentant la limite de détection adéquate (voir ci-dessus). Par exemple, celui-ci doit pouvoir mesurer $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ (en β) pour le contrôle des murs (voir caractéristiques des limites de détection en annexe 31).

Définition d'un maillage dont la dimension sera ajustée par rapport à la nature de la zone à contrôler. On retiendra, une maille de:

Pour le contrôle des surfaces internes des bâtiments

- 1 m^2 pour le contrôle après écoulement de tous les postes de tirs (catégorie B) décrits au chapitre 2.2.3

Une cartographie exhaustive sera alors réalisée sur l'ensemble des surfaces selon la procédure jointe en annexe 20. En cas d'anomalie, la surface identifiée sera à nouveau échantillonnée et cartographiée jusqu'à obtenir une valeur de contrôle égale au BdF.

La cartographie exhaustive prendra également en compte les interfaces (ouvertures, passages de câbles, etc.) avec les pièces en vue directe comme décrit au 3.7.1. Si une anomalie était relevée, les mesures se poursuivraient à l'intérieur des pièces concernées.

- 1 m^2 également pour le contrôle des bâtiments de stockage ou de transit de l'uranium (catégorie C). Procédure identique aux bâtiments de la catégorie B.

Pour le contrôle des surfaces externes des bâtiments (catégorie A)

Bien que situés dans des secteurs où aucune expérimentation pyrotechnique n'a eu lieu, nous avons néanmoins réalisé, avant le démarrage des travaux de démolition, des mesures ciblées sur des enveloppes extérieures (façades et toits) des bâtiments situés à proximité de la zone de tir à l'air libre et des casemates semi-confinées mais également en dehors du fort central.

- 1 m² pour le contrôle progressif, par pas de 10 mètres, depuis les bâtiments localisés à proximité des postes de tirs à l'air libre et semi-confinés jusqu'aux bâtiments situés dans un rayon de 100 mètres autour de ces points
- 1 m² également pour le contrôle des bâtiments situés à l'extérieur du fort central (au-delà du rayon de 100 m), judicieusement choisis en fonction d'informations historiques sur la dispersion des aérosols, la direction des vents, etc.

Pour le contrôle des surfaces des terres

- 10 m² pour le contrôle des sols dans les zones dites de « zone historique des points singuliers » à l'intérieur du fort central (catégorie D) selon 3 passes de façon systématique : en surface, à une profondeur de 0,5 m et 1 m (prise en compte des servitudes). Ces contrôles concernent la zone de tirs à l'air libre et les alentours des casemates semi-confinées.

Dans le cas où des anomalies seraient détectées dans les zones de points singuliers, des investigations complémentaires et graduées seraient réalisées par rayons successifs de 10 mètres jusqu'à environ 100 mètres (catégorie E). Cette distance est justifiée dans l'annexe 2 du rapport du groupe Santé. Si des anomalies étaient trouvées à cette distance, les investigations seront poursuivies par de nouvelles tranches successives de 10 mètres.

En l'absence d'anomalie, les investigations seront circonscrites aux zones historiques à points singuliers. En effet, différentes études ou rapports permettent de dédouaner les autres secteurs du fort central et à fortiori hors fort :

- les résultats de mesures des mousses en spectrométrie gamma (cf. annexe 19)
- les résultats de la campagne de mesures effectuées sur l'ensemble du site par le dispositif AUTONUC (cf. rapport en annexe 22)
- l'avis de l'IRSN en date du 03 avril 2012

De la même manière, si une anomalie était détectée dans la tranche comprise entre 0,5m et 1m de profondeur, de nouvelles investigations seraient réalisées plus profondément par tranche de 0,5m.

- 100 m² pour le contrôle des sols dans les zones de 100 mètres y compris à l'extérieur du fort central (catégorie E) en surface et à une profondeur de 0,5 m puis 1 m (prise en compte des servitudes).

Pour l'ensemble de ces zones qui représentent une superficie d'environ 46 000 m², ce seront ainsi plus de 1000 points de mesures de contrôle qui seront réalisés.

Dans le cas d'une découverte d'un objet présentant une suspicion radiologique dans les terres accolées aux bâtiments, des mesures ponctuelles seront réalisées en différents points de l'objet, l'objectif de ces mesures étant d'identifier une éventuelle contamination. Si l'objet est contaminé il sera stocké sur site dans l'attente de l'évacuation par l'ANDRA. Des investigations complémentaires seront menées sur les terres sous-jacentes. En cas de contamination avérée ces terres seront mises en big bag et stockées sur le site dans l'attente de l'évacuation par l'ANDRA.

Dans tous les cas, l'opérateur fera une mesure dans les conditions géométriques les mieux adaptées pour assurer une détection optimale (quasi contact pour les murs, 5cm pour les terres). L'ensemble des mesures sera enregistré et consigné dans le registre de radioprotection par l'opérateur.

A titre d'illustration, le tableau ci-dessous présente les modalités possibles de contrôle en fonction de la surface à couvrir :

Type	Mesures	Description
Balayage serré	Comptage manuel à 10cm du sol ou quelques cm des murs	Mesures en continu Seuil sonore/visuel fixé à 3 BdF
Serpentin	Comptage manuel à 10cm du sol ou quelques cm des murs	Progression suivant une sinusoïde pour un pas de 1 m Mesure en continu Seuil visuel ou sonore fixé à 3BdF
Mesures Ponctuelles	Comptage direct ou intégré sur 30 secondes avec utilisation d'une échelle de comptage	Mesure en un point spécifique ou vérification de non contamination sur frottis.

Figure 5 : Les différents types de contrôles radiologiques

7.2.2. Contrôles radiologiques des opérations dans le fort central

On distinguera les opérations liées à la démolition hors sol de celles liées au terrassement. Une aire dédiée sera prévue pour les produits de démolition conventionnels.

7.2.2.1. Démolitions Hors sol

Les casemates qui ont fait l'objet de tirs pyrotechniques mettant en jeu de l'uranium et les pièces annexes en vue directe des tirs seront :

- Ecrounées sur environ 2 à 3 cm d'épaisseur (cf. Annexe 21);
- Après écroutage et avant démolition, un contrôle radiologique final des casemates, sera réalisé :
 - En absence d'anomalie radiologique ($\cong$ BdF d'une sonde bêta), les produits générés par la démolition seront évacués en filière conventionnelle ;
 - En cas d'anomalie, un nouvel écroutage est réalisé puis la procédure est une nouvelle fois appliquée jusqu'à obtenir une mesure $\cong$ BdF.

7.2.2.2. Terrassement des terres de décapage

Cette opération sera soumise aux servitudes qui peuvent pratiquement se limiter à une profondeur de 1 mètre. Elle pourra être ajustée si nécessaire, en fonction des résultats de contrôles ou d'investigations. Une double barrière de contrôle est mise en place :

- Des contrôles par mesure directe avec un radiamètre, qui seront menés parallèlement aux actions de dépollution pyrotechnique selon le maillage défini pour chaque zone (voir ci-dessus);
- Un contrôle radiologique sera réalisé au moyen d'un portique de détection. Il permettra le contrôle de l'ensemble des camions avant déchargement dans la zone d'entreposage ;
- Un prélèvement de terre hebdomadaire sera réalisé de manière statistique et analysé en laboratoire.

7.2.2.3. Terrassement des terres de découverte

Cette opération concerne des terrains naturels et argilo-marneux. Il ne sera donc pas nécessaire de réaliser les contrôles décrits dans le paragraphe précédent hormis pour les terres entourant les puits (cf. 8.3.1.6 Les puits).

Cette étape fera l'objet d'un avis complémentaire dans le cadre de l'autorisation d'exploiter.

7.2.2.4. Les Puits

Rappelons que les puits P1 à P5 ont fait l'objet d'inspections vidéo, réalisées par la société SARP-ONYX en septembre 2001, pour le compte de BURGEAP. Nous disposons de 5 rapports d'intervention, composés essentiellement de photos et de quelques commentaires. La principale information tirée de ces inspections est la visualisation des éboulis de gypse en fond de puits. Des cassettes VHS et des rapports photos ont été fournis par la société.

Néanmoins, pour les puits P2 à P9, des prélèvements de sol en profondeur sur la génératrice du puits au-delà du diamètre de 1,20 mètre et parallèlement à son axe (voir figure 4) seront réalisés par carottage à chaque passe de terrassement ($\cong 5\text{m}$) et seront analysés en laboratoire puis archivés. Ces prélèvements sont destinés à garantir l'absence de marquage par de l'uranium anthropique.

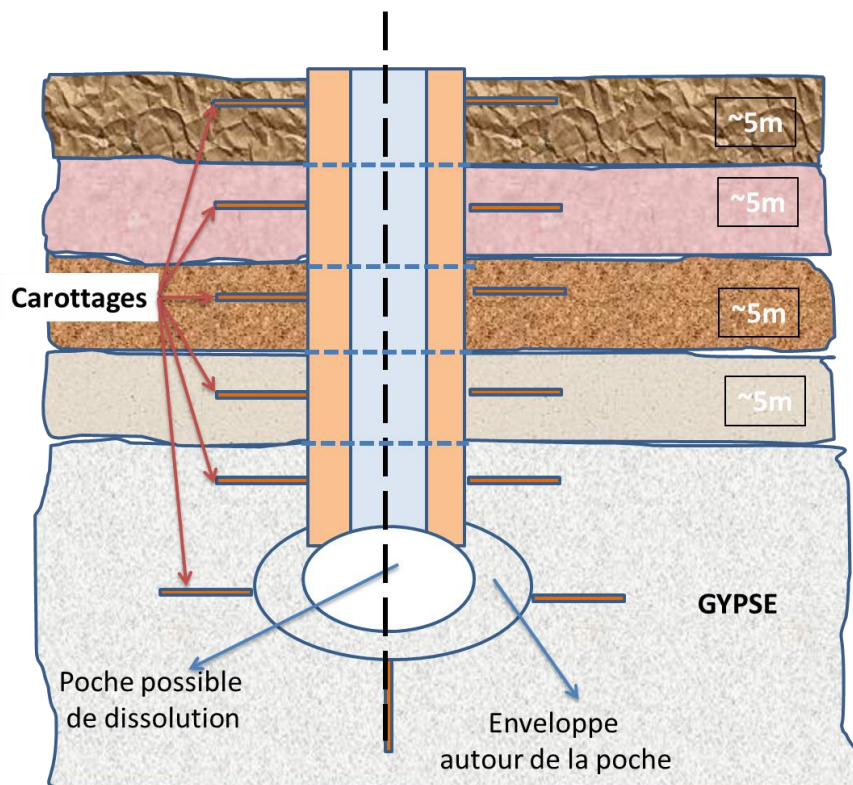


Figure 4 : La démolition des puits et les contrôles associés

La maçonnerie constituant les puits sera systématiquement évacuée en filière TFA.

7.2.2.5. *Les végétaux*

Les végétaux et particulièrement les arbres, seront valorisés. Les souches à l'intérieur du fort central, parce qu'elles sont ancrées dans les sols sous servitude, seront valorisées sur le site en compost. Notons qu'à l'époque des tirs à l'air libre ou semi-confinés, par mesure de sécurité, la végétation était réduite (voir illustration en Annexe 18). Considérant que les derniers tirs à l'air libre ont été réalisés il y a plusieurs dizaines d'années, aucun marquage n'est donc à redouter des parties aériennes. Néanmoins, rappelons que toute la végétation fera l'objet d'un contrôle ultime par portique de détection.

Quelques repères...

Les postes de tirs avec utilisation d'uranium (catégorie B) : ils représentent moins de 6% des surfaces construites du site (CD, CM, OS1, OS2, PH gauche, PH droite, RX1, RX3, TC1, TC2). Les chambres de tir de ces postes, bien qu'ayant déjà fait l'objet d'opérations d'assainissement, **subiront une opération d'écroutage** de la surface enveloppe. Puis une nouvelle cartographie de la chambre de tir écrouagée sera réalisée afin de valider qu'aucune contamination résiduelle ne persiste. Les gravats d'écroutage seront systématiquement évacués en filière TFA vers l'ANDRA.

Les casemates de stockage d'uranium et le réceptacle de la cuve de l'installation LG3 (catégorie C) : des contrôles seront réalisés par mesures directes selon un maillage de 1 m². Les gravats seront le cas échéant évacués en TFA en fonction des mesures effectuées.

Les aires par lesquelles ont transité de l'uranium et les aires autour des postes de tir à l'air libre et semi-confinés (catégorie D) : des contrôles seront réalisés par mesures directes selon un maillage de 10 m² et une profondeur de 1 mètre. Les gravats seront le cas échéant évacués en TFA en fonction des mesures effectuées.

Les autres bâtiments (catégorie A) : ils n'ont connus aucune expérimentation et les mesures réalisées lors des différentes interventions n'ont montré aucune anomalie (voir rapports SALVAREM et SUBATECH du dossier d'abandon – Volumes 1 et 4). Cependant, des contrôles surfaciques et des prélèvements seront effectués sur les surfaces externes des bâtiments à l'intérieur et à l'extérieur du fort central. **Les gravats de la démolition seront valorisés en déchets conventionnels dans des filières identifiées et sélectionnées** comme la construction de routes ou de ponts.

Toutes les terres (catégories D et E) **resteront dans l'emprise du projet pour être utilisées comme terres de remblai afin de respecter les servitudes d'utilité publique.**

7.2.3. Contrôles radiologiques des opérations en dehors du fort central

7.2.3.1. Démolitions hors sol

L'étude historique réalisée montre que ce secteur n'a fait l'objet d'aucune expérimentation pyrotechnique. Des mesures complémentaires sur les enveloppes extérieures de 23 bâtiments ont été réalisées [40]. 1266m² de surface extérieures de bâtiments (toits et murs) choisis en fonction de la direction et du sens des vents dominants ont été contrôlées. Les analyses radiologiques n'ont pas montré la présence d'une pollution à l'uranium, l'ensemble des produits de démolitions sera traité en conventionnel et ne nécessitera aucun contrôle radiologique à l'exception des bâtiments de stockage/montage (bâtiment de catégorie C). Les produits devant sortir du site subiront un contrôle final par le portique de détection.

7.2.3.2. Terrassement des terres de décapage

Des investigations ont été menées dans les terres de catégorie E hors fort central. Comme décrit dans la partie 7.2.1 des contrôles ont été effectués à l'intérieur de cercle de 100m par maille de 100m² conformément à l'avis de l'ASN du 20 mars 2015. Les résultats de ces investigations ont permis de dédouaner les terres de catégorie E hors fort central au-delà des cercles de 100m diagnostiqués [41] (annexe 15).

Lors des travaux de terrassement des terres de décapage des bâtiments dans les secteurs dédouanés des objets présentant un marquage à l'uranium ont été retrouvés dans les terres accolées aux bâtiments (§ 3.2). Ces objets ne sont pas de nature à remettre en cause la catégorisation existante sur le chantier du fort de Vaujours. En effet, ces découvertes concernent des points de « dépôts sauvages » de quelques mètres d'extension maximum qui sont localisés au pied des murs des bâtiments et recouverts par les terres accolées à ces mêmes bâtiments lors de la phase de construction de ces édifices.

En revanche des contrôles radiologiques à l'avancée sont nécessaires afin de détecter la présence de nouveaux objets. Ces contrôles sont faits de façon ponctuelle par mesure directe et/ ou indirect à l'aide d'un contaminamètre sur plusieurs faces de l'objet retrouvé dans les terres accolées aux bâtiments. Si les contrôles sont positifs, l'objet sera traité conformément à leur niveau d'activité et à la réglementation en vigueur.

Des contrôles supplémentaires seront effectués sur les terres sous-jacentes de l'objet. Les terres seront prélevées et analysées par spectrométrie. Si les valeurs en uranium sont supérieures à la valeur du bruit du fond défini pour le site ces terres seront considérées comme contaminées. Ces dernières seront curées et traitées conformément à leur niveau d'activité et à la réglementation en vigueur. Cette opération sera répétée jusqu'au retour au niveau environnemental de la zone de découverte de l'objet.

La gestion des terres non contaminées respectera les servitudes et les terres seront, à ce titre, conservées sur le site.

7.2.3.3. Terrassement des terres de découverte

Les objets contaminés découverts ont été uniquement trouvés dans les terres de décapage des bâtiments. Les terres de découverte ne sont donc pas concernées par la présence éventuelle d'objet contaminé car c'est dernière n'ont pas été remaniées.

Cette opération concerne des terrains naturels et argilo-marneux. Il ne sera donc pas nécessaire de réaliser les contrôles décrits dans le paragraphe précédent hormis pour les terres entourant les puits (cf. 8.3.1.6 Les puits).

Cette étape fera l'objet d'un avis complémentaire dans le cadre de l'autorisation d'exploiter.

REMARQUE : les puits 2 et 9 seront traités comme les puits de l'intérieur du fort central ainsi que les canalisations et puisards qui y sont reliés.

7.2.4. Contrôles radiologiques sur les canalisations

Le plan de masse (fourni en annexe 33) qui montre les différents circuits d'évacuation des eaux (eaux usées, eaux pluviales) et l'étude historique (cf. 4.4.1 Etude historique) nous ont amenés à distinguer 6 catégories de canalisations.

7.2.4.1. *Cana C1 : canalisations dirigées vers les fossés*

Ces canalisations sont très peu nombreuses et de faible longueur. On les trouve dans la partie Nord du site (zone A3) et au niveau des terrains de sport (zone A12). Elles sont représentées en vert sur le plan de masse (cf. détails sur le plan en annexe 36).

Elles sont situées exclusivement hors fort central et ne sont reliées à aucune casemate de tir ou de stockage. Elles collectaient les eaux pluviales et étaient évacuées à la périphérie du site pour diriger les écoulements vers le milieu naturel. Leur bassin versant est illustré sur le plan en Annexe 34.

7.2.4.2. *Cana C2 : canalisations reliées à la station d'épuration*

Les deux grandes unités de ce réseau de canalisations sont reliées à la station d'épuration localisée au sud de la route stratégique, hors du site:

- Cana C2a : un premier réseau constitué d'une canalisation principale parcourt le site du Nord au Sud en direction de la station d'épuration. Elle est représentée en bleu sur le plan de masse (cf. détails sur le plan en annexe 37).

Ce collecteur principal reçoit différentes canalisations reliées à des bâtiments hors fort central et essentiellement situés dans l'ancienne zone de traitement des explosifs.

- Cana C2b : un deuxième réseau collecte les eaux usées des bâtiments hors fort central situés au sud du site dont une grande partie est la propriété de la Communauté d'Agglomération Vallée de la Marne (CAVM). Ces canalisations sont représentées en orange sur le plan de masse (cf. détails sur le plan en annexe 38). Ce sont principalement des laboratoires et des locaux administratifs (bureaux, sanitaires, cantine, espace de communication).

Le site disposait d'un réseau séparatif EU/EP. Seules les eaux usées étaient acheminées jusqu'à la station d'épuration dont la capacité hydraulique était de 180 m³/jour.

Le CEA a fait réaliser un nettoyage-curage de ce réseau d'eaux usées et de la station d'épuration fin décembre 1997 (cf. volume 2 du dossier d'abandon - § VI).

7.2.4.3. *Cana C3 : canalisations reliées au puits P1*

Ces canalisations sont concentrées sur la partie Nord du site. Elles sont représentées en rose sur le plan de masse (cf. détails sur le plan en annexe 39).

Elles sont situées exclusivement hors fort central et ne sont reliées à aucune casemate de tir ou bâtiment de stockage d'uranium. Elles collectaient exclusivement les eaux pluviales. Avec le puits P1, elles forment un ensemble hors problématique radiologique.

Des contrôles ciblés de contamination sur des regards et des portions de canalisations seront néanmoins réalisés pour cette catégorie. Ces contrôles seront préférentiellement

réalisés au droit de regards judicieusement choisis en fonction de leur emplacement dans le réseau. L'implantation des contrôles est détaillée sur le plan de l'annexe 48.

Etant situées dans l'ancien secteur de stockage, moulage et usinage des explosifs, elles seront soumises aux vérifications pyrotechniques conformément aux servitudes d'utilité publique.

7.2.4.4. *Canal C4 : canalisations reliées aux puits P2 à P9*

Ces canalisations sont reliées à des puits ayant reçu des eaux de lavage en provenance des casemates de tir. Pour autant, le réseau n'a pas obligatoirement été traversé par ces eaux de lavage. Nous distinguerons donc 2 sous-catégories :

- Cana C4a : Les canalisations qui relient directement les chambres de tirs aux puits P2 à P9 (leur longueur est estimée à environ 600 mètres) (cf. parties surlignées en jaune sur le plan en annexe 45).
- Cana C4b : Les autres canalisations qui collectaient uniquement les eaux pluviales (environ 19 kms de longueur totale)

On peut noter que le puits P3 n'est relié à aucune chambre de tirs (cf. détails sur les plans en annexes 40 à 44).

Les canalisations connectées aux chambres de tir seront soumises à un diagnostic pyrotechnique et radiologique approfondi et une dépollution éventuelle avant démantèlement dont les modalités seront déclinées dans une version ultérieure de ce protocole.

7.2.4.5. *Synthèse des canalisations*

Le tableau ci-dessous classe les différents réseaux d'évacuation, donne leurs fonctions et leurs localisations :

Canalisation	Fonction	catégorie A	catégorie B	catégorie C	catégorie D	catégorie E	cercles de 100m
cana C1	évacuation des eaux vers les fossés	X				X	
cana C2	évacuation des eaux usées vers la station d'épuration	X		X		X	X
cana C3	évacuation des eaux vers le puits P1	X				X	
cana C4	évacuation des eaux vers les puits P2 à P9	X	X	X	X	X	X

7.2.4.6. *Contrôles radiologiques sur les canalisations implantées en Seine-Saint-Denis (cf. Logigrammes Annexe 47)*

L'accès aux canalisations sera réalisé conjointement avec l'équipe de radioprotectionnistes et de pyrotechniciens puisque les terres qui les recouvrent doivent être dépolluées de toute munition avant leur démontage par tronçon. Cette opération conjointe de dédouanement des terres a déjà été testée dans les rayons de 100m à l'extérieur du fort (zones A6 et A9).

- a) Avant toute opération de démolition, des investigations préliminaires sont nécessaires :
- les pyrotechniciens réaliseront des frottis dans les bâtiments à historique pyrotechnique afin de s'assurer qu'aucune pollution pyrochimique ne subsiste.
 - les radioprotectionnistes réaliseront des prélèvements dans les regards sélectionnés selon l'étude historique de cette zone (cf. Annexe 48) dans le cas où des fines

seraient présentes ou bien des frottis dans le cas contraire. Les fosses en point bas abritant des pompes de relevage et les coudes dans les canalisations seront systématiquement diagnostiqués. Même vérification pour les regards situés à proximité immédiate des poteaux ayant supporté les paratonnerres.

Les radionucléides recherchés, car ayant pu faire l'objet d'un apport anthropogénique sur le site, sont :

- l'Uranium 238 et ses descendants (dans le cadre des expérimentations) ;
- le Radium 226 (lié à l'utilisation historique de paratonnerres).

Le critère radiologique retenu pour définir l'orientation des gravats vers une filière conventionnelle ou TFA dépend du Bruit de Fond local et des matériaux à évacuer (cf. Méthodologie en Annexe 49).

Pour les fines prélevées dans les regards :

Elles feront l'objet d'une spectrométrie gamma. Un blanc sera constitué. Il sera autant que possible représentatif des fines présentes sur le site et basé sur les niveaux d'activité moyens des résultats des diagnostics de sols réalisés (cf. Annexe 50).

Si une analyse montre une activité significativement plus forte (3 fois le Bruit de fond par défaut car les matériaux de construction tels que la brique, la meulière ou la faïence présents sur le site ont été mesurés à 2 fois le Bruit de fond) que la gamme définie par le blanc, ce tronçon de canalisation fera l'objet d'investigations complémentaires :

- Spectrométrie alpha à la recherche de l'uranium et du radium
- ICP MS HR pour quantification du rapport isotopique de l'Uranium (caractère naturel, appauvri)
- Emanométrie pour quantifier le Radium

Pour les activités massiques dont les valeurs sont de l'ordre du blanc, la canalisation est considérée de fait comme non contaminée et évacuée vers une filière conventionnelle.

Pour les frottis :

Ils feront l'objet d'un comptage à l'aide d'un contaminamètre.

Si l'activité surfacique est supérieure à $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ en émetteur beta, ou à $0,04 \text{ Bq/cm}^2$ en émetteur alpha (un coefficient d'arrachement de 10% est considéré), des investigations complémentaires seront réalisées :

- spectrométrie alpha du frottis à la recherche de l'uranium et du radium ;
- ICP MS HR pour quantification du rapport isotopique de l'uranium (caractère naturel, appauvri) ;
- Emanométrie pour quantifier le Radium

Pour une activité surfacique $<0,4 \text{ Bq/cm}^2$ en émetteur beta ou $<0,04 \text{ Bq/cm}^2$ en émetteur alpha, la canalisation est considérée de fait comme non contaminée et évacuée vers une filière conventionnelle.

Dans le cas où une anomalie radiologique serait découverte à ce stade, des investigations complémentaires seraient réalisées dans les regards et tronçons en amont et en aval de cette anomalie afin de délimiter la pollution identifiée avant de poursuivre les opérations.

A l'issue des investigations complémentaires, la PCR déterminera les éventuelles mesures conservatoires à mettre en œuvre immédiatement et la méthodologie d'évacuation des éventuels éléments impactés.

b) Les contrôles radiologiques prévus pour les tronçons détectés à l'issue des diagnostics dans les regards (étape a) (selon méthode **[38]**):

- mesure de débit de dose (avec CANBERRA RADIAGEM + SG2R, SAPHYMO DG5, ALGADE SPP Gamma) ;
- mesure directe de contamination (avec BERTHOLD LB124S) ;
- mesure indirecte de contamination (avec BERTHOLD LB124S).

c) L'étape suivante consiste à dégager les regards afin de déterminer si les canalisations qui y sont raccordées sont amiantées.

Si la présence d'amiante est avérée, les intervenants travailleront alors selon un mode opératoire spécifique défini par la réglementation concernant la protection des travailleurs exposés à l'amiante (Décret n° 2012-639 Section 3 volet Sous-section IV).

d) Ensuite, les pyrotechniciens réaliseront un diagnostic pyrochimique à l'intérieur des canalisations afin de déterminer s'il subsiste des résidus d'explosifs.

En cas de contrôle positif, un nettoyage à grande eau des canalisations impactées sera pratiqué (après vérification d'absence d'amas de matière dans la canalisation). Les eaux seront récupérées et stockées dans des GRV.

Un contrôle systématique du filtre à l'entrée du GRV et des fines dans le regard aval sera réalisé.

Un prélèvement d'eau sera effectué systématiquement dans chaque GRV pour analyse par spectrométrie gamma sur site et par spectrométrie alpha-beta globale dans un laboratoire accrédité. Dans l'attente des résultats des analyses, une signalétique spécifique mentionnera l'interdiction d'utiliser ces GRV. Si un radionucléide était détecté lors de la spectrométrie (dépassement de 3 fois le Bruit de fond), des analyses complémentaires seront réalisées (spectrométrie alpha et ICP MS HR pour l'Uranium où émanométrie pour le Radium).

Dans le cas où les niveaux radiologiques mesurés lors d'une de ces analyses seraient supérieurs à 3 fois le bruit de fond, le GRV impacté serait isolé et évacué vers la même filière TFA que pour les déchets solides.

e) Enfin, les pyrotechniciens dépollueront les terres au droit des canalisations avant que le terrassement ne débute pour mettre à nu les canalisations.

Les canalisations pourront alors être extraites et stockées dans les bennes selon leur nature, leur catégorie et leur filière d'évacuation. Une traçabilité sera assurée par un repérage préalable de chaque regard et tronçon.

Un contrôle à la sonde et au contaminamètre sera réalisé par échantillonnage sur les gravats de canalisations.

Lors de la mise à nu de la canalisation, une inspection visuelle permettra d'identifier d'éventuelles détériorations. Si une canalisation présente une rupture, un test XSPRAY sera réalisé par les pyrotechniciens et des prélèvements seront effectués par notre prestataire en charge du suivi de niveau 1. Un frottis sera réalisé à l'intérieur de la canalisation et un prélèvement sera effectué dans les terres situées sous cette rupture. Ces échantillons seront ensuite envoyés en spectrométrie pour vérification.

Toutes les analyses seront répertoriées et archivées.

7.2.4.7. Retour d'expérience sur la phase de contrôle des canalisations implantées en Seine- Saint-Denis

Dans le cadre de la levée de doute des canalisations sur secteur de la Seine- Saint- Denis et conformément aux contrôles proposés dans la partie 7.2.4.6 et dans l'annexe 48, 27 regards ont été diagnostiqués. Des prélèvements de fines ont été réalisés en fond de regard et des contrôles direct et indirect ont été effectués sur les regards et canalisations reliées à ces regards. Aucune valeur de mesure orientant vers une pollution radiologique n'a été mise en évidence lors des contrôles surfaciques, des mesures radiamétriques et des spectrométries gamma [42]. La tierce expertise demandé par l'ASN sur ce sujet a montré la bonne cohérence des résultats avec ceux de l'entreprise chargée des contrôles radiologiques de 1er niveau, et par là même confirmer l'absence de marquage radiologique à l'uranium anthropique des sédiments prélevés en fond de regard.

Concernant l'étude pyrotechnique, 872 prélèvements réalisés dans 44 bâtiments à historique pyrotechnique ont montrés la présence de trace sur une salle d'un bâtiment. Ces traces ont été nettoyées par l'entreprise de pyrotechnie.

7.2.4.8. Contrôles radiologiques sur les canalisations implantées en zone A8

Un complément au protocole radiologique a été proposé à l'ASN afin d'étendre le chantier de déconstruction à la zone A8 (annexe 49). Les contrôles radiologiques appliqués à la Seine-Saint-Denis pourront être appliqués à la zone A8 conformément à l'avis de l'ASN du 19 mai 2017.

7.2.5. Les contrôles de non contamination des équipements

En fin d'opération ou a minima chaque jour, un contrôle de non-contamination sera effectué sur les tenues des travailleurs (vêtements, masques, semelles, gants) et sur les équipements mis en œuvre (godet, roues et chenilles des engins,...) lors des opérations sous contrainte

radiologique. Les frottis seront analysés et les résultats consignés dans le registre de radioprotection.

7.3. Traitement en cas d'anomalie

Les opérations supposent un grand nombre de contrôles soit par mesures directes (par exemple à la sonde), soit par mesures indirectes (cas des frottis), soit par des mesures par portique de détection ou encore par des prélèvements atmosphériques (voir chapitre 9 La surveillance des postes de travail et de l'environnement). En cas d'écart par rapport aux prescriptions, une procédure spécifique sera mise en place.

Exemple : cas d'une alarme portique

Si un déclenchement de portique se produit lors du contrôle d'un chargement de camion, celui-ci sera arrêté, pris en charge et stationné sur une aire dédiée. Il ne sera autorisé à repartir qu'après l'expertise. La personne compétente en radioprotection (PCR) sera alertée. Une analyse « fine » sera effectuée pour identifier, confirmer ou infirmer l'anomalie, caractériser la source et l'isoler.

Dans tous les cas, les événements seront consignés. A titre d'illustration, un exemple de fiche est fourni en Annexe 6.

7.4. Traçabilité & Archivage

La traçabilité est essentielle. Toutes les opérations de contrôle seront archivées et les valeurs des mesures consignées. On s'attachera particulièrement à la traçabilité des contrôles des véhicules passant sous les portiques de détection.

Des données sur les quantités de déchets et gravats (et en particulier celles issues des opérations d'écroutage) ainsi que le suivi du transfert des terres seront répertoriées.

L'archivage des données est également essentiel et le tout pourra être audité au sens du contrôle du prestataire et de la garantie de la démarche qualité.

7.5. Protection des travailleurs

7.5.1. Le suivi médical

Afin de surveiller spécifiquement les impacts éventuels des travaux sur la santé des personnes travaillant à la démolition du Fort de Vaujours, Placoplatre s'est engagé à faire passer une visite médicale initiale aux personnes susceptibles d'être exposées à des résidus éventuels d'une contamination à l'uranium.

La médecine du travail a défini la nature des examens qui permettront une surveillance médicale à long terme. Cette surveillance comporte :

- Un bilan clinique ;
- Une exploration fonctionnelle respiratoire ;
- Une radiographie du thorax ;
- Un bilan biologique ;

- Une analyse radio-toxicologique.

En cas de découverte d'anomalie, des examens intermédiaires pourraient être prescrits.

Ce suivi médical systématique a été mis en place pour tous les travailleurs intervenant dans les zones suivantes :

- dans le fort central ;
- dans les catégories B, C, D ;
- dans les rayons de 100m non dédouanés.
- Pour les travaux de terrassement des terres accolées aux bâtiments et les travaux de terrassement des terres des infrastructures

Des mesures compensatoires seront également intégrées au Plan de prévention, telles que :

- Interdiction de boire ou manger à l'intérieur des zones de chantier ;
- Obligation de changer de tenue pour accéder au site ;
- Lavage des mains obligatoire à chaque entrée/sortie du site.

7.5.2. Les protections individuelles

Selon le mode d'exposition retenu (cf. 6.2.1 Modes d'exposition envisagés), la protection la plus adaptée pour se protéger contre l'inhalation de poussières ou d'aérosols consiste à porter un appareil de protection respiratoire.

Selon le guide de l'INRS [37], le type de protection la plus appropriée est, à minima, le demi-masque filtrant de type FFP3.

A l'intérieur du fort central, les travailleurs chargés du dessouchage lors du défrichement, de la démolition des casemates, des puits et du terrassement, y compris le personnel de supervision, auront l'obligation de porter ce type de masque (sauf pour les conducteurs d'engins avec cabine pressurisée équipée de filtre équivalent FFP3 avec indicateur de colmatage).

Pour le cas particuliers des canalisations de type Cana C4a reliant les chambres de tirs aux puits P2 à P9, les intervenants qui réaliseront les diagnostics seront équipés de masques FFP3, de gants et de sur-tenues.

Pour les opérations de désamiantage et d'écroutage, un masque complet (voire une cagoule avec adduction d'air) avec filtre de classe P3 (haute efficacité) seront privilégiés.

Pour les opérations de terrassement des terres accolées aux bâtiments, hors fort central, le port du masque FFP3 est obligatoire pour toutes personnes intervenants sur le chantier de terrassement (sauf pour les conducteurs d'engins avec cabine pressurisée équipée de filtre équivalent FFP3 avec indicateur de colmatage).

Les travaux de dédouanement pyrotechnique sur ces terres exigent la présence d'un opérateur au sol afin de contrôler pyrotechniquement les objets métalliques découverts Le

port de protection respiratoire de type ventilation assistée de classe TH3 et de la tenue tyvek a été imposé par la PCR pour cet opérateur.

De manière générale, des Fiches d'intervention (cf. Annexe 46) sont rédigées par la PCR pour chaque opération spécifique afin de traduire les moyens de protection et les mesures de contrôle pour les intervenants.

8. La gestion des produits de démolition/terrassement

Les opérations de démolitions des bâtiments et de terrassement des terres nécessaires pour atteindre le gypse, vont générer des « produits » de différentes natures :

- Des gravats (béton, pierre de taille, meulière, brique, etc...)
- Des déchets
- Des terres de décapage
- Des ferrailles
- Des bardages de bois
- Etc.

Ces produits sont caractérisés, entreposés ou évacués selon leur nature et leur origine. Les produits tels que les métaux ferreux et non ferreux, le bois, le verre sont valorisés dans la mesure du possible. Pour ce qui concerne les déchets végétaux, les parties aériennes sont valorisables à l'exception des souches du fort central qui seront valorisées sur le site.

8.1. Rappel sur l'état radiologique du site

On distinguera le fort central (FC) sur lequel ont eu lieu des expériences pyro-radiologiques mettant en œuvre de l'uranium et l'extérieur du fort central (HFC) qui n'a été le siège d'aucune expérimentation de ce type.

8.1.1. A l'intérieur du fort central

Les opérations d'assainissement pour les bâtiments et sols à l'intérieur du fort central ont été menées en suivant les objectifs radiologiques définis par la Direction générale de la Santé (DGS) soit 1 Bq.g^{-1} pour les casemates de tirs et 5 Bq.g^{-1} pour les sols (voir Dossier d'abandon).

Les bâtiments et casemates étant désormais destinés à la démolition, la gestion des produits doit être sélective afin d'optimiser le volume des produits évacués en conventionnel dans le respect des prescriptions. L'historique des bâtiments (décrit ci-après) constitue une des phases essentielles de la démarche.

Rappelons que les opérations de décapage sont soumises aux servitudes préfectorales et que des dispositions adéquates devront être prises (voir ci-après).

8.1.2. A l'extérieur du fort central

Aucune expérimentation pyrotechnique n'a eu lieu à l'extérieur du fort Central. Seule l'installation dite « canon à gaz léger » a mise en œuvre des cibles d'uranium, sans explosifs et dans une cuve de confinement (voir historique). Les opérations de démolition sont tout de même soumises aux servitudes préfectorales. Des dispositions adéquates devront donc être prises (voir ci-après).

Les produits seront traités de manière conventionnelle et feront l'objet d'une valorisation.

Pour établir une stratégie cohérente de démolition qui tienne compte des différentes caractéristiques et contraintes, il faut définir au préalable un zonage de référence.

8.2. Le zonage de référence

L'historique du CEV présenté au chapitre 2 décrit la nature des activités menées sur le fort et en dehors de celui-ci, la topologie des bâtiments, le descriptif des activités menées dans les postes de tirs etc.

Ces éléments permettent d'établir un zonage de référence auquel sera adaptée la stratégie de démolition, des contrôles et de l'évacuation des produits générés.

8.2.1. Catégorie A : Les bâtiments n'ayant jamais fait l'objet de stockage ou transit d'uranium

Pour cette zone, l'historique des bâtiments indique qu'aucune expérimentation pyrotechnique ou pyro-radiologique n'a été réalisée dans cette zone.

Les bâtiments qui ont abrité des ateliers de montage d'édifices et du stockage de sources ou de pièces massives en uranium à proximité du fort mais pas de forme pulvérulente ou contaminante. Voir détails aux chapitres 2.2.2 et 2.2.3.

8.2.2. Catégorie B : Les postes de tirs dans lesquels ont eu lieu des expérimentations utilisant de l'uranium

Ils sont clairement identifiés (cf. annexe 15).

Ces expérimentations ont eu lieu exclusivement dans le fort central et les bâtiments ont été dédouanés sur le critère de 1 Bq/g sur les murs. Ces postes de tirs (CD, CM, OS1, OS2, PH gauche, PH droite, RX1, RX3, TC1, TC2) représentent moins de 6% des surfaces construites du site (cf. 2.2.3 Expérimentations avec uranium).

8.2.3. Catégorie C : Les bâtiments de stockage ou de transit de l'uranium

Les bâtiments de stockage et d'assemblage d'uranium ainsi que les bâtiments par lesquels ont transité de l'uranium pendant les phases d'assainissement ont été clairement identifiés : 26, 34, 40, 40^E, AT1, AT14, AT16, AT17, U1, U2.

Le bâtiment LG3, qui hébergeait le canon à gaz léger mais ne mettait en œuvre que des cibles d'uranium, sans explosif et dans une cuve de confinement, sera contrôlé selon la même procédure.

8.2.4. Catégorie D : Les aires de stockage ou de transit de l'uranium, les zones extérieures dites de points singuliers

Les expérimentations à l'air libre ou semi-confinées réalisées dans le fort central ont été à l'origine d'une contamination localisée des sols. Ces derniers ont fait l'objet d'un contrôle exhaustif et, le cas échéant, d'un assainissement sur le critère de la DGS de 5 Bq/g maximum. La décision de mise en œuvre de servitude radiologique en cas de terrassement ou d'excavation garantit un bon niveau de sécurité.

Comme précisé au §2.2.2, les conditions météorologiques étaient prises en compte afin de diriger les éventuelles poussières hors des zones de vie.

Ces zones historiques sont représentatives des zones potentiellement affectées par des expérimentations à l'air libre ou semi-confinées réalisées dans le fort central.

8.2.5. Catégorie E : Les autres aires extérieures

Un contrôle systématique des sols a été réalisé lors de l'abandon du site. Notons qu'une servitude, non proposée dans les conclusions du groupe d'experts (voir le rapport GUILLAUMONT), a été décrétée. Ainsi, les contrôles externes et la servitude en cas de terrassement et d'excavation garantissent un bon niveau de sécurité.

De plus des contrôles systématiques sur tout objet présentant une suspicion radiologique, ainsi que sur les terres autour de ces objets, seront effectués. Les objets et les terres contrôlés seront évacués vers la filière adéquate en fonction de la présence de contamination et de l'activité de celle-ci.

Nous appliquerons des procédures de démolition et d'excavation proportionnées aux risques potentiels sur ces 5 catégories et 2 sous-catégories.

8.3. Caractéristiques des produits générés

Les opérations de démolition et de terrassement (décapage) généreront des produits qui seront traités de manière différenciée selon qu'ils proviendront du fort central ou de l'extérieur du fort ou encore selon qu'il s'agira des travaux de terrassement ou de démolition.

A titre d'illustration, le tableau n°1 donne la nature, la provenance, les surfaces et les volumes des produits pour les opérations de terrassement, curage et démolition.

Terrassement

	fort central	hors fort central	Enceinte fort	Total
Surfaces	35 530 m ²	38 100	6 000 m ³	79 630 m ²
Volumes	150 000 m ³	150 000 m ³	10 000 m ³	310 000 m ³
Hauteur moyenne	4,2 m	3,9 m	1,7 m	3,9 m

Démolition des bâtiments, galeries, murs, voiries, galeries

	fort central	hors fort central	Total
Superstructure béton	21 682 m ³	14 381 m ³	36 063 m ³
Superstructure pierre ou maçonnerie	21 792 m ³	9 878 m ³	31 670 m ³
Infrastructure béton	10 751 m ³	15 223 m ³	25 974 m ³
Infrastructure pierre ou maçonnerie	9 082 m ³	1 347 m ³	10 439 m ³
Voiries	2 010 m ³	6 090 m ³	8 300 m ³
Galeries enterrées	3 750 m ³	6 000 m ³	9 750 m ³
Ouvrages démolis		1 140 m ³	1 140 m ³
			123 336 m ³

Tableau n°1 : Volumes des produits générés lors des opérations de démolition et de terrassement.

Devenir des produits conventionnels

Les produits inertes (gravats) pourront être utilisés pour faire des travaux de comblement et de consolidation des chemins et voies d'accès du site mais seront majoritairement valorisés après concassage.

Les produits valorisables (métaux ferreux et non ferreux, bois, verre, plastique,...) seront orientés en priorité vers des filières de valorisation ou à défaut évacués vers les filières de traitement ad hoc.

Les produits végétaux ou bio-déchets seront orientés vers des filières de valorisation conformément à la législation en vigueur. Seules les souches du fort central seront valorisées sur le site après contrôles.

Les déchets dangereux issus de la déconstruction seront conditionnés et évacués vers les filières dédiées dans le respect de la réglementation applicable.

Cas particulier : l'amiante

- Les produits amiantés sans problématique radiologique seront traités en déchets conventionnels et évacués via un site de stockage de déchets dangereux (ISDD)
- Les produits amiantés présentant une anomalie radiologique :
 - L'amiante est sous forme liée (pas de remise en suspension) : évacuation en filière TFA vers l'ANDRA
 - L'amiante est sous forme libre : il n'existe pas de filière de traitement à l'ANDRA. Les produits seront stockés sur site après avoir été sécurisés et conditionnés selon la procédure des déchets amiantés.

8.3.1. Les produits du fort central

Les produits de démolition et de terrassement seront essentiellement des gravats, des ferrailles et des terres. Leur destination nominale (c'est-à-dire, si aucune anomalie n'est constatée lors d'un contrôle radiologique) est précisée ci-après.

8.3.1.1. *Les postes de tirs pyro-radiologiques (catégorie B)*

Pour les opérations d'assainissement qui ont eu lieu dans le passé, le critère de dédouanement d'assainissement était fixé à 1 Bq/g par la DGS, ce qui conduit à une absence de risque avéré.

Pour la démolition des postes de tir, les couches d'enduits des parois intérieures des chambres de tir seront ôtées sur toute la surface de la chambre (sols, murs, plafond) sur une épaisseur de 2 à 3 cm.

Les pièces annexes en vue directe des tirs seront traitées selon la même approche.

Cette estimation de pénétration dans les matériaux repose sur le retour d'expérience des sites similaires (sur lesquels les masses d'explosifs mises en œuvre étaient plus importantes) et sur l'étude jointe en annexe 21.

En cas d'anomalie, les surfaces concernées sont reprises.

Tous les gravats issus de l'écroutage de ces casemates seront évacués en filière TFA, y compris les poutres et tôles qui n'auraient pas été évacuées lors des opérations initiales d'assainissement.

Dès lors que le processus d'écroutage mis en œuvre aura garanti le retrait des points de contamination pouvant subsister, les matériaux issus de la démolition des postes de tirs seront envoyés vers une filière conventionnelle.

8.3.1.2. *Les canalisations, regards, puisards*

Ces ouvrages sont le plus souvent enterrés et entrent dans le cadre des servitudes. Ils seront démolis et évacués selon leur nature, leur fonction et leur proximité avec les casemates d'expérimentation avec uranium (cf. 7.2.4 Contrôles radiologiques sur les canalisations) sur une aire spécifique. Il est important de bien séparer ces entreposages des autres.

Les canalisations reliant les chambres de tirs avec les puits P2, P4, P5 et P9 seront systématiquement envoyées en filière TFA.

Les autres seront évacuées en filière conventionnelle ou spécifique en fonction de leur composition (CET par exemple pour les éléments amiantés) et après dépollution pyrotechnique si nécessaire.

Une traçabilité des matériaux sera assurée dans le cadre d'une revalorisation.

8.3.1.3. Les bâtiments de stockage / montage (catégorie C)

Les stockages d'uranium et les bâtiments par lesquels ont transité de l'uranium ont fait l'objet de contrôles exhaustifs de non contamination (voir le dossier d'abandon).

Néanmoins, un contrôle radiologique complémentaire est prévu.

Si aucune anomalie n'est constatée, les gravats seront évacués en filière conventionnelle.

Dans le cas contraire, une procédure identique à celle définie pour les bâtiments de la catégorie B sera mise en œuvre. Les gravats issus de l'écroutage seront envoyés vers une filière TFA.

8.3.1.4. Les zones historiques de points singuliers (catégorie D)

Lors des campagnes de mesure réalisées sur le fort, certaines zones ont fait apparaître des points singuliers (ancienne zones de stockage de déchets ou de tirs à l'air libre). Ces zones ont été assainies.

Nous considérons que ces zones sont représentatives des zones potentiellement affectées par des expérimentations à l'air libre ou semi-confinées réalisées dans le fort central.

Si des points singuliers étaient découverts dans cette emprise, une investigation complémentaire et graduée dans un rayon d'environ 100 mètres à minima autour de la casemate serait engagée.

Dans tous les cas, les terres issues des travaux de terrassement resteront sur site conformément aux servitudes.

8.3.1.5. Le contrôle des boues

Les travaux décrits dans les chapitres précédents montrent la possibilité d'utiliser de l'eau (brumisation, lavages etc.). Pour les opérations liées aux « zones historiques de points singuliers et de transit », la génération d'effluents sera optimisée de manière à limiter les volumes produits. Les boues comme les eaux seront collectées dans des bacs de rétention type GRV et contrôlées systématiquement en fin d'opération ou encore lorsqu'un bac nécessitera d'être vidangé. Un échantillon d'eau et de boue sera alors prélevé pour analyse en laboratoire.

Cette procédure ne s'applique pas aux zones conventionnelles.

8.3.1.6. *Les puits*

L'historique (rapports BURGEAP volumes 3 & 4) indique que les cinq puits répertoriés 2, 3, 4, 5 et 9 sont susceptibles d'avoir drainé des eaux marquées (cf. emplacement des puits en Annexe 5). Notons que les puits 2 et 9 sont à l'extérieur du fort mais reliés par des canalisations à des installations du fort. Les canalisations, puisards, etc... qui y sont reliés seront également traitées de manière spécifique (voir ci-après).

Au niveau opérationnel, les puits, dont le diamètre externe est de l'ordre de 1,20m, seront démolis par tranches descendantes d'environ 5 mètres d'épaisseur au fur et à mesure des phases de terrassement des marnes. Selon les différentes études réalisées, les produits de démolition sont exempts de marquage. Néanmoins, les gravats seront évacués en filière dédiée TFA.

8.3.1.7. *Les terres*

Les travaux de décapage génèrent des volumes importants de terre.

Les terres resteront sur le site ce qui constitue une garantie supplémentaire.

Une attention particulière sera portée sur le premier mètre qui concerne globalement les terres de décapage des infrastructures. Au-delà de 1 mètre et jusqu'à 5 m, des consignes seront données aux personnels assurant la dépollution pyrotechnique de signaler toute anomalie visuelle constatée.

Nota : Cette profondeur est jugée conservatrice car l'occurrence de mettre en évidence une anomalie radiologique est nulle même très en de ça de 1 mètre (voir également, le dossier d'abandon). En effet, des profils réalisés par carottage dans les sols (dont certains réalisés sur des points singuliers avant assainissement) montrent que la concentration maximale est située dans les premiers centimètres et décroît très fortement pour être négligeable à 30 cm (niveau de la concentration naturelle de l'uranium).

8.3.2. Les produits à l'extérieur du fort central

A l'extérieur du fort central, les « produits » de démolition sont considérés comme conventionnels et pourront être valorisés.

Les puits 2 et 9 sont situés à l'extérieur du fort central. Toutefois, compte tenu de leur lien avec les bâtiments internes au fort central via des canalisations, ils seront traités comme les puits de l'intérieur du fort central avec les canalisations, regards et puisards associés.

De la même manière, les terres sont soumises aux servitudes (cf. 1.4 Servitudes de l'arrêté (article 2)). De plus les éventuels objets découverts dans les terres accolées aux bâtiments ainsi que les terres impactées seront traitées conformément à leur niveau d'activité et à la réglementation en vigueur.

8.3.3. Extraction du gypse

Hormis les puits et leur périmètre de restriction (voir ci-dessus) qui feront l'objet d'un traitement spécifique, le gypse sera extrait sans contrainte radiologique associée aux servitudes.

Des prélèvements pourront, le cas échéant, être réalisés grâce à la machine de forage qui sera présente sur site pour réaliser les trous des mines.

Par contre, le contrôle du gypse sera réalisé en amont de l'installation de concassage au plus près de la zone d'extraction par des moyens qui restent à valider, du type :

- Portique en sortie de site
- Sonde beta, gamma sur transporteur à bande

Ces dispositions sont considérées comme majeures par Placoplatre pour assurer la qualité et la salubrité du produit.

9. La surveillance des postes de travail et de l'environnement

Compte tenu du contexte lié au fort de Vaujours, une surveillance des postes de travail et de l'environnement sera mise en place. De même, pour répondre à une demande des élus, un contrôle par prélèvement d'air est envisagé dans les agglomérations les plus proches du site et permettra aux habitants de disposer d'un indicateur dans leur environnement proche.

L'ensemble de ces éléments permettra d'évaluer, par la mesure, l'impact des opérations sur les travailleurs et sur le public. Enfin, cette surveillance portera sur l'air et sur l'eau.

9.1. La surveillance des postes de travail

9.1.1. Dans l'enceinte du fort central et des rayons de 100 mètres

Pour les opérations de dépollution pyrotechnique, de démolition des casemates et de terrassement dans la limite de 1 mètre ainsi que pour les travaux sur les puits et les canalisations, au moins deux préleveurs sur filtre seront mis en place au plus près du chantier. Leur quantité sera adaptée à la taille du bâtiment. Ceux-ci fonctionneront pour la durée de l'opération. Les filtres seront contrôlés par mesure directe en fin de journée (la sonde au contact du filtre) et les résultats d'analyse seront consignés. En cas de signal positif, il faudra s'assurer qu'il ne s'agit pas d'une composante Radon. Un comptage en différé sera alors nécessaire.



Exemple de préleveurs atmosphériques sur filtre

L'ensemble des filtres collectés sur une semaine feront l'objet d'une analyse sur chaîne de mesure α , β totaux (après un temps de décroissance du radon).

9.1.2. A l'extérieur du fort central

Pour les travaux de terrassement et de dépollution pyrotechnique des terres accolées aux bâtiments, ainsi que pour les travaux de terrassement des infrastructures, au moins un préleveur sur filtre sera mis en place au plus près du chantier. Leur quantité sera adaptée à la taille du chantier. Les filtres seront contrôlés par mesure directe à chaque demi-journée pour les opérations de terrassement et à chaque vacation de 2h pour la dépollution pyrotechnique. Les résultats d'analyse seront consignés. En cas de signal positif, il faudra s'assurer qu'il ne s'agit pas d'une composante Radon. Un comptage en différé sera alors nécessaire.

Dans le cadre des travaux de dépollution pyrotechnique des terres accolées aux bâtiments, un système de mesure en continu sera installé au plus près du chantier pour détecter rapidement un événement radiologique.

Pour les travaux sur les puits P2 à P9, deux préleveurs sur filtre seront mis en place au plus près du chantier. Ceux-ci fonctionneront pour la durée de l'opération et les résultats seront consignés. Les analyses seront réalisées comme ci-dessus.

9.1.3. Cas particuliers des canalisations

Les moyens de protection envisagés pour le démantèlement des canalisations dans le périmètre de la Seine-Saint-Denis sont, dans le cas où une anomalie radiologique serait découverte lors de la phase de diagnostic, les suivants :

- deux préleveurs sur filtre seront mis en place au plus près du chantier pour les opérations de terrassement et de démantèlement. Les filtres seront contrôlés par mesure directe en fin de journée (la sonde au contact du filtre) et les résultats d'analyse seront consignés. En cas de signal positif, il faudra s'assurer qu'il ne s'agit pas d'une composante Radon. Un comptage en différé sera alors nécessaire.
- port des EPI spécifiques suivants : masque, gants, sur-tenue

De plus, des précautions seront prises pour limiter l'envol des poussières lors des opérations de terrassement et de démantèlement :

- soit une pelle avec brumisation à la source sera utilisée
- soit un brumisateur sera installé au plus près de l'opération

9.2. Surveillance de l'environnement

Une surveillance de l'environnement sera mise en œuvre à la fois en limite du site et dans les agglomérations les plus proches. Elle concernera des mesures de concentrations dans l'air et des mesures de l'eau en différents points. Cette surveillance sera maintenue en continu.

9.2.1. Prélèvements atmosphériques à la périphérie du site

Quatre balises seront positionnées – globalement aux quatre points cardinaux – dont l’une dans la direction des vents dominants (voir la figure 3 Rose des vents au 6.3.2.3). Ces équipements seront en fonctionnement 24hx24. Une alarme sera générée et renvoyée vers le prestataire en charge du suivi de niveau 1 en cas d’anomalie.

9.2.2. Prélèvements atmosphériques dans les communes

A l’extérieur du site, Placoplatre a proposé aux communes avoisinantes la possibilité d’installer des moyens spécifiques de surveillance des poussières. Les analyses seront traitées par le laboratoire de leur choix et pourront être rendues publiques.

9.2.3. Surveillance des eaux

Des prélèvements d’eau seront effectués en période de basses et hautes eaux dans les différentes nappes phréatiques :

- Fosse d’Aiguisy
- Nappe du Brie : source des malades et quatre piézomètres sur site
- Nappe Eocène supérieur : deux piézomètres sur site

:

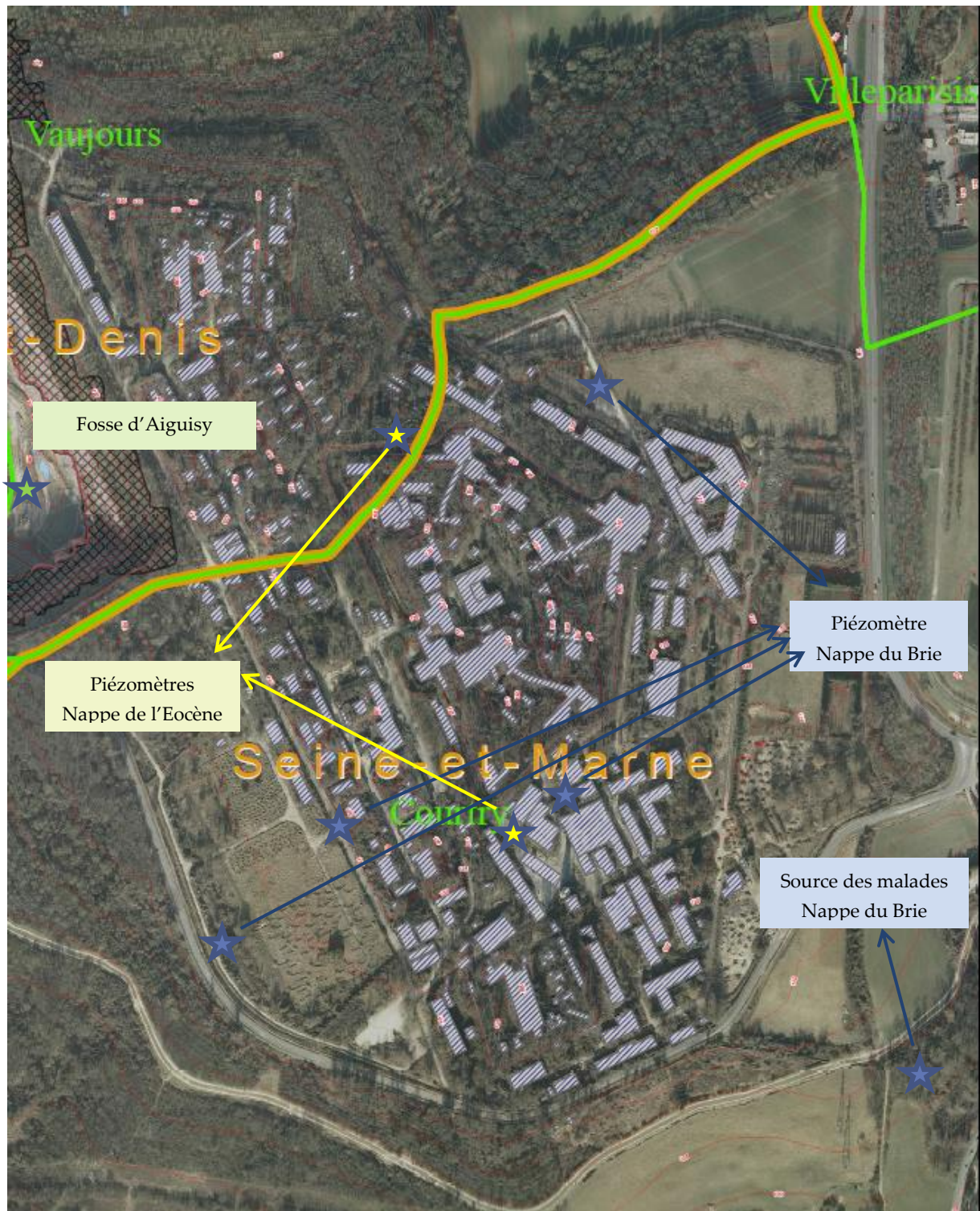


Figure 5 : L'implantation des différents points de mesures dans les différentes nappes.

Rappelons que ces nappes ont fait l'objet d'une surveillance étendue dont les résultats figurent dans le dossier de cessation d'activité.

Les études hydrogéologiques [6] ont montré que l'exutoire des eaux (nappe du Brie) du site s'oriente vers le coteau sud (cf. Annexe 12).

De la même manière que pour la surveillance atmosphérique, des prélèvements pourront également être réalisés dans les quelques puits de riverains volontaires (nappe des colluvions).

9.2.4. Le « blanc environnemental » avant travaux (Etat zéro)

Avant le commencement des travaux, un « blanc environnemental » a été réalisé. Celui-ci consiste à faire une campagne de prélèvements atmosphériques ainsi que dans les eaux qui seront l'objet d'une surveillance future. Ce référentiel est indispensable pour le suivi des compartiments environnementaux et la mise en évidence d'éventuels écarts.

9.3. BILANS & DIFFUSION

Un bilan trimestriel des travaux, incluant la surveillance des postes de travail et de l'environnement, sera rédigé chaque trimestre et transmis à l'ASN et aux préfectures de Seine-et-Marne et Seine-Saint-Denis. Ce bilan fera apparaître, en plus des données de surveillance, les écarts, anomalies ou situations incidentelles éventuelles.

Une information sera également transmise aux élus locaux des communes les plus proches et mise en ligne sur le site internet du projet (www.fort-de-vaujours.fr).

10. Tableau synthétique des mesures de suivi radiologique

Le tableau ci-dessous regroupe les différentes mesures proposées par zone et par type de travaux :

MESURES MISES EN ŒUVRE	FORT CENTRAL					HORS FORT CENTRAL		
	Autres bâtiments catégorie A	Postes de tir catégorie B	Bâtiments de stockage catégorie C	Zones historiques catégorie D	Autres zones catégorie E	Autres bâtiments catégorie A	Bâtiments de stockage catégorie C	Autres zones catégorie E
Curage avant désamiantage	Tri sélectif + évacuation en ISDND							
	contrôle radiologique des intervenants et engins en sortie des catégorie B, C, D et fort central							
Désamiantage	Plan de Retrait Amiante (PRA)							
	Port du masque de type FFP3 (à minima) - Travaux selon réglementation en vigueur							
	Evacuation des matériaux en ISDD							
	contrôle radiologique des intervenants et engins en sortie des catégorie B, C, D et fort central							
Dépollution pyrotechnique	Analyse de Sécurité du Travail (AST)							
	Etude de Sécurité Pyrotechnique (ESP)							
	Contrôle atmosphérique indirect (APA)							
						Mesure en continu de la contamination atmosphérique		
	Port du masque FFP3 à minima					Port du masque ventilé et cabine d'engin pressurisée		
	contrôle radiologique des intervenants et engins en sortie des catégorie B, C, D et fort central					Contrôle radiologique des intervenants et engins en sortie de zone de travail		
						Contrôle des objets présentant une suspicion radiologique		
Défrichage	Valorisation extérieure							
troncs	Contrôle systématique des végétaux valorisés par portique "camion"							
	Compostage sur site					Valorisation		
souches	Port du masque de type FFP3 ou cabine d'engin pressurisée							
	contrôle radiologique des intervenants et engins en sortie des catégorie B, C, D et fort central							
Démolition des Superstructures	Cartographie préalable des surfaces externes sur un échantillon de bâtiments (contrôle surfacique, prélèvements, frottis) - Maille 1 m2							
	Arrosage permanent à la source + brumisation							
		Ecroutage avec aspiration à la source						
		Cartographie exhaustive surfaces internes Maille 1 m2	Cartographie exhaustive surfaces internes Maille 1 m2			Cartographie exhaustive surfaces internes Maille 1 m2		
		2 APA minimum						
		Port du masque de type FFP3 à minima						
	contrôle main-pied en sortie des catégorie B, C, D et fort central							
Gravats de démolition	Valorisation extérieure	Evacuation systématique vers ANDRA	Valorisation extérieure					
	Contrôle systématique des matériaux valorisés par portique "camion"							
Décapage des terres accolées aux bâtiments								
			Contrôle des sols Maille de 10 m2	Contrôle des sols dans rayon de 100m Maille de 100 m2		Contrôle des sols dans rayon de 100m Maille de 100 m2		
						Contrôle des objets présentant une suspicion radiologique		
	Port du masque de type FFP3 ou cabine d'engin pressurisée					Port du masque de type FFP3 ou cabine d'engin pressurisée		
	contrôle main-pied en sortie des catégorie B, C, D et fort central					Contrôle radiologique des intervenants et engins en sortie de zone de travail		
	Contrôle systématique du transfert des terres sur le site par portique "camion"							
	Les terres végétales et les terres de décapage resteront dans le périmètre du site (respect des servitudes)							
	Contrôle atmosphérique indirect (2 APA minimum)					Contrôle atmosphérique indirect (APA)		
Démolition des Infrastructures	Arrosage permanent à la source + brumisation							
	Les matériaux seront traités en déchets conventionnels							
	Contrôle systématique des matériaux par portique "camion"							
						Contrôle radiologique des intervenants et engins en sortie de zone de travail		
	Contrôle atmosphérique indirect (APA)					Contrôle atmosphérique indirect (APA)		
Canalisations enterrées								
	Lavage à grande eau sur les réseaux potentiellement impactés par des pollutions pyrochimiques							
	Les boues seront récupérées puis contrôlées							
	Evacuation systématique des canalisations vers ANDRA							
Terrassement	Arrosage systématique des pistes par temps sec							
	Port du masque de type FFP3 ou cabine d'engin pressurisée							
	Contrôle systématique du transfert des terres sur le site par portique "camion"							
	Prélèvement de terre hebdomadaire statistique + analyse en laboratoire							
	Les matériaux de terrassement resteront dans le périmètre du site (respect des servitudes)							
Puits (P2, P3, P4, P5, P9)	Port du masque de type FFP3 ou cabine d'engin pressurisée							
	Contrôle atmosphérique indirect (2 APA minimum)							
	Démolition par tranche de 5 mètres de hauteur							
	Prélèvement par carottage à chaque passe de terrassement de 5 mètres + analyse en laboratoire							
	Evacuation systématique des gravats issus des puits vers ANDRA							
	Expertise et cartographie de la géométrie du fond du puits, pour détecter une poche de dissolution, lors de la dernière tranche de travaux au fond du puits.							
Extraction du gypse	Prélèvements aléatoires pour analyse							
	Contrôle systématique du gypse par portique "camion"							
	Contrôle par sonde beta/gamma sur transporteur à bande							
Général	Contrôle radiologique de niveau 1							
	Contrôle radiologique de niveau 2							
	Tiers-expert missionné par l'ASN							
Protection des travailleurs	Suivi médical systématique - Mesures d'hygiène compensatoires							
Non-contamination des équipements		Contrôle par frottis sur les équipements sous contrainte radiologique en fin d'opération ou à minima chaque jour + analyse en laboratoire						
Surveillance de l'air	Contrôle atmosphérique en continu (4 APA aux points cardinaux)							
	Contrôle atmosphérique indirect dans les communes avoisinantes volontaires							
Surveillance de l'eau	Prélèvements d'eau dans les différentes nappes phréatiques							
Tracabilité	Toutes les opérations de contrôle seront archivées et les valeurs des mesures consignées							
Bilans	Bilan trimestriel transmis à l'ASN et aux Préfets + information aux communes les plus proches							

11. Conclusion

L'étude historique du CEV ainsi que le retour d'expérience du chantier ont permis de décrire la nature des activités menées sur le fort et en dehors de celui-ci, la topologie des bâtiments, le descriptif des activités menées dans les postes de tirs. Ces éléments permettent d'établir un zonage de référence auquel sera adaptée la stratégie de démolition, des contrôles et de l'évacuation des produits générés.

Ce travail de recherche effectué pour l'étude historique ainsi que les échanges et les documents fournis par le CEA confirment également qu'aucune expérimentation mettant en œuvre de l'uranium ET des explosifs n'a eu lieu en dehors du fort central.

Ces expérimentations n'ont pas été menées non plus dans les bâtiments enterrés. Elles ont été concentrées dans des casemates dédiées et identifiées.

Les contrôles renforcés mis en place dans les deux sous-catégories des terres de catégorie E permettent d'assurer la sécurité des travailleurs ainsi que la découverte d'éventuelles objets dans ces deux sous-catégories.

Compte tenu du travail réalisé par le personnel spécialisé de la société SALVAREM, validé par les membres des commissions de suivi, et des propositions de contrôles complémentaires faites aux chapitres 7.2.1 La stratégie de contrôle des surfaces pour les zones historiques à points singuliers (catégorie D) incluant un élargissement du champ d'investigations le cas échéant, il n'apparaît pas justifié aujourd'hui d'envisager une cartographie complémentaire des zones hors fort central.

Nous avons cependant effectué des mesures ciblées sur les façades et toits de bâtiments situés en dehors du fort central avant le lancement des travaux.

Nous avons effectué des mesures supplémentaires graduées pour la périphérie proche des chambres de tirs et les zones historiques de points singuliers.

Les gravats issus des opérations d'écroutage seront systématiquement envoyés vers un centre de traitement spécialisé (ANDRA).

Tous les gravats issus de la démolition de bâtiments dédouanés ou qui n'ont pas contenu d'uranium seront évacués vers une filière conventionnelle pour être valorisés.

Les études d'impact menées pour les différentes phases de travaux montrent que l'impact est négligeable sur les travailleurs, le public et l'environnement malgré la prise en compte de scénarii majorants.

Toutefois, Placoplatre prend toutes les dispositions de sécurité pour protéger les travailleurs et l'environnement en mettant en œuvre une politique de surveillance en continu du suivi des opérations et de l'exposition des riverains.

La méthodologie proposée met en œuvre des moyens d'intervention diversifiés (personnel qualifié, matériels adaptés, procédures avec une traçabilité, contrôles croisés) qui permettront de garantir un niveau de contrôle adapté, gradué et proportionné.

Et en plus des deux niveaux de contrôle radiologique mis en place, un tiers-expert a été nommé pour auditer les mesures réalisées et effectuer des contrôles complémentaires.

ANNEXE 1

Historique des bâtiments du Centre d'Etudes de Vaujours (CEV)

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Présence Uranium avant 1996
Fort Central	AT 1	100	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage - puis stockage de pièces en uranium	Stockage
Fort Central	AT 11	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Contrôle d'explosifs par rayons X	
Fort Central	AT 12	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin - puis atelier de fabrication et contrôle de pièces en explosif	
Fort Central	AT 13	45	Stockage	Magasin de bicarbonate de soude	
Fort Central	AT 14	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage - puis stockage	Montage
Fort Central	AT 15	45	Stockage	Stockage de matériel optique	
Fort Central	AT 16	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage - puis stockage	Montage
Fort Central	AT 17	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage - puis stockage	Montage
Fort Central	AT 18	45	Stockage	Magasin de verrerie 1971	
Fort Central	AT 19	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Montage optique - Atelier	
Fort Central	AT 2	150	Services généraux - Utilités	Armoire de commande de signalisation - Atelier	
Fort Central	AT 20	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin miroir - Atelier miroirs	
Fort Central	AT 21	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin de câbles - Atelier	
Fort Central	AT 22	45	Stockage	Magasin d'appareillage de contrôle	
Fort Central	AT 23	45	Stockage	Magasin	
Fort Central	AT 24	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier menuiserie	
Fort Central	AT 25	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin de câbles - Atelier de fabrication et contrôle de pièces en explosif	
Fort Central	AT 26	45	Stockage	Magasin d'électronique - puis local technique	
Fort Central	AT 27	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin - montage bois - stockage et contrôle de pièces en explosif	
Fort Central	AT 28	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Montage électronique - stockage et contrôle de pièces en explosif	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Fort Central	AT 3	160	Stockage	Magasin de pièces pour expérimentation	
Fort Central	BMD	230	Stockage	Abri	
Fort Central	CA 1	35	Stockage	Stockage de matériel optique	
Fort Central	CA 10	35	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs P1	
Fort Central	CA 11	35	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs RX3	
Fort Central	CA 12	35	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs TP 1	
Fort Central	CA 13	70	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs RX 3	
Fort Central	CA 14	80	Stockage	Stockage d'explosifs	
Fort Central	CA 15	60	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs TC (électronique)	
Fort Central	CA 16	10	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs ST	
Fort Central	CA 17	10	Expérimentation	Annexe des casemates de tirs TS et CD - automate signalisation	
Fort Central	CA 18	55	Stockage	Stockage d'édifices expérimentaux contenant de l'explosif pour le poste TC	
Fort Central	CA 19	55	Stockage	Stockage d'édifices expérimentaux contenant de l'explosif pour le poste TP	
Fort Central	CA 2	35	Stockage	Stockage de cordons détonants - puis atelier	
Fort Central	CA 3	80	Stockage	Stockage d'explosif pour RX1	
Fort Central	CA 4	35	Stockage	Stockage de poudre propulsives	
Fort Central	CA 5	35	Stockage	Stockage de plastic et cordons détonants ainsi que d'une cuve d'essai de petites charges	
Fort Central	CA 6	35	Stockage	Inflammateurs	
Fort Central	CA 7	80	Stockage	Stockage d'explosif du poste PH	
Fort Central	CA 8	35	Stockage	Stockage de détonateurs	
Fort Central	CA 9	35	Fabrications - Montage - Contrôles	Tests de détonateurs	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Fort Central	CAC	45	Services généraux - Utilités	Abri compresseur	
Fort Central	CD	340	Expérimentation	Poste de tirs pyrotechniques	Expérimentation
Fort Central	CG	595	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	CG 1	300	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	CG 2	269	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	CM	145	Expérimentation	Poste de tirs pyrotechniques	Expérimentation
Fort Central	CRY	230	Expérimentation	Installation de cryogénie	
Fort Central	EFC	87	Expérimentation	Entrée du Fort Central	
Fort Central	EN	255	Stockage	Stockage - encaissage - décaissage de matériel	
Fort Central	EN 1	255	Stockage	Stockage temporaire	
Fort Central	EN 2	0	Stockage	Stockage - encaissage - décaissage de matériel	
Fort Central	EP	340	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	HQ	241	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier	
Fort Central	K 16	40	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Fort Central	LG 1	230	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	LG2	220	Stockage	Stockage	
Fort Central	OS 1	340	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	Expérimentation
Fort Central	OS 2	280	Expérimentation	Poste de tirs pyrotechniques	Expérimentation
Fort Central	PH dr.	85	Expérimentation	Poste de tirs pyrotechniques	Expérimentation
Fort Central	PH g.	370	Expérimentation	Poste de tirs pyrotechniques	Expérimentation
Fort Central	PJ 1	270	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Fort Central	PJ 2	320	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	PJ 3	280	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	PN	465	Stockage	Stockage d'édifices expérimentaux contenant de l'explosif	
Fort Central	RX 1	830	Expérimentation	Poste de tirs pyrotechniques	Expérimentation
Fort Central	RX 2	225	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	RX 3	100	Expérimentation	Poste de tirs pyrotechniques	Expérimentation
Fort Central	SC 1	15	Stockage	Stockage	
Fort Central	SC 2	14	Stockage	Stockage	
Fort Central	ST	600	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	TB	440	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	TC 1	620	Expérimentation	Poste de tirs pyrotechniques	Expérimentation
Fort Central	TC 2	640	Expérimentation	Poste de tirs pyrotechniques	Expérimentation
Fort Central	TP 1	235	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	TP 2	140	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	TP 3	600	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	TR	205	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	TS	245	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	U 1	140	Stockage	Stockage uranium	Stockage
Fort Central	U 2	475	Stockage	Stockage uranium	Stockage
Fort Central	US	445	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	
Fort Central	VRX 3	36	Stockage	Stockage	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	1	40	Services généraux - Utilités	Local sanitaires	
Hors Fort Central	1 bis	20	Fabrications - Montage - Contrôles	Local ultra-sons - Stockage 1992	
Hors Fort Central	2	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Essais mécaniques sur explosifs - non affecté en 1992	
Hors Fort Central	3	30	Bureaux - laboratoires	Laboratoires ultra-sons- puis espace de communication (ESCOM)	
Hors Fort Central	4	55	Bureaux - laboratoires	Laboratoires ultra-sons - puis espace de communication (ESCOM)	
Hors Fort Central	5	55	Bureaux - laboratoires	Laboratoires ultra-sons - puis espace de communication (ESCOM)	
Hors Fort Central	6	35	Fabrications - Montage - Contrôles	Essais mécaniques sur explosifs - puis espace de communication (ESCOM)	
Hors Fort Central	7	55	Fabrications - Montage - Contrôles	Essais mécaniques sur explosifs - puis espace de communication (ESCOM)	
Hors Fort Central	8	55	Fabrications - Montage - Contrôles	Essais mécaniques sur explosifs - puis espace de communication (ESCOM)	
Hors Fort Central	9	35	Fabrications - Montage - Contrôles	Essais mécaniques sur explosifs	
Hors Fort Central	10	20	Stockage	Stockage d'explosifs	
Hors Fort Central	11	35	Fabrications - Montage - Contrôles	Etudes de liants pour explosifs	
Hors Fort Central	12	70	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour moulage d'explosifs - Bâtiment fermé en 1991	
Hors Fort Central	13	25	Fabrications - Montage - Contrôles	Traitement thermique des explosifs - Bâtiment fermé en 1991	
Hors Fort Central	14	55	Fabrications - Montage - Contrôles	Traitement thermique des explosifs - Bâtiment fermé en 1991 - puis réutilisé comme sous-station chauffage	
Hors Fort Central	15	55	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de malaxage et de préparation des explosifs - Bâtiment fermé en 1991	
Hors Fort Central	16	90	Stockage	Stockage d'explosifs - Bâtiment fermé en 1991	
Hors Fort Central	17	10	Fabrications - Montage - Contrôles	Contrôles	
Hors Fort Central	18	35	Stockage	Stockage d'explosifs - Bâtiment fermé en 1991	
Hors Fort Central	19	445	Fabrications - Montage - Contrôles	Préparation d'explosif - enrobage - puis espace de communication (ESCOM)	
Hors Fort Central	20	20	Stockage	Dépôt de matériel - armoire électrique	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	21	15	Fabrications - Montage - Contrôles	Traitement thermique des explosifs - Bâtiment fermé en 1991	
Hors Fort Central	24	25	Stockage	Stockage d'explosifs - Bâtiment fermé en 1991	
Hors Fort Central	25	25	Stockage	Stockage d'explosifs - réutilisation en cave	
Hors Fort Central	26	85	Stockage	Local de stockage des sources	Stockage
Hors Fort Central	27	35	Stockage	Stockage d'explosifs - puis de matériaux inertes après 1991	
Hors Fort Central	28	245	Bureaux - laboratoires	Laboratoire - puis association ASCEA	
Hors Fort Central	28 bis	155	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier mécanique	
Hors Fort Central	30	120	Bureaux - laboratoires	Bureaux - puis local de formation	
Hors Fort Central	31	300	Fabrications - Montage - Contrôles	Labos d'essais de fatigue - Stockage explosif	
Hors Fort Central	32	400	Fabrications - Montage - Contrôles	Labo de contrôle - Gammaographie	
Hors Fort Central	32 bis	165	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage avec explosifs	
Hors Fort Central	33	205	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'enrobage - entrepôt - réception - expédition	
Hors Fort Central	33 bis	140	Services généraux - Utilités	Musée (provisoire) - puis stockage	
Hors Fort Central	34	110	Fabrications - Montage - Contrôles	Stockage de pièces massives en uranium	Stockage
Hors Fort Central	34 bis	70	Fabrications - Montage - Contrôles	Mesures de densités des explosifs	
Hors Fort Central	35	515	Fabrications - Montage - Contrôles	Contrôles des édifices explosifs par rayons X	
Hors Fort Central	36	255	Services généraux - Utilités	Vestiaires - Douches - Sanitaires	
Hors Fort Central	37	205	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage et d'assemblage avec explosifs	
Hors Fort Central	38	920	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin pour entretien divers - reconversion en atelier	
Hors Fort Central	38 A	130	Bureaux - laboratoires	Laboratoire	
Hors Fort Central	39	294	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosifs - puis reconversion en locaux de stockage et bureaux	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	40	370	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage avec explosifs et bureau chef de quart	Montage
Hors Fort Central	40 E	300	Fabrications - Montage - Contrôles	Annexe de l'atelier de montage 40	Montage
Hors Fort Central	41	695	Services généraux - Utilités	Magasin de pièce mécanique pour les expérimentations - emballage	
Hors Fort Central	42	470	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosif et enrobage d'explosif fermé en 1991	
Hors Fort Central	43	450	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosif fermé en 1992	
Hors Fort Central	44	235	Stockage	Mesure de densité des explosifs - puis stockage	
Hors Fort Central	45	180	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	46	270	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1992	
Hors Fort Central	47	175	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1993	
Hors Fort Central	48	180	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1994	
Hors Fort Central	48 A	25	Fabrications - Montage - Contrôles	Centrale de production d'air comprimé - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	48 B	25	Fabrications - Montage - Contrôles	Centrale de production d'air comprimé - Fermé en 1992	
Hors Fort Central	49	180	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1994	
Hors Fort Central	50	210	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1994	
Hors Fort Central	51	70	Stockage	Stockage d'explosifs moulés - Fermé en 1991 -	
Hors Fort Central	52	45	Stockage	Stockage d'explosifs moulés - Fermé en 1991 -	
Hors Fort Central	53	25	Stockage	Dépôt de matières premières - Fermé en 1991 - Reconverti en local d'archives	
Hors Fort Central	54	25	Stockage	Stockage d'explosif - Fermé en 1991 - Reconverti en local d'archives	
Hors Fort Central	55	50	Stockage	Stockage d'explosif - Fermé en 1991 - Reconverti en local d'archives	
Hors Fort Central	56	385	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse de moulage d'explosif - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	57	130	Services généraux - Utilités	Vestiaires - Douches -Bureaux salle de réunion	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	58	210	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage d'explosif (Tour à commande numérique) - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	60	200	Services généraux - Utilités	Vestiaires - Douches Sanitaires	
Hors Fort Central	61	380	Services généraux - Utilités	Stockage de moule - Transformateur	
Hors Fort Central	62	305	Fabrications - Montage - Contrôles	Ateliers d'usinage d'explosifs - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	64	260	Fabrications - Montage - Contrôles	Bureaux - Ateliers et bureaux	
Hors Fort Central	65	150	Stockage	Magasin de matériel d'usinage	
Hors Fort Central	66	35	Services généraux - Utilités	Sanitaires	
Hors Fort Central	67	10	Services généraux - Utilités	Local électrique	
Hors Fort Central	68	215	Services généraux - Utilités	Association ASCEA	
Hors Fort Central	69	452	Stockage	Stockage	
Hors Fort Central	70	61	Stockage	Stockage	
Hors Fort Central	81	55	Stockage	Stockage d'explosifs	
Hors Fort Central	82	55	Stockage	Stockage d'explosifs	
Hors Fort Central	83	55	Stockage	Stockage d'explosifs	
Hors Fort Central	84	55	Stockage	Stockage d'explosifs	
Hors Fort Central	85	55	Stockage	Stockage de détonateurs	
Hors Fort Central	86	55	Stockage	Stockage d'explosifs ou de matières premières pour la fabrication des explosifs	
Hors Fort Central	87	55	Stockage	Stockage d'explosifs ou de matières premières pour la fabrication des explosifs	
Hors Fort Central	88	55	Stockage	Stockage d'explosifs ou de matières premières pour la fabrication des explosifs	
Hors Fort Central	89	55	Stockage	Stockage d'explosifs ou de matières premières pour la fabrication des explosifs	
Hors Fort Central	90	55	Stockage	Stockage d'explosifs ou de matières premières pour la fabrication des explosifs	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	101	25	Stockage	Stockage de matériel - puis musée - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	102	45	Stockage	Stockage de matériel - puis musée - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	103	175	Stockage	Essais mécaniques sur explosif - puis stockage de matériel - puis musée	
Hors Fort Central	104	80	Stockage	Stockage de matériel - puis musée	
Hors Fort Central	105	80	Stockage	Stockage de matériel - puis musée	
Hors Fort Central	106	80	Stockage	Stockage de matériel - puis musée	
Hors Fort Central	107	55	Services généraux - Utilités	Essais d'usinage sur explosif- puis musée - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	108	55	Services généraux - Utilités	Essais d'usinage sur explosif- puis musée - Fermé en 1992	
Hors Fort Central	109	50	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de mécanique et stockage de matériel - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	110	265	Services généraux - Utilités	Stockage d'explosif - puis musée - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	111	30	Stockage	Stockage de matériel - puis salle de réunion - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	112	20	Stockage	Stockage de matériel - puis salle de formation	
Hors Fort Central	113	20	Stockage	Stockage de matériel - puis salle de formation	
Hors Fort Central	114	20	Stockage	Stockage de matériel - puis salle de formation	
Hors Fort Central	115	615	Fabrications - Montage - Contrôles	Etuves, séchage et préparation de matières inertes - puis salle de formation	
Hors Fort Central	116	50	Stockage	Stockage de matières inertes	
Hors Fort Central	121	120	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour d'étude pour explosif - Atelier de tamisage et de préchauffage de poudre d'explosif - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	122	75	Fabrications - Montage - Contrôles	Etude et essais divers - moulage de détonateurs - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	123	60	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosif - moulage de détonateurs	
Hors Fort Central	124	280	Fabrications - Montage - Contrôles	Etuves et moulage isostatique d'explosif - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	125	80	Fabrications - Montage - Contrôles	Stockage d'explosif - Fermé en 1991	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	126	35	Fabrications - Montage - Contrôles	Local technique - Poste de contrôle de la presse de l'atelier 123 - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	127	55	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de traitement thermique d'explosif - fermé en 1991	
Hors Fort Central	128-129	135	Fabrications - Montage - Contrôles	Préchauffage de poudres d'explosif - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	130-131	400	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse isostatique pour explosif - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	132	195	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de moulage isostatique - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	133	70	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin - puis traitements thermiques sur explosif - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	134	50	Services généraux - Utilités	Stockage bois	
Hors Fort Central	141	130	Fabrications - Montage - Contrôles	Servitudes des presses pour explosif 142 et 144 - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	142	130	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosif - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	143	105	Fabrications - Montage - Contrôles	Poste de commande commun aux presses 142 et 144 - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	144	130	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosif - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	146	70	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse - Atelier d'usinage d'explosif - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	147	70	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de préparation d'explosif par malaxage - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	158	10	Services généraux - Utilités	Armoires électriques – Transformateur	
Hors Fort Central	160	15	Services généraux - Utilités	Echangeur thermique - Fermé en 1991	
Hors Fort Central	a	20	Services généraux - Utilités	Poste de détente de la chaufferie	
Hors Fort Central	AA	290	Services généraux - Utilités	Association AACEA- Bibliothèque	
Hors Fort Central	AA1	260	Services généraux - Utilités	Association AACEA – Bureaux	
Hors Fort Central	AA2	119	Bureaux - laboratoires	Bureaux - Délégués SLAS	
Hors Fort Central	Abri	20	Services généraux - Utilités	Compresseur	
Hors Fort Central	Abri	220	Services généraux - Utilités	FENWICKS	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	AD	800	Bureaux - laboratoires	Direction - Administration depuis 1971	
Hors Fort Central	AE	60	Fabrications - Montage - Contrôles	Alvéole d'essais - puis stockage	
Hors Fort Central	AF	280	Services généraux - Utilités	Abri FENWICKS	
Hors Fort Central	AM	1 720	Services généraux - Utilités	Atelier de mécanique - menuiserie - entretien	
Hors Fort Central	AM 2	190	Services généraux - Utilités	Magasin pour mécanique et électricité	
Hors Fort Central	AS	200	Services généraux - Utilités	Gestion et chambres d'astreinte	
Hors Fort Central	ASCR 1 et 2	59	Fabrications - Montage - Contrôles	Laboratoires de caractérisation des explosifs	
Hors Fort Central	BEP	230	Services généraux - Utilités	Bassin de rétention des eaux pluviales	
Hors Fort Central	C 13	120	Bureaux - laboratoires	Bureaux et salles de réunion pour l'accueil de scientifiques étrangers	
Hors Fort Central	CA	1 250	Services généraux - Utilités	Self - Restaurant - Cafétéria	
Hors Fort Central	CC	30	Services généraux - Utilités	Arrivée EDF HT	
Hors Fort Central	CE	30	Services généraux - Utilités	Château d'eau (80 m3)	
Hors Fort Central	CF 2	640	Services généraux - Utilités	Chaudière	
Hors Fort Central	CHC	115	Services généraux - Utilités	Locaux technique (eau, vapeur, air comprimé)	
Hors Fort Central	CI 1	40	Services généraux - Utilités	Citerne de 140 m3	
Hors Fort Central	CI 2	150	Services généraux - Utilités	Citerne de 500 m3	
Hors Fort Central	CI 3	120	Services généraux - Utilités	Citerne de 500 m3	
Hors Fort Central	CR	246	Bureaux - laboratoires	Labo de chimie et bureaux	
Hors Fort Central	CS	380	Services généraux - Utilités	Centrale Electrique de Secours - utilisée en 1996	
Hors Fort Central	D	800	Bureaux - laboratoires	Direction et administration	
Hors Fort Central	DMS	285	Bureaux - laboratoires	Bureaux et Laboratoires	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	DO	290	Bureaux - laboratoires	Documentation scientifique	
Hors Fort Central	DS1-DS2	85	Services généraux - Utilités	Stockage de solvants et produits chimiques pour l'entretien du centre et les espaces verts	
Hors Fort Central	DTE	250	Fabrications - Montage - Contrôles	Bureau d'études	
Hors Fort Central	E	490	Bureaux - laboratoires	Bureaux et Laboratoires	
Hors Fort Central	EL	430	Bureaux - laboratoires	Bureaux et laboratoires d'électronique	
Hors Fort Central	EM	265	Bureaux - laboratoires	Laboratoire d'essais mécaniques - puis bureaux	
Hors Fort Central	F	190	Services généraux - Utilités	Station d'incinération	
Hors Fort Central	FP	40	Services généraux - Utilités	Cuve de propane	
Hors Fort Central	G	400	Bureaux - laboratoires	bureaux	
Hors Fort Central	GC	80	Services généraux - Utilités	Association AACCEA	
Hors Fort Central	GHTC	29	Services généraux - Utilités	Groupe électrogène de secours	
Hors Fort Central	GK 10	65	Services généraux - Utilités	Groupe électrogène de secours et transformateur	
Hors Fort Central	GK 15	65	Services généraux - Utilités	Groupe électrogène de secours	
Hors Fort Central	GK 3	45	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	GK 4	40	Services généraux - Utilités	Groupe électrogène de secours et transformateur	
Hors Fort Central	GK 5	45	Services généraux - Utilités	Groupe électrogène de secours et transformateur	
Hors Fort Central	GK 7	45	Services généraux - Utilités	Groupe électrogène de secours et transformateur	
Hors Fort Central	GKZ	65	Services généraux - Utilités	Stockage pour matériel et produit d'entretien	
Hors Fort Central	GT	324	Services généraux - Utilités	Central téléphonique et bureaux	
Hors Fort Central	HP	490	Fabrications - Montage - Contrôles	Laboratoire hautes pressions - bureaux - canon électrique	
Hors Fort Central	HTC	37	Services généraux - Utilités	Transformateur	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	HTF	35	Services généraux - Utilités	Transformateur haute tension	
Hors Fort Central	HTT	20	Services généraux - Utilités	Transformateur haute tension	
Hors Fort Central	J	185	Services généraux - Utilités	Association ASCEA- Sport - Vestiaires	
Hors Fort Central	K 1	10	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 10	45	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 11	40	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 12	40	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 13	40	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 14	40	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 15	40	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 17	40	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 18	25	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 19	40	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 20	45	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 21	40	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 4	20	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 5	15	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 7	15	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 8	10	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	K 9	40	Services généraux - Utilités	Transformateur	
Hors Fort Central	KZ	40	Services généraux - Utilités	Transformateur	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	L	260	Services généraux - Utilités	Atelier pour électriciens	
Hors Fort Central	LCC	400	Fabrications - Montage - Contrôles	Laboratoire de chimie	
Hors Fort Central	LG3	1 120	Expérimentation	Lanceur à gaz léger avec cuve de confinement de 20 tonnes	Expérimentation
Hors Fort Central	LP 1	15	Stockage	Abri - stockage	
Hors Fort Central	LP 2	15	Services généraux - Utilités	Abri - Association sportive ASCEA	
Hors Fort Central	LP 3	15	Services généraux - Utilités	Local technique - station de relevage EP	
Hors Fort Central	ME	404	Bureaux - laboratoires	Bureaux	
Hors Fort Central	MEC	650	Bureaux - laboratoires	Bureaux	
Hors Fort Central	MeE	230	Bureaux - laboratoires	Laboratoires de métrologie et bureaux	
Hors Fort Central	MEE	230	Bureaux - laboratoires	Laboratoires	
Hors Fort Central	MG	750	Services généraux - Utilités	Magasin	
Hors Fort Central	MP	720	Fabrications - Montage - Contrôles	Ateliers et Bureaux	
Hors Fort Central	MP1	107	Services généraux - Utilités	Syndicats - Association ALAS	
Hors Fort Central	MT	180	Fabrications - Montage - Contrôles	Laboratoires de métrologie et bureaux	
Hors Fort Central	P	180	Services généraux - Utilités	Annexe du magasin général	
Hors Fort Central	PB	85	Stockage	Parc à bois	
Hors Fort Central	PCC	180	Expérimentation	Poste de contrôle du LG3	
Hors Fort Central	PG 1	206	Bureaux - laboratoires	Bureaux	
Hors Fort Central	PG 2	234	Services généraux - Utilités	Poste de Garde	
Hors Fort Central	PG 3	24	Services généraux - Utilités	Poste de garde	
Hors Fort Central	PGO	100	Bureaux - laboratoires	Salle de réunion	

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	PGO contrôle	20	Services généraux - Utilités	Poste de Garde	
Hors Fort Central	PL 1	350	Bureaux - laboratoires	Laboratoire de métrologie et d'électronique - Bureaux	
Hors Fort Central	PL 2	340	Bureaux - laboratoires	Laboratoire de montage - Bureau d'études	
Hors Fort Central	PS	45	Stockage	Stockage	
Hors Fort Central	PY	600	Bureaux - laboratoires	Bureaux et Laboratoires	
Hors Fort Central	RF	570	Bureaux - laboratoires	Bureaux et Laboratoires	
Hors Fort Central	RS	45	Services généraux - Utilités	Association ASCEA	
Hors Fort Central	S	640	Bureaux - laboratoires	Bureaux de la formation locale de sécurité	
Hors Fort Central	SG 1	42	Stockage	Stockage de gaz pour LG3	
Hors Fort Central	SG 2	42	Stockage	Stockage de gaz pour LG4	
Hors Fort Central	SI	500	Services généraux - Utilités	Secours Incendie	
Hors Fort Central	ST EP	69	Services généraux - Utilités	Station d'épuration des eaux	
Hors Fort Central	T	455	Bureaux - laboratoires	Bureaux achats et trésorerie	
Hors Fort Central	V	417	Services généraux - Utilités	Service Médical	
Hors Fort Central	VD	140	Stockage	Stockage	
Hors Fort Central	VF	45	Stockage	Stockage	
Hors Fort Central	W	370	Services généraux - Utilités	Bureaux Roulage	
Hors Fort Central	WA 1	879	Services généraux - Utilités	Garages espace vert et Roulage	
Hors Fort Central	WA 2	74	Services généraux - Utilités	Garages Roulage	
Hors Fort Central	WG	70	Services généraux - Utilités	Ateliers FENWICKS	
Hors Fort Central	X	460	Bureaux - laboratoires	Laboratoires et bureaux	

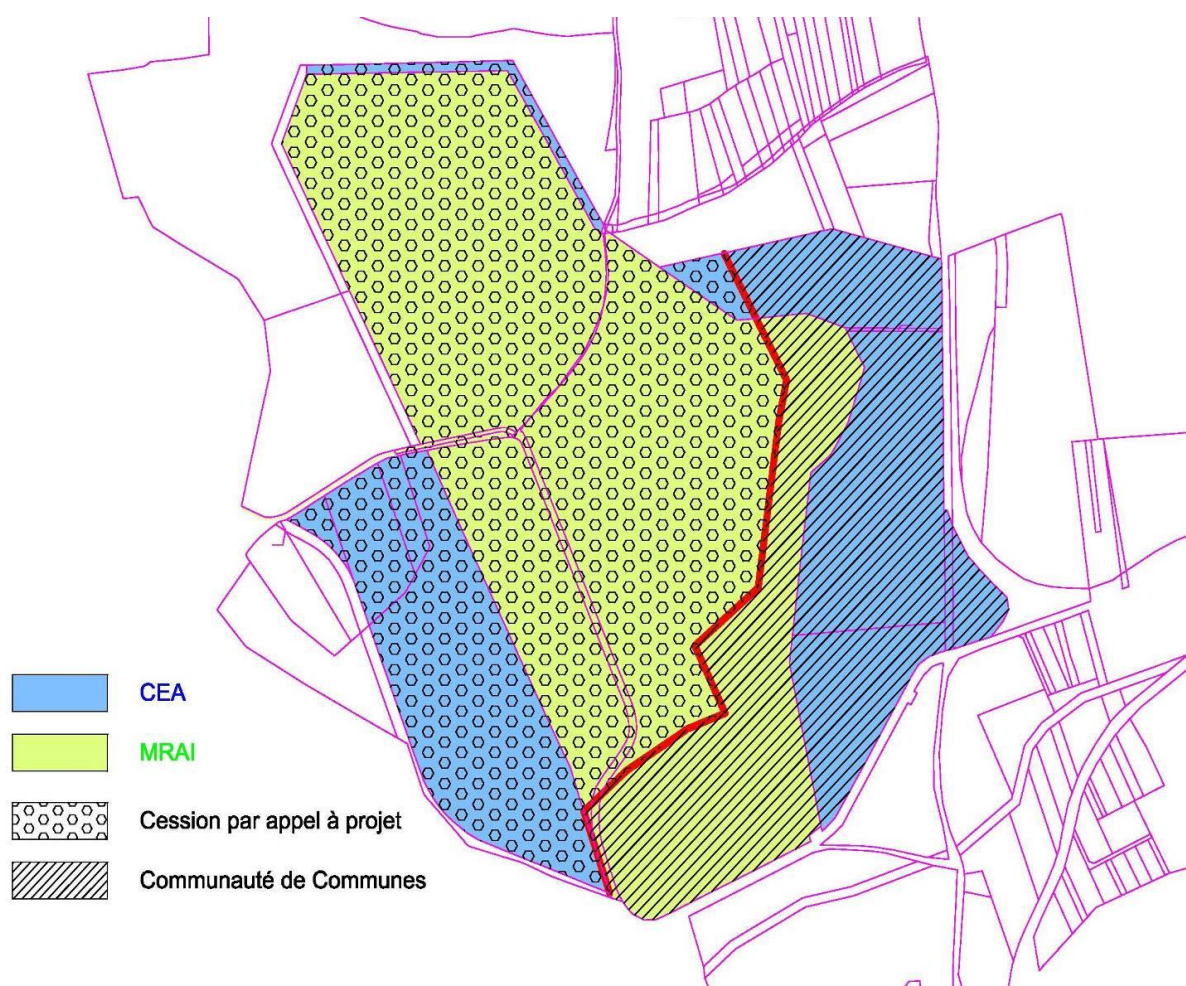
Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996
Hors Fort Central	Z	4 452	Bureaux - laboratoires	Ordinateurs - Bureaux	
Hors Fort Central	Z'	489	Bureaux - laboratoires	Bureaux	

ANNEXE 2

Acquisition par Placoplatre des propriétés

Acquisition par Placoplatre des propriétés :

- du Ministère de la Défense en juillet 2010 (~ 22,7 ha)
- du CEA en décembre 2010 (~ 7,2 ha)



ANNEXE 3

Liste des bâtiments situés sur les terrains acquis par Placoplatre

Légende

	Casemate Pyrotechnique sans matériel radiologique
	Casemate pyro-radiologique utilisation d'uranium
	Fabrications - Montage - Contrôles
	Services généraux - Utilités
	Stockage uranium
	Stockages explosifs et autres

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Présence U avant 1996	Démolition phase 1
Fort Central	AT 1	100	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage - puis stockage de pièces en uranium	Stockage	
Fort Central	AT 11	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Contrôle d'explosifs par rayons X		
Fort Central	AT 12	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin - puis atelier de fabrication et contrôle de pièces en explosif		
Fort Central	AT 13	45	Stockage	Magasin de bicarbonate de soude		
Fort Central	AT 14	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage - puis stockage	Montage	
Fort Central	AT 15	45	Stockage	Stockage de matériel optique		
Fort Central	AT 16	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage - puis stockage	Montage	
Fort Central	AT 17	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage - puis stockage	Montage	
Fort Central	AT 18	45	Stockage	Magasin de verrerie 1971		
Fort Central	AT 19	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Montage optique - Atelier		
Fort Central	AT 2	150	Services généraux - Utilités	Armoire de commande de signalisation - Atelier		
Fort Central	AT 20	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin miroir - Atelier miroirs		
Fort Central	AT 21	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin de câbles - Atelier		
Fort Central	AT 22	45	Stockage	Magasin d'appareillage de contrôle		
Fort Central	AT 23	45	Stockage	Magasin		
Fort Central	AT 24	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier menuiserie		
Fort Central	AT 25	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin de câbles - Atelier de fabrication et contrôle de pièces en explosif		
Fort Central	AT 26	45	Stockage	Magasin d'électronique - puis local technique		
Fort Central	AT 27	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin - montage bois - stockage et contrôle de pièces en explosif		
Fort Central	AT 28	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Montage électronique - stockage et contrôle de pièces en explosif		
Fort Central	AT 3	160	Stockage	Magasin de pièces pour expérimentation		

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996	Démolition phase 1
Fort Central	BMD	230	Stockage	Abri		
Fort Central	CA 1	35	Stockage	Stockage de matériel optique		
Fort Central	CA 10	35	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs P1		
Fort Central	CA 11	35	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs RX3		
Fort Central	CA 12	35	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs TP 1		
Fort Central	CA 13	70	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs RX 3		
Fort Central	CA 14	80	Stockage	Stockage d'explosifs		
Fort Central	CA 15	60	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs TC (électronique)		
Fort Central	CA 16	10	Expérimentation	Annexe de la casemate de tirs ST		
Fort Central	CA 17	10	Expérimentation	Annexe des casemates de tirs TS et CD - automate signalisation		
Fort Central	CA 18	55	Stockage	Stockage d'édifices expérimentaux contenant de l'explosif pour le poste TC		
Fort Central	CA 19	55	Stockage	Stockage d'édifices expérimentaux contenant de l'explosif pour le poste TP		
Fort Central	CA 2	35	Stockage	Stockage de cordons détonants - puis atelier		
Fort Central	CA 3	80	Stockage	Stockage d'explosif pour RX1		
Fort Central	CA 4	35	Stockage	Stockage de poudre propulsives		
Fort Central	CA 5	35	Stockage	Stockage de plastic et cordons détonants ainsi que d'une cuve d'essai de petites charges		
Fort Central	CA 6	35	Stockage	Inflammeurs		
Fort Central	CA 7	80	Stockage	Stockage d'explosif du poste PH		
Fort Central	CA 8	35	Stockage	Stockage de détonateurs		
Fort Central	CA 9	35	Fabrications - Montage - Contrôles	Tests de détonateurs		
Fort Central	CAC	45	Services généraux - Utilités	Abri compresseur		

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996	Démolition phase 1
Fort Central	CD	340	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	Expérimentation	
Fort Central	CG	595	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	CG 1	300	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	CG 2	269	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	CM	145	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	Expérimentation	
Fort Central	CRY	230	Expérimentation	Installation de cryogénie		
Fort Central	EFC	87	Expérimentation	Entrée du Fort Central		
Fort Central	EN	255	Stockage	Stockage - encaissage - décaissage de matériel		
Fort Central	EN 1	255	Stockage	Stockage temporaire		
Fort Central	EN 2	0	Stockage	Stockage - encaissage - décaissage de matériel		
Fort Central	EP	340	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	HQ	241	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier		
Fort Central	K 16	40	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Fort Central	LG 1	230	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	LG2	220	Stockage	Stockage		
Fort Central	OS 1	340	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	Expérimentation	
Fort Central	OS 2	280	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	Expérimentation	
Fort Central	PH dr.	85	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	Expérimentation	
Fort Central	PH g.	370	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	Expérimentation	
Fort Central	PJ 1	270	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	PJ 2	320	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996	Démolition phase 1
Fort Central	PJ 3	280	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	PN	465	Stockage	Stockage d'édifices expérimentaux contenant de l'explosif		
Fort Central	RX 1	830	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	Expérimentation	
Fort Central	RX 2	225	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	RX 3	100	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	Expérimentation	
Fort Central	SC 1	15	Stockage	Stockage		
Fort Central	SC 2	14	Stockage	Stockage		
Fort Central	ST	600	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	TB	440	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	TC 1	620	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	Expérimentation	
Fort Central	TC 2	640	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques	Expérimentation	
Fort Central	TP 1	235	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	TP 2	140	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	TP 3	600	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	TR	205	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	TS	245	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	U 1	140	Stockage	Stockage uranium	Stockage	
Fort Central	U 2	475	Stockage	Stockage uranium	Stockage	
Fort Central	US	445	Expérimentation	Casemate de tirs pyrotechniques		
Fort Central	VRX 3	36	Stockage	Stockage		
Hors Fort Central	24	25	Stockage	Stockage d'explosifs - Bâtiment fermé en 1991		

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996	Démolition phase 1
Hors Fort Central	25	25	Stockage	Stockage d'explosifs - réutilisation en cave		
Hors Fort Central	26	85	Stockage	Local de stockage des sources	Stockage	
Hors Fort Central	28	245	Bureaux - laboratoires	Laboratoire - puis association ASCEA		
Hors Fort Central	28 bis	155	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier mécanique		
Hors Fort Central	30	120	Bureaux - laboratoires	Bureaux - puis local de formation		
Hors Fort Central	31	300	Fabrications - Montage - Contrôles	Labos d'essais de fatigue - Stockage explosif		
Hors Fort Central	32	400	Fabrications - Montage - Contrôles	Labo de contrôle - Gammagraphie		
Hors Fort Central	32 bis	165	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage avec explosifs		
Hors Fort Central	33	205	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'enrobage - entrepôt - réception - expédition		
Hors Fort Central	33 bis	140	Services généraux - Utilités	Musée (provisoire) - puis stockage		
Hors Fort Central	34	110	Fabrications - Montage - Contrôles	Stockage de pièces massives en uranium	Stockage	
Hors Fort Central	34 bis	70	Fabrications - Montage - Contrôles	Mesures de densités des explosifs		
Hors Fort Central	35	515	Fabrications - Montage - Contrôles	Contrôles des édifices explosifs par rayons X		
Hors Fort Central	36	255	Services généraux - Utilités	Vestiaires - Douches - Sanitaires		
Hors Fort Central	37	205	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage et d'assemblage avec explosifs		
Hors Fort Central	38	920	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin pour entretien divers - reconversion en atelier		
Hors Fort Central	38 A	130	Bureaux - laboratoires	Laboratoire		
Hors Fort Central	39	294	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosifs - puis reconversion en locaux de stockage et bureaux		
Hors Fort Central	40	370	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de montage avec explosifs et bureau chef de quart	Montage	
Hors Fort Central	40 E	300	Fabrications - Montage - Contrôles	Annexe de l'atelier de montage 40	Montage	
Hors Fort Central	41	695	Services généraux - Utilités	Magasin de pièce mécanique pour les expérimentations - emballage		Rasé CEA

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996	Démolition phase 1
Hors Fort Central	42	470	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosif et enrobage d'explosif fermé en 1991		
Hors Fort Central	43	450	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosif fermé en 1992		
Hors Fort Central	44	235	Stockage	Mesure de densité des explosifs - puis stockage		
Hors Fort Central	45	180	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	46	270	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1992		
Hors Fort Central	47	175	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1993		
Hors Fort Central	48	180	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1994		
Hors Fort Central	48 A	25	Fabrications - Montage - Contrôles	Centrale de production d'air comprimé - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	48 B	25	Fabrications - Montage - Contrôles	Centrale de production d'air comprimé - Fermé en 1992		
Hors Fort Central	49	180	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1994		
Hors Fort Central	50	210	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage des explosifs (Tours, fraiseuses, perceuses) - Fermé en 1994		
Hors Fort Central	51	70	Stockage	Stockage d'explosifs moulés - Fermé en 1991 -		
Hors Fort Central	52	45	Stockage	Stockage d'explosifs moulés - Fermé en 1991 -		
Hors Fort Central	53	25	Stockage	Dépôt de matières premières - Fermé en 1991 - Reconverti en local d'archives		
Hors Fort Central	54	25	Stockage	Stockage d'explosif - Fermé en 1991 - Reconverti en local d'archives		
Hors Fort Central	55	50	Stockage	Stockage d'explosif - Fermé en 1991 - Reconverti en local d'archives		
Hors Fort Central	56	385	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse de moulage d'explosif - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	57	130	Services généraux - Utilités	Vestiaires - Douches -Bureaux salle de réunion		
Hors Fort Central	58	210	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage d'explosif (Tour à commande numérique) - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	60	200	Services généraux - Utilités	Vestiaires - Douches Sanitaires		Rasé CEA
Hors Fort Central	61	380	Services généraux - Utilités	Stockage de moule - Transformateur		Rasé CEA

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996	Démolition phase 1
Hors Fort Central	62	305	Fabrications - Montage - Contrôles	Ateliers d'usinage d'explosifs - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	64	260	Fabrications - Montage - Contrôles	Bureaux - Ateliers et bureaux		
Hors Fort Central	65	150	Stockage	Magasin de matériel d'usinage		
Hors Fort Central	66	35	Services généraux - Utilités	Sanitaires		
Hors Fort Central	67	10	Services généraux - Utilités	Local électrique		
Hors Fort Central	68	215	Services généraux - Utilités	Association ASCEA		Rasé CEA
Hors Fort Central	69	452	Stockage	Stockage		
Hors Fort Central	70	61	Stockage	Stockage		Rasé CEA
Hors Fort Central	81	55	Stockage	Stockage d'explosifs		
Hors Fort Central	82	55	Stockage	Stockage d'explosifs		
Hors Fort Central	83	55	Stockage	Stockage d'explosifs		
Hors Fort Central	84	55	Stockage	Stockage d'explosifs		
Hors Fort Central	85	55	Stockage	Stockage de détonateurs		
Hors Fort Central	86	55	Stockage	Stockage d'explosifs ou de matières premières pour la fabrication des explosifs		
Hors Fort Central	87	55	Stockage	Stockage d'explosifs ou de matières premières pour la fabrication des explosifs		
Hors Fort Central	88	55	Stockage	Stockage d'explosifs ou de matières premières pour la fabrication des explosifs		
Hors Fort Central	89	55	Stockage	Stockage d'explosifs ou de matières premières pour la fabrication des explosifs		
Hors Fort Central	90	55	Stockage	Stockage d'explosifs ou de matières premières pour la fabrication des explosifs		
Hors Fort Central	101	25	Stockage	Stockage de matériel - puis musée - Fermé en 1991		Rasé CEA
Hors Fort Central	102	45	Stockage	Stockage de matériel - puis musée - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	103	175	Stockage	Essais mécaniques sur explosif - puis stockage de matériel - puis musée		

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996	Démolition phase 1
Hors Fort Central	104	80	Stockage	Stockage de matériel - puis musée		
Hors Fort Central	105	80	Stockage	Stockage de matériel - puis musée		
Hors Fort Central	106	80	Stockage	Stockage de matériel - puis musée		
Hors Fort Central	107	55	Services généraux - Utilités	Essais d'usinage sur explosif- puis musée - Fermé en 1991		107 PC Rasé CEA
Hors Fort Central	108	55	Services généraux - Utilités	Essais d'usinage sur explosif- puis musée - Fermé en 1992		
Hors Fort Central	109	50	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de mécanique et stockage de matériel - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	110	265	Services généraux - Utilités	Stockage d'explosif - puis musée - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	111	30	Stockage	Stockage de matériel - puis salle de réunion - Fermé en 1991		Rasé CEA
Hors Fort Central	112	20	Stockage	Stockage de matériel - puis salle de formation		
Hors Fort Central	113	20	Stockage	Stockage de matériel - puis salle de formation		
Hors Fort Central	114	20	Stockage	Stockage de matériel - puis salle de formation		
Hors Fort Central	115	615	Fabrications - Montage - Contrôles	Etuves, séchage et préparation de matières inertes - puis salle de formation		Rasé CEA
Hors Fort Central	116	50	Stockage	Stockage de matières inertes		Rasé CEA
Hors Fort Central	121	120	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour d'étude pour explosif - Atelier de tamisage et de préchauffage de poudre d'explosif - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	122	75	Fabrications - Montage - Contrôles	Etude et essais divers - moulage de détonateurs - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	123	60	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosif - moulage de détonateurs		
Hors Fort Central	124	280	Fabrications - Montage - Contrôles	Etuves et moulage isostatique d'explosif - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	125	80	Fabrications - Montage - Contrôles	Stockage d'explosif - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	126	35	Fabrications - Montage - Contrôles	Local technique - Poste de contrôle de la presse de l'atelier 123 - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	127	55	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de traitement thermique d'explosif - fermé en 1991		Rasé CEA

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996	Démolition phase 1
Hors Fort Central	128-129	135	Fabrications - Montage - Contrôles	Préchauffage de poudres d'explosif - Fermé en 1991		Rasé CEA
Hors Fort Central	130-131	400	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse isostatique pour explosif - Fermé en 1991		Rasé CEA
Hors Fort Central	132	195	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de moulage isostatique - Fermé en 1991		Rasé CEA
Hors Fort Central	133	70	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin - puis traitements thermiques sur explosif - Fermé en 1991		Rasé CEA
Hors Fort Central	134	50	Services généraux - Utilités	Stockage bois		
Hors Fort Central	141	130	Fabrications - Montage - Contrôles	Servitudes des presses pour explosif 142 et 144 - Fermé en 1991		Rasé CEA
Hors Fort Central	142	130	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosif - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	143	105	Fabrications - Montage - Contrôles	Poste de commande commun aux presses 142 et 144 - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	144	130	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosif - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	146	70	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse - Atelier d'usinage d'explosif - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	147	70	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de préparation d'explosif par malaxage - Fermé en 1991		
Hors Fort Central	a	20	Services généraux - Utilités	Poste de détente de la chaufferie		
Hors Fort Central	AE	60	Fabrications - Montage - Contrôles	Alvéole d'essais - puis stockage		
Hors Fort Central	AF	280	Services généraux - Utilités	Abri FENWICK		
Hors Fort Central	C 13	120	Bureaux - laboratoires	Bureaux et salles de réunion pour l'accueil de scientifiques étrangers		
Hors Fort Central	CF 2	640	Services généraux - Utilités	Chaufferie		
Hors Fort Central	CI 2	150	Services généraux - Utilités	Citerne de 500 m3		
Hors Fort Central	CI 3	120	Services généraux - Utilités	Citerne de 500 m3		
Hors Fort Central	CS	380	Services généraux - Utilités	Centrale Electrique de Secours - utilisée en 1996		
Hors Fort Central	DTE	250	Fabrications - Montage - Contrôles	Bureau d'études		
Hors Fort Central	EM	265	Bureaux - laboratoires	Laboratoire d'essais mécaniques - puis bureaux		

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996	Démolition phase 1
Hors Fort Central	F	190	Services généraux - Utilités	Station d'incinération		
Hors Fort Central	GC	80	Services généraux - Utilités	Association AACCEA		
Hors Fort Central	GK 10	65	Services généraux - Utilités	Groupe électrogène de secours et transformateur		
Hors Fort Central	GK 15	65	Services généraux - Utilités	Groupe électrogène de secours		
Hors Fort Central	GK 4	40	Services généraux - Utilités	Groupe électrogène de secours et transformateur		
Hors Fort Central	GK 5	45	Services généraux - Utilités	Groupe électrogène de secours et transformateur		
Hors Fort Central	GK 7	45	Services généraux - Utilités	Groupe électrogène de secours et transformateur		
Hors Fort Central	GKZ	65	Services généraux - Utilités	Stockage pour matériel et produit d'entretien		
Hors Fort Central	HP	490	Fabrications - Montage - Contrôles	Laboratoire hautes pressions - bureaux - canon électrique		
Hors Fort Central	HTF	35	Services généraux - Utilités	Transformateur haute tension		
Hors Fort Central	K 1	10	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 10	45	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 11	40	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 12	40	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 13	40	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 14	40	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 15	40	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 17	40	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 19	40	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 20	45	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 21	40	Services généraux - Utilités	Transformateur		

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment	Expérimentations U avant 1996	Démolition phase 1
Hors Fort Central	K 4	20	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 5	15	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 7	15	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	K 9	40	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	KZ	40	Services généraux - Utilités	Transformateur		
Hors Fort Central	LG3	1 120	Expérimentation	Lanceur à gaz léger avec cuve de confinement de 20 tonnes	Expérimentation	
Hors Fort Central	MEC	650	Bureaux - laboratoires	Bureaux		
Hors Fort Central	MeE	230	Bureaux - laboratoires	Laboratoires de métrologie et bureaux		
Hors Fort Central	MEE	230	Bureaux - laboratoires	Laboratoires		
Hors Fort Central	MP	720	Fabrications - Montage - Contrôles	Ateliers et Bureaux		
Hors Fort Central	PCC	180	Expérimentation	Poste de contrôle du LG3		
Hors Fort Central	PG 3	24	Services généraux - Utilités	Poste de garde		
Hors Fort Central	PGO	100	Bureaux - laboratoires	Salle de réunion		
Hors Fort Central	Contrôle	20	Services généraux - Utilités	Poste de Garde		
Hors Fort Central	S	640	Bureaux - laboratoires	Bureaux de la formation locale de sécurité		
Hors Fort Central	SG 1	42	Stockage	Stockage de gaz pour LG3		
Hors Fort Central	SG 2	42	Stockage	Stockage de gaz pour LG4		
Hors Fort Central	SI	500	Services généraux - Utilités	Secours Incendie		
Hors Fort Central	W	370	Services généraux - Utilités	Bureaux Roulage		
Hors Fort Central	WA 1	879	Services généraux - Utilités	Garages espace vert et Roulage		
Hors Fort Central	WA 2	74	Services généraux - Utilités	Garages Roulage		

ANNEXE 4

**Calcul de la dose par inhalation
et influence de la composition isotopique
issu du Pôle Compétence « Calculs d'impact » du CEA**

TRAVAILLEURS

Dans le cas des travailleurs, la dose par inhalation reçue pendant l'opération se calcule par :

$$\text{Dose} = \frac{\text{Conc air} * \text{Act massique} * \text{QR} * \text{durée expo}}{\text{eff masque}} * \text{DPUI}_{\text{inhal}}$$

avec :

Dose : dose par inhalation, en mSv,

Concentration air : concentration dans l'air mise en suspension, en g/m³,

Act massique : activité massique des poussières, en Bq/g,

QR : débit respiratoire, en m³/h,

durée expo : durée d'exposition, en heures,

eff masque : efficacité du masque, ≥ 1 ,

DPUI inhal : coefficient de dose par inhalation, en mSv/Bq.

PUBLIC

Dans le cas des personnes du public situées à plus grande distance du site, la dose par inhalation prend en compte la dispersion atmosphérique et se calcule par :

$$\text{Dose} = \text{Qté terre} * \text{mise en suspension} * \text{Act massique} * \text{CTA} * \frac{\text{QR}}{3600} * \text{durée expo} * \text{DPUI}_{\text{inhal}}$$

avec :

Dose : dose par inhalation, en mSv,

Qté terre : quantité de terre manipulée, en g,

mise en suspension : taux de mise en suspension, ≤ 1 ,

Act massique : activité massique des poussières, en Bq/g,

CTA : coefficient de transfert atmosphérique, en s/m³,

QR : débit respiratoire, en m³/h,

durée expo : durée d'exposition, en heures,

DPUI inhal : coefficient de dose par inhalation, en mSv/Bq.

Dans le cas de la démolition des casemates, le CTA est calculé en prenant en compte des conditions météorologiques sont constantes en vitesse et direction pendant les rejets. Toutefois, comme ces travaux durent plusieurs jours, on prend en compte les fluctuations de direction de vent pendant les rejets. Dans les calculs, on a supposé une condition de diffusion faible (atmosphère stable), associée à un vent de 2 m/s, ce qui conduit à des résultats raisonnablement conservatifs dans le cas de rejets émis au niveau du sol ou à faible hauteur.

Dans le cas de dose par inhalation, la présence de pluie laverait le panache de poussière, diminuerait l'activité dans le panache et donc l'impact.

Dans le cas de l'extraction de la terre au-dessus du gisement de gypse ("excavation"), le CTA est calculé en utilisant des statistiques basées sur des données météorologiques

représentatives du site observées sur plusieurs années, c'est-à-dire en prenant en compte la répartition des données météorologiques par direction d'origine, vitesse de vent, stabilité atmosphérique et pluie.

INFLUENCE DE LA COMPOSITION ISOTOPIQUE

On considère le cas du travailleur chargé de l'écroutage d'une casemate en 150 heures en portant un masque d'efficacité 100 vis-à-vis des aérosols. Il est exposé à une concentration de 20 mg/m³ associée à une activité massique de 1 Bq/g.

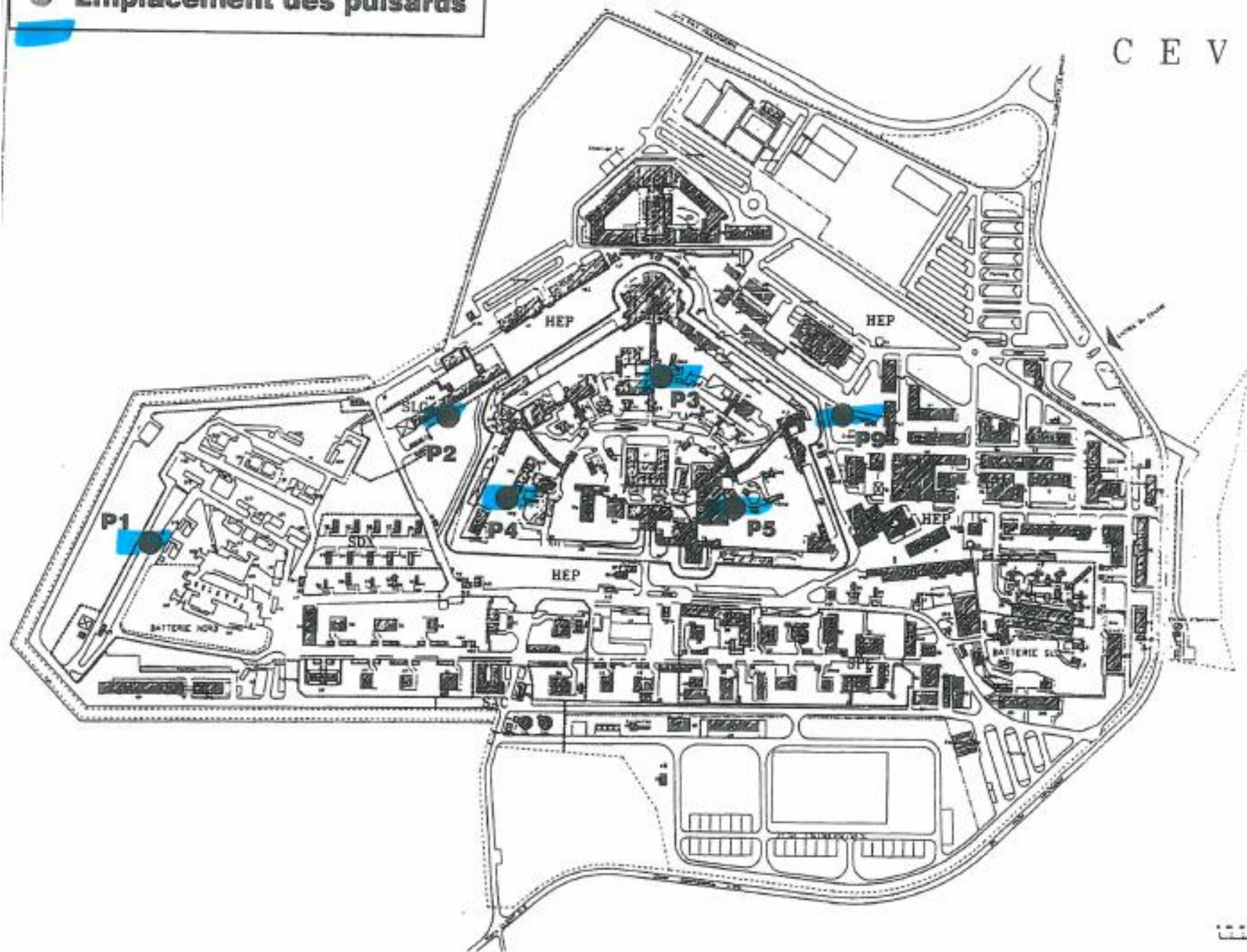
			0.45%		0.72%	
isotopes	% activité	Impact (mSv)	% activité	Impact (mSv)	% activité	Impact (mSv)
U234	45.14%	1.93E-04	31.69%	1.34E-04	50.97%	2.16E-04
U235+	2.14%	8.21E-06	1.64%	6.29E-06	1.93%	7.41E-06
U238+	52.21%	1.89E-04	66.67%	2.41E-04	47.10%	1.70E-04
Total	-	3.91E-04	-	3.82E-04	-	3.94E-04

On constate que la modification de composition isotopique modifie très peu l'impact, qui varie ici de 0,38 µSv à 0,39 µSv, soit 3% au plus.

ANNEXE 5

Carte des puits du Centre d'Etudes de Vaujours (CEV)

● Emplacement des puisards



ANNEXE 6

Extrait de la Procédure d'alerte Portique

Référence : RNGSIF00891

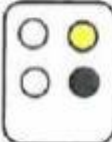
3 Fonctionnement du boîtier du portique

La **Figure 1** présente les détecteurs du portique et le boîtier de fonctionnement.



Figure 1 : Portique de détection de radioactivité (à gauche les détecteurs, à droite, le boîtier)

Les voyants lumineux et l'affichage du boîtier décrivent les situations suivantes :

SITUATION DE FONCTIONNEMENT	VOYANT ET AFFICHAGE
Bon fonctionnement	 21/03/2006 09h44m11s En BDF
Présence d'un véhicule	 21/03/2006 09h44m11s En Mesure
Anomalie du Bruit de Fond	 21/03/2006 09h44m11s En BDF Anomalie 1
Défaut technique (différents ordres)	21/03/2006 09h44m11s En BDF Porte ouv. 21/03/2006 09h44m11s En BDF Cont. Pres  21/03/2006 09h44m11s En BDF Cont. Voie X
Alarme radiologique	 21/03/2006 09h44m11s En BDF Alarme 1

4 Fonctionnement habituel

Tous les camions qui sortent du site passent obligatoirement à travers le portique camion (trajet jaune – voir Figure 2 ci-dessous),

Si le chargement ne génère pas d'alarme, le camion suivra le trajet vert après avoir signalé sa sortie de site au poste de contrôle.



Figure 2 : Plan de la zone de contrôle et de la zone dédiée à la sécurisation des chargements suspects

5 Procédure à suivre en cas de déclenchement du portique

5.1 Actions à réaliser avant l'intervention de NUDEC

En cas de mesure anormale, le voyant rouge du portique s'allume et un buzzer retentit. Un report va être installé dans le poste de contrôle. En parallèle, un message est envoyé au prestataire en charge du suivi de niveau 1 et à Placoplatre. **L'agent de sécurité relève les données inscrites sur l'écran et prend en charge le conducteur du camion** pour le diriger vers l'aire de stationnement dédiée (trajet orange sur la Figure 2). Il prévient ensuite le conducteur de travaux ou le coordinateur de travaux qui engageront les actions suivantes :

- 1) Effectuer un deuxième passage, puis un troisième si l'alarme ne se déclenche pas au deuxième passage,**
- 2) Si l'alarme est confirmée, questionner le conducteur sur un éventuel traitement médical récent par des matières radioactives. Si tel est le cas, un nouveau passage est effectué avec un autre chauffeur si réalisable,**
- 3) Si l'alarme est confirmée, placer le chargement dans la zone dédiée avec un périmètre de sécurité à 500nSv.h⁻¹ (voir figure 2) et attendre l'arrivée de l'agent NUDEC via le conducteur de travaux (alarme confirmée ou non).**

5.2 Actions immédiates à réaliser par l'intervenant NUDEC

L'intervenant NUDEC suivra la procédure suivante :

Assisté par le conducteur du camion et le conducteur de travaux si besoin, l'agent NUDEC effectuera les actions suivantes :

- 1) Vérification que la benne est maintenue couverte et que le chargement est tenu à l'abri de la pluie, du vent, etc.,
- 2) Vérification de la mise en place d'un périmètre de sécurité autour du camion avec un débit d'équivalent de dose au maximum à 500 nSv.h⁻¹ en limite de la zone sécurisée,
- 3) Vérifier les informations indiquées par le portique et les récupérer,
- 4) Analyser « à chaud » l'origine du déclenchement :
 - o si déclenchement dû à une cause autre qu'une pollution potentielle : enregistrer l'évènement,
 - o si l'alarme est de nature radiologique ou en cas de doute, informer immédiatement la PCR, le niveau 2 et le chargé de développement des carrières PLACOPLATRE. En fonction des premiers constats, donner les premières consignes de sécurité dans l'urgence si nécessaire.

Le conducteur de travaux devra s'assurer également de la mise en sécurité du chargement en attendant l'intervention de NUDEC.

Les valeurs remarquables :

- **le bruit de fond (BDF)** : valeur à relever à une distance suffisante de toute source de rayonnement. En l'occurrence, le BDF est pris en continu par le portique. Lors des mesures avec radiamètre, le BDF sera pris dans une zone sans influence d'une source potentielle. Il est également relevé dans la zone portique en amont de manière régulière,
- **Le seuil d'alarme** : seuil à partir duquel le portique déclenche l'alarme induisant l'interdiction de sortie de site du camion. Pour le portique, le seuil d'alarme est fixé à 2 fois le BDF (environ 6100 c.s^{-1} pour un bruit de fond 3050 c.s^{-1}),
- **débit d'équivalent de dose** à $0,5 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ au plus pour la mise en place du périmètre de sécurité. Idéalement au plus proche de la benne (camion) dans le cadre d'une démarche ALARA (aussi bas que raisonnablement possible). Si un DeD très important est relevé, un zonage radiologique sera établi avec élargissement du périmètre et interdiction d'accès.

Conformément à la réglementation, PLACOPLATRE doit déclarer un Evènement Significatif pour la Radioprotection (ESR) si un des critères du guide ASN [12] est identifié lors de l'analyse du déclenchement.

L'ensemble des mesures effectuées seront tracées dans un classeur de chantier.

5.3 Actions à réaliser *a posteriori* par l'intervenant NUDEC

Suite aux premières actions menées, l'intervenant NUDEC devra :

- 6) Analyser à froid l'origine du déclenchement (vraie ou fausse alarme) et soumettre au niveau 2 ;**
- 7) Evaluer les niveaux de la pollution éventuelle et les niveaux d'exposition potentiels,**
- 8) Proposer les mesures correctives,**
- 9) Mettre en œuvre les instructions éventuelles de la PCR.**

NB: il est de la responsabilité de la PCR du site auprès de PLACOPLATRE de déclarer un Evènement Significatif en Radioprotection (ESR) si un critère du guide le nécessite.

FICHE EVENEMENT

DATE :

HEURE :

ALARME VEHICULE SORTANT : ☐

ALARME VEHICULE ENTRANT : ☐

TYPE DE VEHICULE

MARQUE :

N° IMMATRICULATION :

NOM DU CHAUFFEUR :

SOCIETE :

ANOMALIE DETECTION : ☐

ANOMALIE TECHNIQUE : ☐

APPEL XXX : ☐

APPEL XXX : ☐

Prise en compte et visa de l'agent xxx :

Archivage :

ANNEXE 7

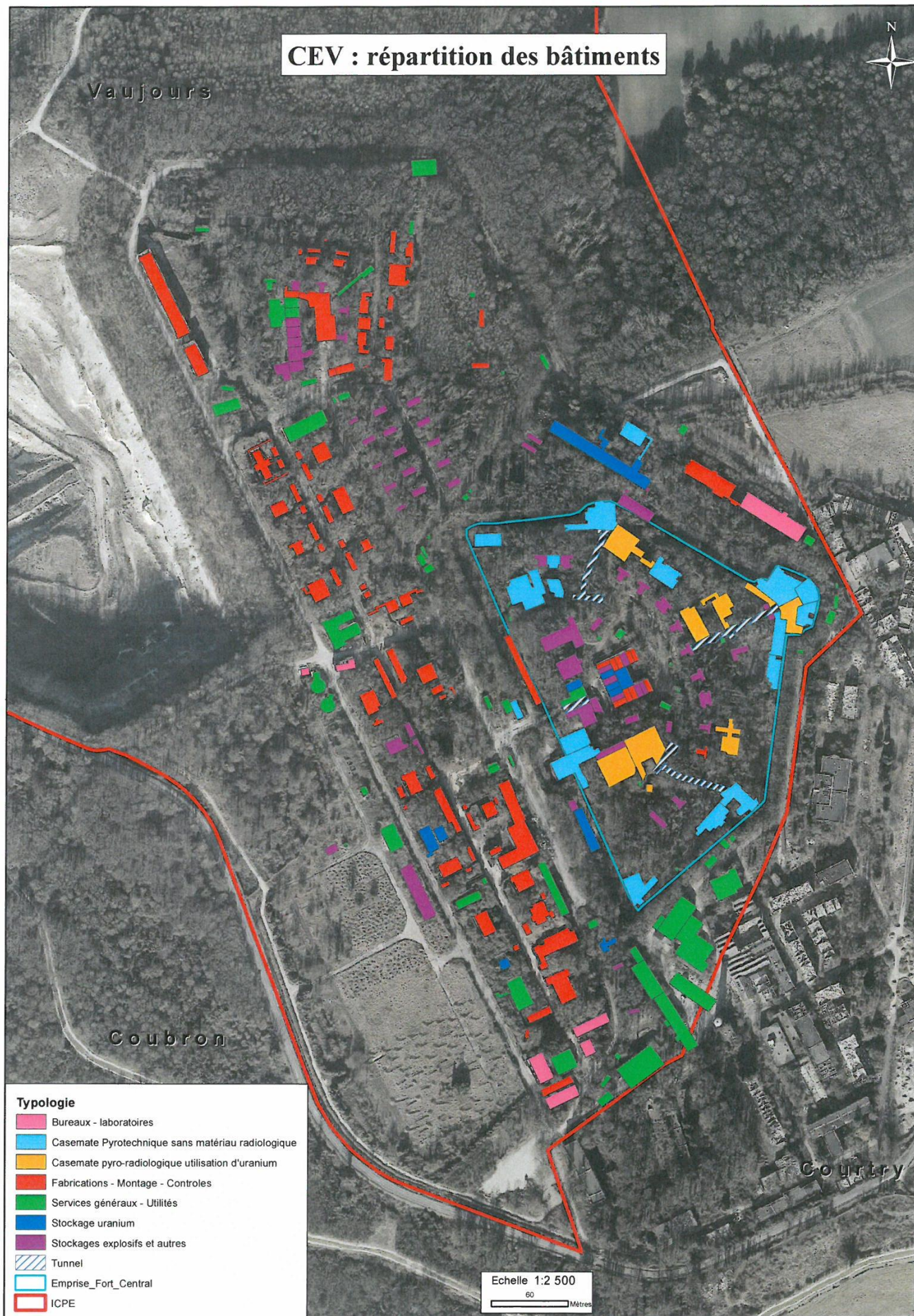
Répartition des surfaces construites du Centre d'Etudes de Vaujourns (CEV)

CEV : répartition des surfaces construites



ANNEXE 8

Répartition des bâtiments par fonction



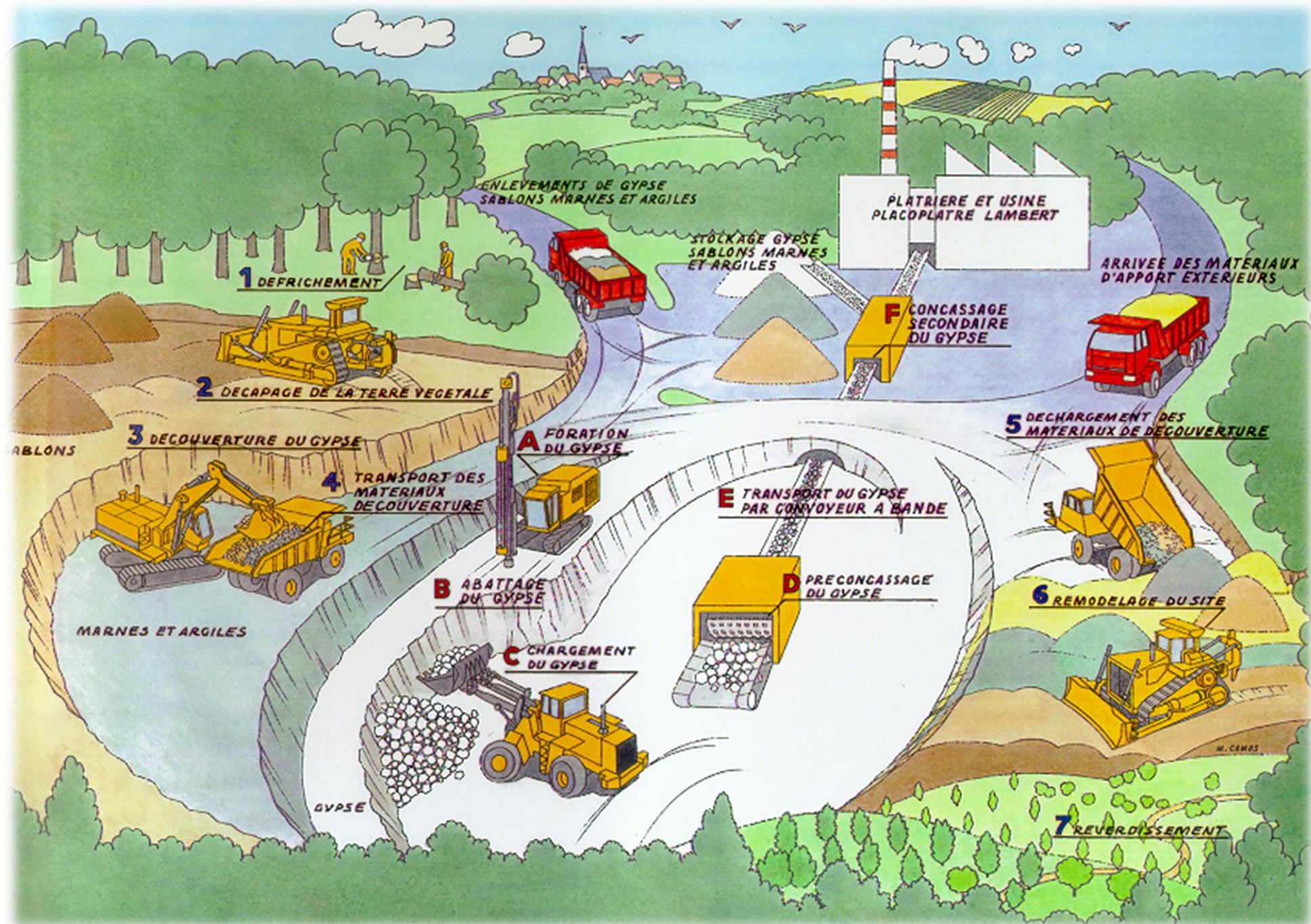
ANNEXE 9

Implantation de principe des balises de prélèvement atmosphérique



ANNEXE 10

Exploitation d'une carrière à ciel ouvert



ANNEXE 11

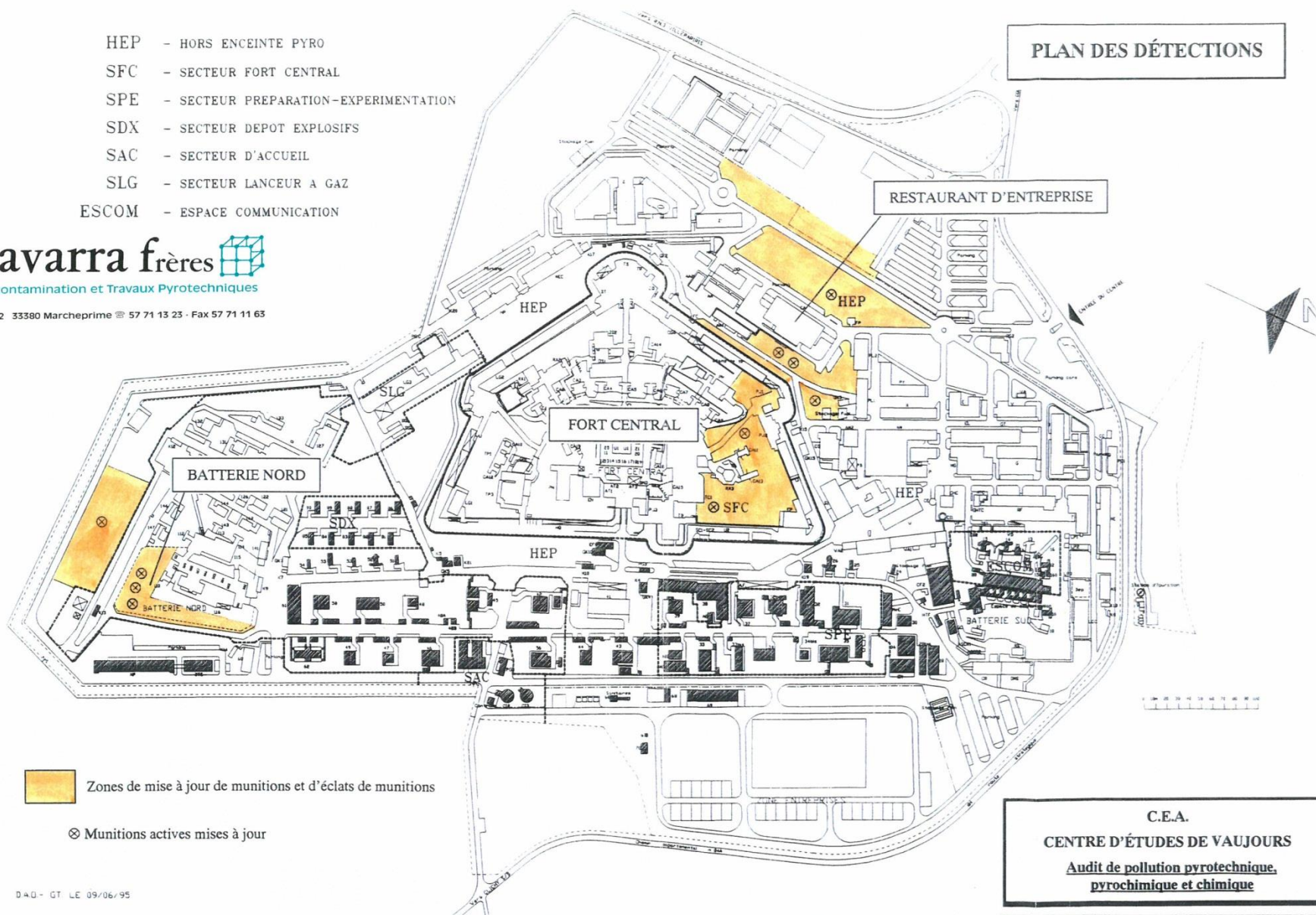
Zones de mise à jour des munitions et des éclats de munitions

- HEP - HORS ENCEINTE PYRO
- SFC - SECTEUR FORT CENTRAL
- SPE - SECTEUR PREPARATION-EXPERIMENTATION
- SDX - SECTEUR DEPOT EXPLOSIFS
- SAC - SECTEUR D'ACCUEIL
- SLG - SECTEUR LANCEUR A GAZ
- ESCOM - ESPACE COMMUNICATION

PLAN DES DÉTECTIONS

navarra frères 
Décontamination et Travaux Pyrotechniques

B.P. 12 33380 Marcheprime ☎ 57 71 13 23 - Fax 57 71 11 63



ANNEXE 12

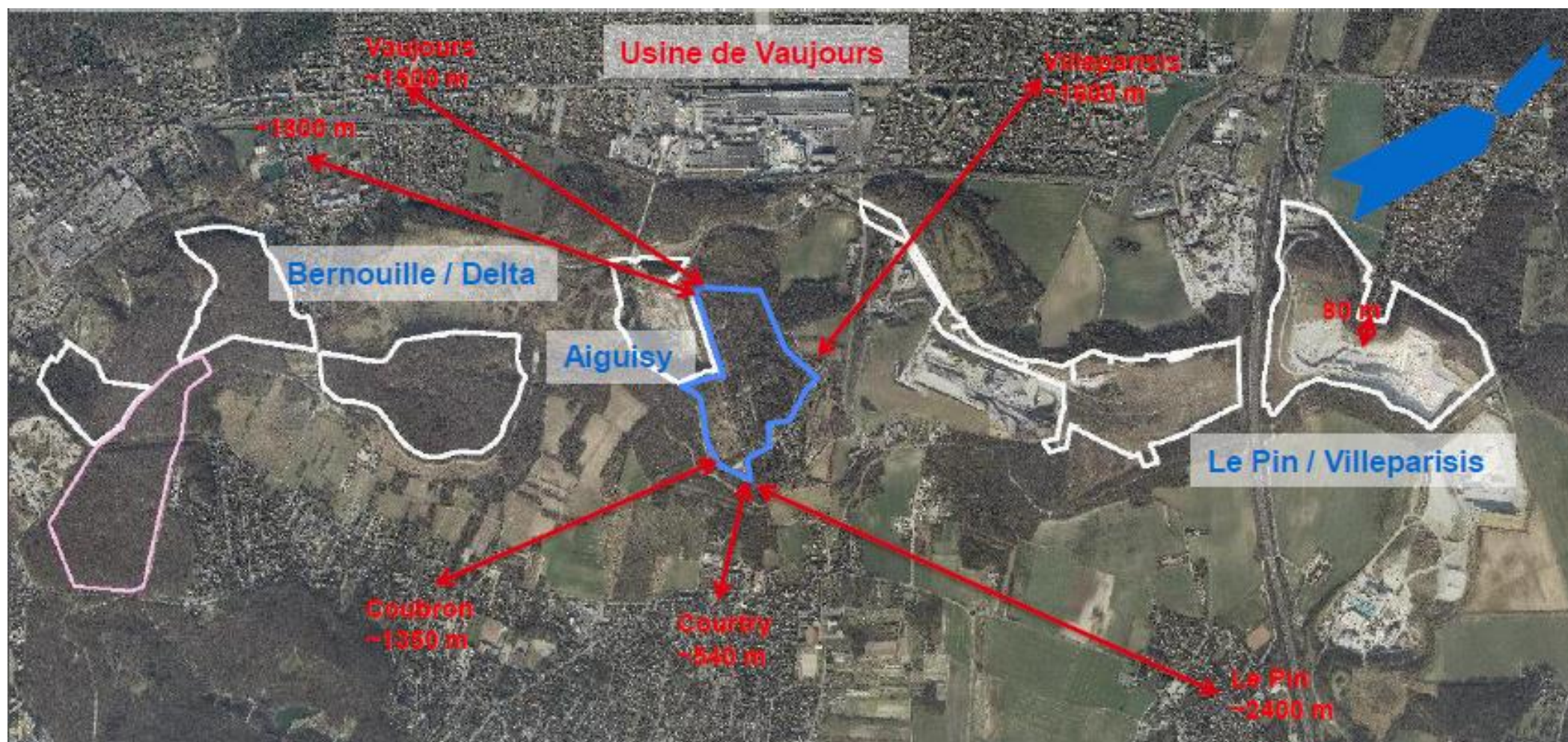
Ecoulement de la nappe de Brie



ANNEXE 13

Distance du Bois de Guisy aux centres urbains

Photo aérienne de février 2012



ANNEXE 14

**Consignes de nettoyage de la cuve de
récupération des déchets et effluents de tir du
poste TC du fort central**

CENTRE D'ETUDES DE VALJOIRS

GROUPE DE PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS

N° PR/55/85

Le 7 Avril 1983

CONSIGNES DE NETTOYAGE DE LA CUVE DE
RECUPERATION DES DECHETS ET EFFLUENTS DE TIR
DU POSTE T.C. DU FORT CENTRAL

- I RAPPEL DES OBJECTIFS
- II DISPOSITIONS GENERALES
 - II.1 : EVACUATION DES DECHETS ET PREDECONTAMINATION DES CUVES
 - II.2 : CONDITIONNEMENT DES DECHETS
 - II.2.1 : DECHETS INCOMPRESSIBLES
 - II.2.2 : EFFLUENTS LIQUIDES
 - II.2.3 : DECHETS COMPRESSIBLES
 - II.3 : MISE EN PLACE D'UNE ZONE DITE "ZONE CONTROLEE"
- III TRAVAUX PRELIMINAIRES
- IV EVACUATION DES DECHETS DE LA CUVE
 - II.1 : PREPARATION DU CHANTIER
 - II.1.1 : APPROVISIONNEMENTS
 - II.1.2 : EQUIPEMENTS
 - II.2 : INTERVENTIONS EN CUVE
 - II.2.1 : PRINCIPE GENERAL
 - II.2.2 : SURVEILLANCE MEDICALE
 - II.2.3 : DEBUT DE POSTE
 - II.2.4 : EXTRACTION DES DECHETS
 - II.2.5 : FIN DE POSTE
- V STOCKAGE DES FUTS
- VI PREDECONTAMINATION
- VII REPLI DU CHANTIER

I RAPPEL DES OBJECTIFS :

Depuis l'origine du CEV, les eaux de lavage de la chambre de tir après les expérimentations avec de l'Uranium ont été envoyées dans un ensemble de cuves souterraines munies d'un dispositif de décantation localisé sous les salles (1), (2) et (3) sur le plan joint en annexe.

Actuellement, le système de décantation est plein de gravats et objets divers contaminés. La concentration en Uranium a été évaluée à :

- 0,4 % pour les gravats
- 1,35 % pour les boues

L'évacuation des déchets et la prédecontamination des cuves devront être réalisées.

II DISPOSITIONS GENERALES :

II.1 - EVACUATION DES DECHETS ET PREDECONTAMINATION DES CUVES :

Seront réalisées par la Société des Travaux en Milieu Ionisant (S.T.M.I.) sous contrôle du GPR/CEV.

Ces travaux s'effectueront en tenue non ventilée et masque avec alimentation en air respirable et ventilation forcée de l'air ambiant de la cuve.

II.2 - CONDITIONNEMENT DES DECHETS : On distingue trois types de déchets :

II.2.1 - Les déchets Incompressibles = gravats, morceaux de miroirs, boues, etc.... Ils seront conditionnés en fûts réglementaires et évacués vers le PEM.

II.2.2 - Les effluents liquides : les eaux de lavage seront filtrées puis rejetées dans les égouts. Les filtres contaminés seront conditionnés avec les déchets compressibles.

.../...

II.2.3 - Les déchets compressibles : terres vinylo, gants, etc...
Ils seront également conditionnés en fûts réglementaires
et envoyés sur un site de stockage de l'ANDRA.

II.3 - MISE EN PLACE D'UNE ZONE DITE "ZONE CONTRÔLÉE"

Pendant la durée des travaux (durée prévisionnelle 4 à 5 semaines
à compter du 13 Avril 1983), l'emprise des postes de Tir T.C.1 et
T.C.2 y compris les voies d'accès (voir plan annexe zone hachurée)
sont soumis à la réglementation de la zone contrôlée.

En conséquence, la porte d'accès au poste de Tir P.J.3, par la cour
intérieure du Fort Central est condamnée pendant la durée des travaux.

Tout accès à la zone contrôlée précédemment définie est soumis à
autorisation du GPR/CEV.

III TRAVAUX PRELIMINAIRES :

A la suite de la réunion du 14 Décembre 1982 à laquelle participaient
S.T.M.I. et IST/NE - SMT/IAM, FLS-GPR pour le CEV - Certains préparatifs
ont été réalisés :

- Elargissement du trou d'accès à la cuve située dans le local ①
(voir plan annexe) afin de permettre le passage simultané des fûts
de stockage des déchets incompressibles (contenance 200 l) et de
la gaine de ventilation.
- Installation d'un palan de relavage des fûts et, éventuellement
des équipes d'intervention en cas d'incident.
- Mise en oeuvre des équipements électriques nécessaires à la manu-
tentation et à la ventilation et de l'éclairage basse tension.
- Pose d'un poste téléphonique.

Ces divers travaux ont été réceptionnés contradictoirement entre
la S.T.M.I. et la CEA/CEV, le 30 Mars 1983.

.../...

En outre, le GT/CEV a procédé à un examen attentif de l'état de la cuve (voute, murs), afin de circonscrire les risques de chute de moellons sur les équipes d'intervention. Son état a été jugé satisfaisant.

IV EVACUATION DES DECHETS DE LA CUVE :

II.1 - PREPARATION DU CHANTIER : Durée prévisionnelle 3 jours

II.1.1 - Approvisionnement

- GPR/CEV

o Caravane vestiaire - douche : décontamination des équipes d'intervention (local (5))

o Unité de ventilation : local (1) près de la trappe d'accès à la cuve.

o Alimentation en air respirable

o Dispositif de cerclage des fûts sur les palettes de manutention

o Fûts de stockage des déchets compressibles (local (3))

o Étagères de rangement (local (3))

o Dispositif élève-fûts

o Deux projecteurs avec trépieds

o Équipement mobile radio

o Générateur d'eau sous pression KARCHER

o Lampes-Torches portatives

o Tenues d'intervention pour la FLS

o Alimentation en air autonome type "SPIRATOM"

o Dispositif d'alerte sonore comprenant une sonnette (alimentation 24 V) raccordée à un "coup de poing" par câble d'une longueur de 20 m

.../...

- NE/CEV :

- o 2 échelles métalliques de hauteur 3,50 mètres à 4 mètres
- o 3 baladeuses équipées de lampes 24 volts et de câble d'une longueur de 20 mètres
- o 15 palettes (chaque palette assure le stockage de 4 fûts)

- FLS/CEV :

- o 2 harnais de sécurité
- o 2 cordages de secours de longueur minimum 10 mètres
- o 1 extincteur (local ①)
- o 1 brancard

- RESPONSABLE DU FORT CENTRAL/CEV :

- o Système de manutention des fûts

- S.T.M.I. :

- o 50 fûts de stockage des déchets incompressibles (cour ④)
- o Outils de chargement des fûts (local ③)
- o Habillement d'intervention nécessaire aux équipes S.T.M.I.
 - tenues vinyle, gants - bottes, masques (local ③)
 - linges de corps - peignoirs - serviettes (caravane - local ⑤)
- o 2 prolongateurs d'air (longueur 10 mètres)

II.1.2 - Equipements :

- GPR/CEV

- o Mise en place de moyens de contrôle atmosphérique

Local 1 : 1 APA 14
1 IPAB 71 (sondes et scintillateurs)

Local 2 : 1 APA 14 - 1 CNAPT 400

Local 4 : 1 APA 1

caravane : 1 MIP 10 (sondes et scintillateurs)

Les filtres seront relevés journalièrement et contrôlés par le GPR/CEV.

.../...

- S.T.M.I.

- o Confection d'un sas par panneau de vinyle localisant la zone d'accès à la cuve (local ①)
- o Protection par panneau de vinyle des équipements des locaux ② et ③
- o Mise en oeuvre de l'installation "air respirable" et de l'unité de ventilation
- o Mise en place du dispositif d'éclairage mobile dans chaque cuve (protection et fixation des câbles)
- o Essai de descente et de relevage des fûts
- o Mise en place du dispositif d'alerte sonore: "coup de poing" descendu en cuve - la sonnette dans le local ①. (Protection et fixation des câbles)
- o Mise en place d'une corde de secours dans les cuves par les deux trappes d'accès

Un contrôle systématique des divers équipements sera effectué, conjointement par la S.T.M.I. et le GPR/CEV. (palan de relevage, éclairage, air respirable, ventilation de la cuve)

Un exercice de sauvetage sera simulé en présence de la FLS/CEV, SMT/CEV, l'IST/NE, et de l'ICST

II.2 - INTERVENTIONS EN CUVE :

II.2.1 - Principe général : L'équipe S.T.M.I. est composée de 4 personnes minimum.

Deux hommes interviennent en cuve soumise à une ventilation forcée, équipés d'une tenue non ventilée, avec masque alimenté en air respirable et d'un harnais de sécurité. Ils sont placés sous contrôle permanent de deux agents S.T.M.I. en surface, équipés d'une tenue "TIVEX" non tissée et masque. Un agent GPR/CEV surveille en permanence les opérations, il dispose d'un équipement mobile radio en liaison avec les locaux GPR/CEV et FLS.

La durée d'un poste est limitée à 1h30 à raison de deux postes par journée.

.../...

II.2.2 - Surveillance médicale

- Les agents de la S.T.M.I. se présenteront à l'infirmier surplace, le premier jour des travaux, munis de leur carte DATR ou d'une attestation valide indiquant leur aptitude DA, et au port du masque filtrant et de la tenue non ventilée.
- Au début et fin de chaque poste un infirmier procédera au bilan médical des agents descendant en cuve. Une présence permanente ne pouvant être assurée, prévenir éventuellement de la fin de poste par téléphone.
- En cas d'incident prévenir l'infirmier par téléphone, en cas d'accident alerter le PC téléalarme, l'ambulance passant prendre l'infirmier. Une relation écrite, succincte, sera faite au SMT des incidents survenus au cours des travaux.
- Le matin du début des travaux, les participants se rendront au LAM pour effectuer un premier prélèvement urinaire. Ensuite chaque fin de semaine, le vendredi après déjeuner, ils se rendront au LAM pour procéder au prélèvement urinaire hebdomadaire.
- En cas d'anomalie dans les résultats le GPR sera informé, les intéressés seront prévenus, les résultats étant transmis de toutes façons systématiquement au service médical qui les suit habituellement.

II.2.3 - Début de poste

- o Demande d'un infirmier au SMT
- o Déshabillage du personnel d'intervention à la caravane
- o Contrôle du SMT
- o Habillage : sous-vêtements coton, chaussettes, tenue TIVEX non tissée, mocassins, pré-gants
- o Préparation du petit outillage
- o Déplacement vers lieux d'opérations (local ③)
- o Complément d'habillage : tenue vinyle - bottes - gants de manutention, harnais, masque

.../...

- o Contrôle du remplissage des bouteilles d'air respirable
 - 2 bouteilles pleines sont en place
 - 2 bouteilles sont en réserve
- o Essai du masque et du circuit d'air respirable
- o Contrôle de la présence d'une échelle à chaque accès des cuves (locaux ① et ②)
- o Vérification de la présence des lampes-torches portatives près de chaque échelle (en surface)
- o Contrôle du bon fonctionnement de l'éclairage, de la ventilation, du palan
- o Mise en fonctionnement des dispositifs de prélèvements atmosphériques (en début de journée)
- o Contrôle des "SPIRATOM"
- o La FLS/CEV, le Responsable du Fort Central et le SMT/CEV sont avertis du début des opérations par l'agent GPR
- o Essai de la liaison radio avec le bâtiment P.G.1.
- o Ouverture des trappes d'accès aux cuves
- o Mise en place des échelles
- o Descente des 2 agents S.T.M.I. dans la cuve par l'échelle située dans le local ②
- o 1 agent GPR et 2 agents S.T.M.I. (au minimum) surveillent en surface les opérations
- o Vérification de la position des cordes de secours près des échelles d'accès aux cuves
- o Essai du dispositif d'alerte sonore "coup de poing" et sonnettes

II.2.4 - Extraction des déchets

Règle à observer impérativement

- Un seul fût est descendu en cuve.
- o Préparation du fût en surface : habillage vinyle extérieure, sac vinyle (épaisseur 30/100) à l'intérieur.

.../...

- Accrochage du lève-fût au palan
- Fixation du fût au lève-fût
- Descente du fût ouvert dans la fosse et réception du fût par l'équipe dans la fosse
- Remonte et décrochage du lève-fût
- Humidification des déchets afin de limiter les risques d'aérosol
- Chargement du fût (100 Kg environ). Une pesée sera effectuée sur le premier fût afin de déterminer le niveau du chargement
- Fermeture par bande adhésive, type tarlatane, du sac vinyle intérieur
- Descente du lève-fût avec le palan
- Fixation du fût et remonte en surface après mise en position protégée des agents dans la cuve
- Déshabillage et fermeture du fût avant dépose sur palette
- Reprise du fût pour dépose sur palette

17.2.5 - FIN DE POSTE

Règle à respecter impérativement

Aucun fût ne doit rester dans la cuve après remonte du personnel, sauf incident.

- Remonte de l'équipe d'intervention par l'échelle située dans le local (1)
- Prédéshabillage dans le local (3). La tenue vinyle, les gants, les bottes, le masque sont enlevés
- Les déchets compressibles sont conditionnés dans les fûts GPR. La protection intérieure et extérieure des fûts est identique à celle des fûts descendus en cuve
- Arrêt de l'éclairage, de la ventilation, de l'alimentation en air respirable
- Les échelles sont remontées et décontaminées éventuellement

.../...

- o Fermeture des trappes d'accès aux cuves
- o Nettoyage du sas
- o En fin de journée :
 - Arrêt des appareils de prélèvements atmosphériques (en fin de journée)
 - Coupure de l'interrupteur général sur l'armoire électrique
 - Dégagement du chantier afin de ne pas entraver les interventions éventuelles FLS
- o Le SMT, la FLS et le Responsable du Fort Central sont avertis de la fin de poste par l'agent GPR
- o Les agents S.T.M.I. et l'agent GPR se rendent à la caravane
- o Douche
- o Contrôle SMT

V STOCKAGE DES FûTS

L'ensemble de ces opérations est réalisé par le GPR/CEV

- o Après déshabillage et fermeture du fût chargé, un frottis avec support type KLEENEX sera pratiqué sur chaque fût après sa dépose sur palette
- o Chaque fût est numéroté - daté et l'origine du chargement repéré
- o Chaque palette supporte au maximum 4 fûts
- o Les fûts sont brêlés sur la palette par cerclage
- o Contrôle des frottis
- o Transport de la palette par élévateur vers le lieu de stockage temporaire (dépôt U.S - Fossés du Fort Central) dont le GPR/CEV assurera le balisage

VI PREDECONTAMINATION

Principes généraux : Les conditions d'intervention sont identiques à celle de l'évacuation des déchets.

La pré-décontamination des cuves sera réalisée par lavage à l'eau sous pression des parois.

La chronologie des opérations est la suivante :

- o Mise en oeuvre du KARCHER (générateur d'eau froide sous pression 70 bars)
- o Décapage de la voute, des murs puis du sol
- o Mise en service de l'hydrocollecteur. L'eau sera rejetée dans le regard de la cour (4). A cet effet, le regard sera équipé de filtre 25 microns. Contrôle des rejets par GPR/CEV
- o Assèchement de la fosse soit par :
 - pelles à eau
 - aspirateur à eau
 - percement du muret de décantation et rejet des eaux dans le puisard de la cuve localisée sous la pièce (5)
- o Contrôle du niveau résiduel de contamination par le GPR/CEV

VII REPLI DU CHANTIER

La S.T.M.T. assurera :

- o le démontage du sas et des protections vinyle
- o la décontamination du matériel employé :
 - lève-fût, tuyaux, câbles, dispositifs d'éclairage, palan, etc...

Une réunion de fin de chantier clôturera les opérations.

/

ANNEXE 15

**Plan des postes de tirs et zones historiques de
points singuliers et de transit**



ANNEXE 16

Masses d'uranium expérimentées au CEV

Masses d'uranium expérimentées au CEV

La masse totale correspondant à l'ensemble des expérimentations, dans des postes de tirs et à l'air libre, dans l'enceinte du Fort Central est estimée à 1200 kg. Cela correspond à environ 2000 expérimentations dont 1200 à l'air libre à RX3 et 800 en postes de tirs (voir dossier d'abandon-Volume 4)

Les documents d'archive du CEA fournissent la quantité exacte d'uranium expérimenté à partir de septembre 1964, à savoir 526,2 kg. La répartition par poste est donnée dans le tableau ci-après.

Avant 1964, la mémoire des anciens du CEV a permis d'estimer l'activité des différents postes de tir, le nombre d'expérimentations et les masses d'uranium mises en jeu. Au total, les masses expérimentées avant 1964 sont estimées à 670 kg. Le détail est donné dans le tableau.

La masse totale d'uranium expérimentée dans le Fort Central du CEV est donc de 1196,2 kg arrondie à 1200 kg.

Poste de tir ou cuve	Période d'utilisation pour l'uranium	Nombre d'expériences avec U avant 1964 estimation selon mémoire des anciens	U expérimenté avant 1964 estimation selon mémoire des anciens (kg)	U expérimenté après sept. 1964 (kg)
CD	1958-1964	Quelques expériences	3,0	2,0
CM	1960-1964	Quelques expériences	3,0	1,0
LG3 (Cuve CAGL)	1980-1991	Aucune (LG3 non construit)	0,0	3,5
OS2	1963-1964	Des dizaines	30,0	0,0
TC1 et TC2	1956-1982	Des centaines	100 ,0	464,8
PH Droite	1960-1970	Des dizaines	30,0	0,7
PH Gauche	1960-1970	Quelques expériences	4,0	13,7
RX1	1962-1991	Des centaines	100,0	40,1
RX3	1959-1976	Plus d'un millier	400,0	0,4
Sous total			670,0	526,2
TOTAL			1196,2	

Nombre d'expérimentations avec uranium et masses mises en jeu

Les dates indiquées dans le tableau pour le début d'utilisation des postes de tir avec expérimentations d'uranium, correspondent aux premiers travaux d'infrastructure recensés pour les casemates correspondantes. Les dates de fin d'utilisation correspondent aux dernières expériences avec uranium répertoriées dans les documents du CEA.

Estimation des masses d'uranium expérimentées à l'air libre

Une estimation des masses expérimentées à l'air libre peut être faite en considérant que les premières expérimentations étaient principalement dédiées aux études d'implosion. Le poste RX3, était dédié à des observations radiographiques des implosions. Les chercheurs de cette époque ne disposant pas de moyens de calculs évolués, l'optimum de chaque paramètre physique était déterminé en traçant des courbes de variation de la fonction à optimiser en fonction de ce paramètre, chaque point de ces courbes étant obtenu par une expérience spécifique. A titre d'exemple, il a été retrouvé dans les archives du CEV un rapport faisant état d'une série d'expériences d'implosion à RX3 dans les années 1959-1960. Pour cette étude, il a été utilisé 375 édifices pyrotechniques se décomposant en 255 édifices avec 232 g d'uranium chacun et 120 édifices avec 512 g d'uranium chacun, soit une masse totale de 120,6 kg et une masse moyenne par expérimentation de 320 g. En extrapolant aux 1200 expérimentations à l'air libre à RX3, on obtient 385,9 kg d'uranium, arrondis à 400 kg.

ANNEXE 17

Le risque d'exposition interne

Le risque d'exposition interne par rapport à la taille des aérosols

Préliminaire

Les deux voies d'atteinte de l'organisme lors d'une exposition à des aérosols sont respectivement l'inhalation et l'ingestion. La Commission internationale pour la protection radiologique (CIPR) a établi un modèle pulmonaire et digestif décrits en particulier dans les publications n° 30, 54 et 66¹. Nous ne nous intéresserons ici qu'à l'inhalation.

Quelques données

a) Influence du diamètre des aérosols

L'exposition aux aérosols dépend de différents paramètres dont le DAMA (Diamètre aérodynamique médian en activité ou AMAD en anglais). Celui-ci va conditionner la pénétration dans les différents compartiments du système respiratoire ainsi que leur clearance. Globalement, on distingue la zone supérieure d'entrée Naso-Pharyngée (N-P), l'arbre Trachéo-Bronchique (T-B) et les Poumons (P).

Les données dosimétriques telles que les DPUI (dose efficaces par unité d'incorporation en Sv/Bq) sont généralement données pour un DAMA de 1 et 5 μm . Notons qu'à 10 μm , 90% des particules restent dans la région supérieure N-P. Il est admis qu'au-delà de 20 μm la totalité y est déposée. Elle sera évacuée soit par mouchage soit par déglutition. Les particules les plus fines pénétreront plus facilement dans les poumons.

b) Protection individuelle contre les poussières

Il existe trois classes d'efficacité pour les demi-masques filtrants anti-aérosols FFP (Filtering facepiece particles) utilisés dans l'industrie pour la protection des voies respiratoires : FFP1, FFP2 et FFP3 (Filtering Facepiece Particles). Ces classes correspondent respectivement à un pourcentage de filtration de 70, 94 et 99% avec des pourcentages de fuite à l'intérieur du masque respectivement de 22, 8 et 2 % au maximum. A titre d'exemple :

FFP1 sert pour le bricolage (contre la silice, charbon, ciment, zinc etc..)

FFP2 industrie du verre, du bâtiment, pharmaceutique, virus (grippaux et aviaire)

FFP3 pour l'amiante par exemple.

L'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité)⁵ donne dans son étude sur « Les appareils de protection respiratoire », l'évolution de l'efficacité totale de capture par rapport au diamètre des particules entre 0,02 et 10 μm . On note que la capture passe par un

minimum (-30%) pour une valeur de $0,3 \mu\text{m}$ et redevient maximum au-delà de $1 \mu\text{m}$. Ce fait a peu d'incidence sur le spectre granulométrique obtenu sur un chantier.

REMARQUE : si l'on tient compte du facteur de protection qu'apporte ce type d'équipement, les évaluations dosimétriques réalisées avec et sans masque seront globalement dans un rapport 100.

Références

-
- 1) *International Commission on Radiological Protection – Publication 66: human respiratory track model for radiological protection – 1994*
 - 2) *E. Ansoborlo et al.. Distribution granulométrique d'aérosols d'uranium dans l'industrie française de fabrication de combustible - Radioprotection, vol. 32, 1997*
 - 3) *S. Andrew et al.. L'uranium appauvri sur le champ de bataille. –Revue militaire canadienne 2003*
 - 4) *J.M. Lagrange et al.. Eléments de caractérisation de la fracturation de matériaux par explosif : analyse par tomographie. CEA - 2013*
 - 5) *INRS. Les appareils de protection respiratoire- Choix et utilisation*

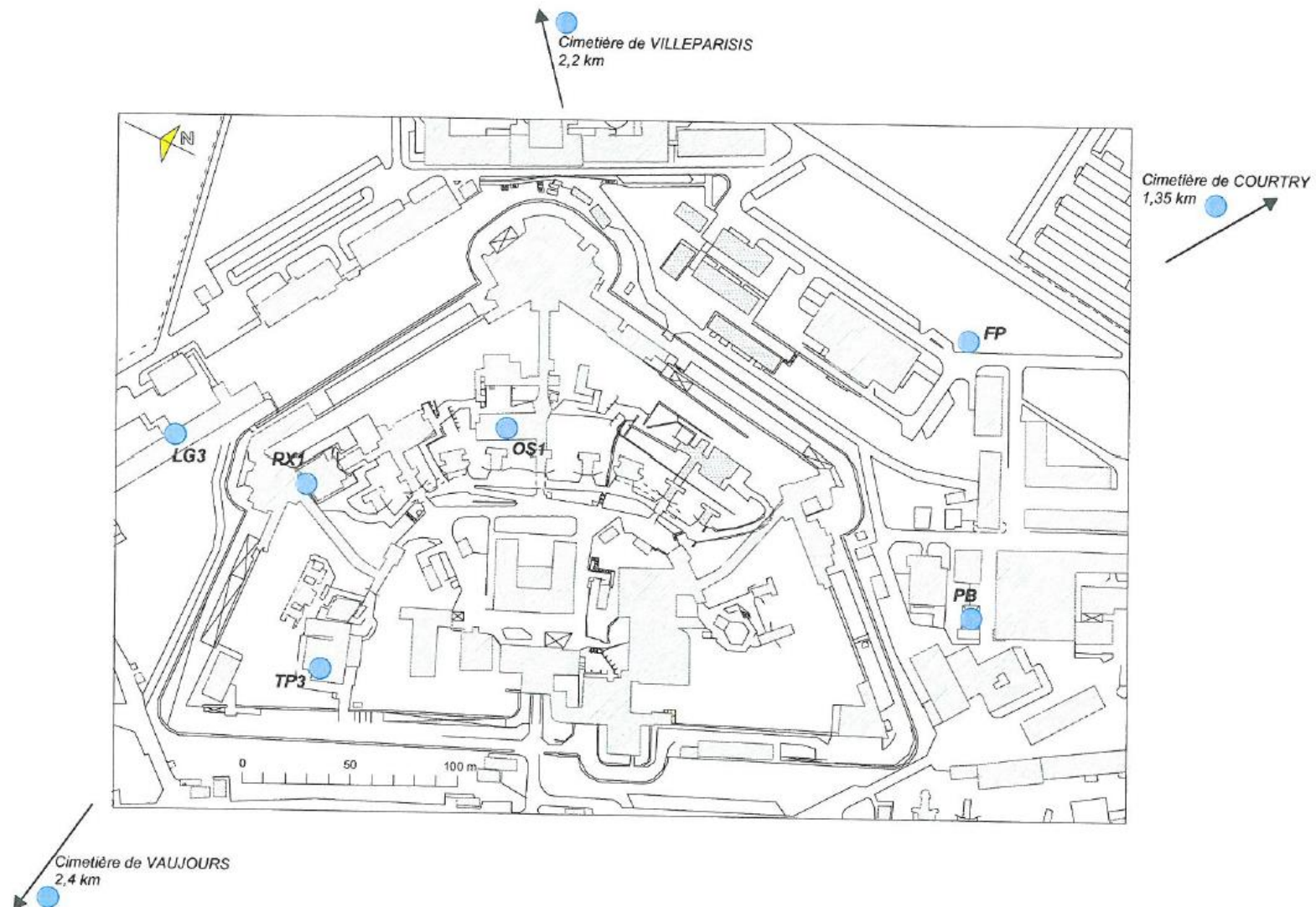
ANNEXE 18

Photo aérienne de RX3 dans les années 60



ANNEXE 19

Localisation des prélèvements de mousse



ANNEXE 20

Procédure de contrôle radiologique des postes de tirs

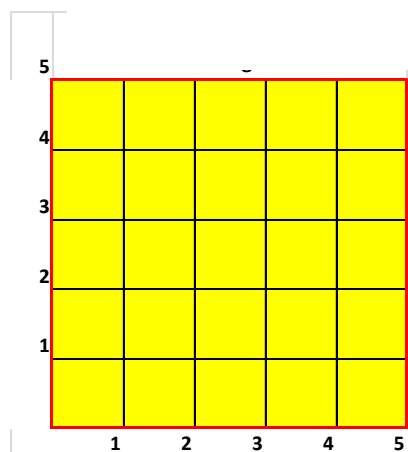
Contrôles radiologiques des postes de tir

1.1 Maillage

Un carroyage de la casemate est réalisé selon une maille de 1x1 m² et l'on se donne comme objectif de contrôler 100% de la surface y compris le plafond par un balayage manuel (sonde de grande surface comme indiqué au chapitre 7).

Les mailles seront physiquement repérées in situ. Chaque maille élémentaire est repérée par un caractère alphanumérique : A,B,C... en abscisses ; 1,2,3,... en ordonnées.

100 % des surfaces doivent être contrôlées.
Un exemple est donné ci-dessous.



Synthèse des carroyages

Le nombre de maille à contrôler est fonction de la nature de la zone considérée. Dans le document il est prévu un carroyage de 1, 10, 100 et 1000 m² selon les cas. Pour le contrôle spécifique des casemates, on produira un tableau dans lequel seront reportées les informations suivantes :

Local	Structure	Surface totale (m ²)	Catégorie	% de surface à contrôler	Surface d'une maille en m ²	Nombre de mailles mesurées
Casemate XX	Sol			100%		
	Mur			100%		
	Plafond			100%		
SOMME		m ²				

1.2 Méthodologie de mesures radiologiques

1.1.1. Type de matériel utilisé

Le contaminamètre utilisé est de type LB 124 de 300 cm² ou équivalent et le débitmètre utilisé est de type FH40 ou équivalent (voir chapitre 7 Les contrôles et le suivi radiologique).

1.1.2. Protocole de mesures de Bruit De Fond

Des mesures de bruit de fond (BDF) sont réalisées à différents endroits dans un local afin qu'ils soient représentatifs de l'ambiance où est réalisée la mesure. Une plaque de polyéthylène de 5 mm d'épaisseur (correspondant au parcours d'un béta de 1 MeV dans le plexiglas) est mise en place sous le détecteur du contaminamètre.

1.1.3. Protocole de mesures directes de contamination

La limite de détection est déterminée suivant la formule de la norme NF EN 60325 :

$$LD = \frac{R_n}{\varepsilon_i \times \varepsilon_s \times W} \quad \text{Avec} \quad R_n = (k_{1-\alpha} + k_{1-\beta}) \sqrt{R_o \left(\frac{1}{t_m} + \frac{1}{t_{bdf}} \right)}$$

Où :

LD	est la limite de détection (en Bq/cm ²).
R_n	est le taux de comptage net à la limite de détection LD (en c/s).
k_{1-α}	est la quantile de la loi normale pour un risque d'erreur de première espèce (=1.645).
k_{1-β}	est la quantile de la loi normale pour un risque d'erreur de deuxième espèce (=1.645).
R₀	est le taux de comptage du bruit de fond.
t_{bdf}	est le temps de comptage du bruit de fond (en s).
t_m	est le temps de comptage lors de la mesure (en s).
ε_i	est le rendement de détection du contaminamètre.
ε_s	est le rendement de la source de contamination.
W	est la surface de détection du contaminamètre (en cm ²).

L'équipement doit être adapté afin de pouvoir d'atteindre une limite de détection compatible avec les exigences de la mesure (0,4 Bq/cm²) ce qui est le cas des équipements proposés (voir Chapitre 7 Les contrôles et le suivi radiologique).

La maille est entièrement mesurée à l'aide d'un contaminamètre. Tous les points de mesures de la maille sont reportés sur un PV. Une mesure de référence est réalisée et notée avec son bruit de fond associé dans un tableau schématisant le maillage de la surface cartographiée.

En cas de détection de contamination, l'activité surfacique est déterminée suivant la formule suivante (d'après la norme ISO 7503-1) :

$$As = \frac{n - n_{bdf}}{\varepsilon_i \times W \times \varepsilon_s}$$

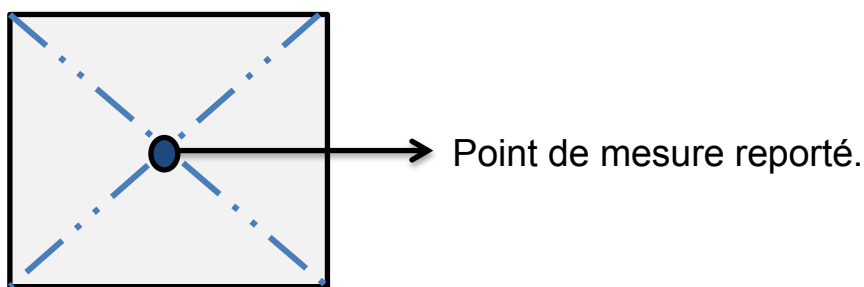
Où :

n	est le taux de comptage brut en c/s
n_{bdf}	est le taux de comptage du bruit de fond en c/s
ε_i	est le rendement sur 2π de l'appareil
W	est la surface de détection de l'appareil en cm ²
ε_s	est le rendement de source

Remarques pour les contrôles sur des mailles de 10, 100 et 1000m²

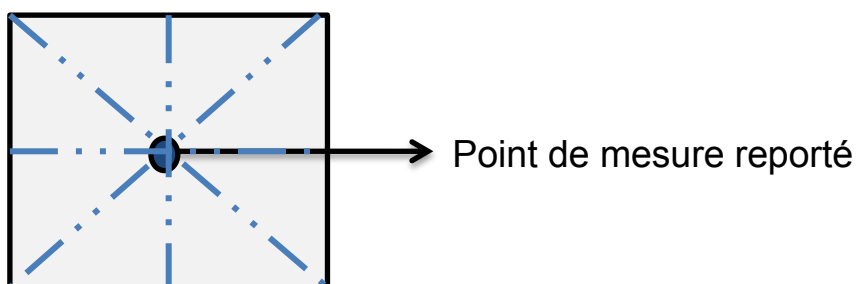
La méthodologie reste la même. Toutefois, il n'est pas possible de contrôler 100% de chaque maille. Il est possible alors soit de contrôler un certain nombre de mailles de manière exhaustive et choisies selon un critère statistique. Soit, contrôler systématiquement chaque maille en y associant un nombre de points de contrôle par maille. Cette seconde solution a été retenue.

- a) Pour 10 m² : la mesure sera reportée pour une valeur au centre de la maille à 10 cm. L'opérateur fera un contrôle en « 8 » pour balayer la maille.
- b) Pour 100 m² (contrôle de sol) : la mesure sera reportée pour une valeur au centre de la maille à 10 cm. L'opérateur fera ensuite un contrôle en « X » en balayant la zone, par mouvement de balancier, avec une sonde par exemple tenue au bout d'un câble. Il se déplacera sur les deux diagonales de la maille (voir figure ci-dessous).



Contrôle en X (maille de 100m²)

- c) Pour 1000 m² (contrôle de sols) : la mesure sera reportée pour une valeur au centre de la maille à 10 cm. L'opérateur fera ensuite un contrôle en « X » en balayant la zone par mouvement de balancier, avec une sonde par exemple tenue au bout d'un câble. Il se déplacera, en marchant à vitesse réduite, sur les diagonales et médianes de la maille.



Contrôle en X (maille de

ANNEXE 21

Pénétration d'un éclat d'uranium dans du béton

Pénétration d'un éclat d'uranium dans du béton

1. Préliminaire

Lors d'une expérimentation pyrotechnique, des pare-éclats sont disposés dans le poste de tirs et sont destinés à absorber les fragments émis. Les pénétrations associées à ces fragments vont dépendre de la vitesse, de l'angle d'incidence mais aussi des éventuels « rebonds ».

Le retour d'expérience des expérimentateurs révèle que la pénétration des fragments de petites tailles est inférieure au centimètre. A titre conservatif, la valeur d'écroutage proposée dans le dossier de sûreté a été proposée à 3 cm. L'étude présentée ci-dessous a pour objet de justifier ces valeurs.

2. Modélisation

La figure ci-contre évalue la pénétration en fonction de la masse et de la vitesse initiale du fragment. Elle utilise les formules empiriques du TM5-855-1⁽¹⁾ (1986) et du UFC 3-340-02⁽²⁾ (2008) particulièrement adaptées au cas présent:

$$X = \frac{1.36 W_f^{0.37} V_{sf}^{0.9}}{f_c^{0.25}} \quad \text{si} \quad X \leq 1.4 W_f^{0.33}$$
$$X = \frac{0.663 W_f^{0.4} V_{sf}^{1.8}}{f_c^{0.5}} + 0.695 W_f^{0.33} \quad \text{si} \quad X > 1.4 W_f^{0.33}$$

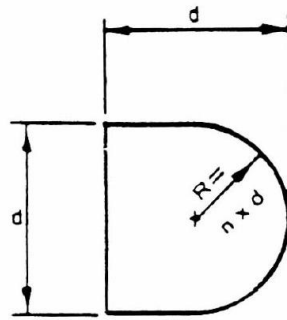
avec X = la profondeur de pénétration en inch

W_f = la masse du fragment en oz

V_{sf} = vitesse d'impact du fragment en 10^3 fps

f_c = résistance du béton en kps

Pour le calcul de pénétration, le fragment est supposé être indéformable, cylindrique avec un nez hémisphérique ce qui est un facteur majorant :



Primary fragment shape (TM 5-855-1, 1986)

Hypothèses de calcul

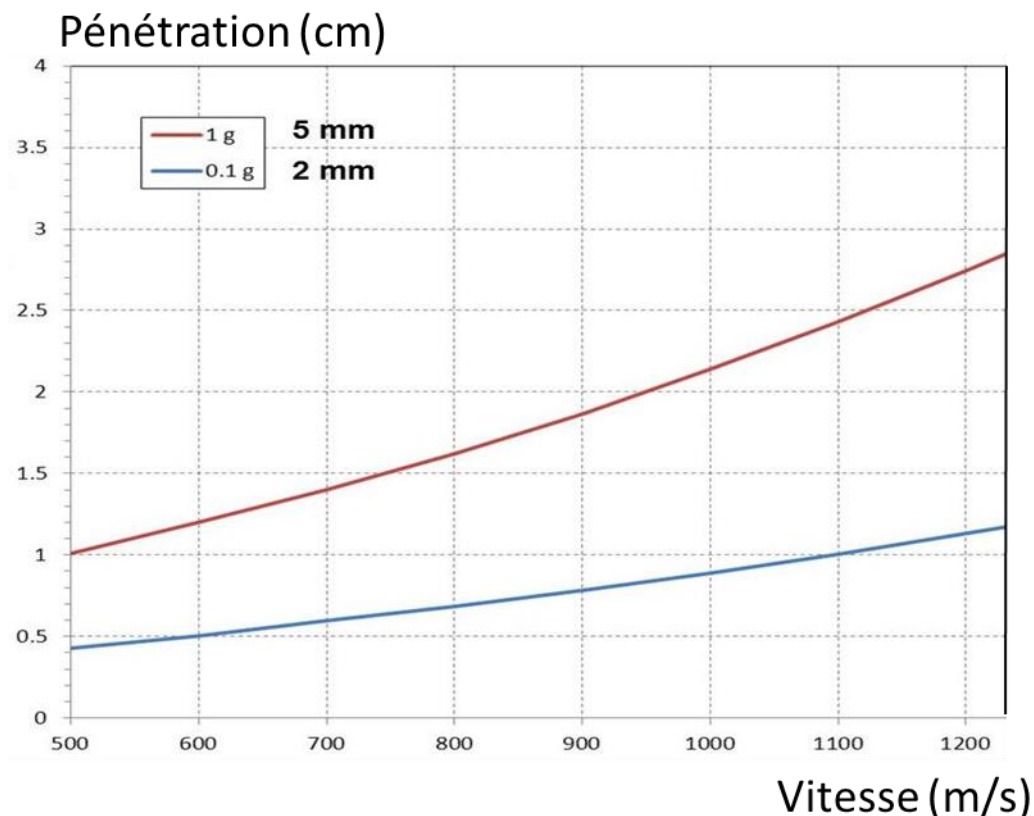
- Les calculs ont été menés pour deux fragments sphériques de diamètre 2 et 5 mm ;
- Le domaine de variation des vitesses est de 500 à 1200 m/s (gamme de vitesse type pour le vol d'éclats en détonique);
- Pour un mur en béton «standard», la résistance à la compression considérée est de 40MPa (la valeur communément utilisée en génie civil). Il constitue un équivalent réaliste d'un mur de pierre ;
- Les courbes sont établies pour une attaque directe à 90° ce qui constitue un majorant à eux titres : d'une part, dans le cas des expérimentations, le pare-éclat absorbe les projections et réduit fortement la vitesse d'impact et d'autre part, la profondeur de pénétration diminue en fonction du cosinus de l'angle d'incidence ;
- S'il y a un «rebond» du fragment, on considère généralement que la vitesse initiale est réduite de moitié. Une vitesse de l'ordre de 1000 m/s constitue une valeur de référence majorante pour ces évaluations ;
- Le fait de prendre un fragment de forme sphérique est également un majorant. Une forme oblongue réduirait la pénétration de l'ordre de 20%. La modélisation d'un tel fragment serait complexe ;
- Enfin, on suppose dans ces évaluations que le matériau ne se déforme pas lors de la pénétration ce qui constitue également un facteur majorant pour la profondeur de pénétration.

Référence

(1) Technical Manual TM5-855-1 «Fundamentals of protective design for conventional weapons» Headquarters, Department of the Army 1986.

- (2) Unified Facilities Criteria UFC 3-340-02 « Structures to resist the effects of accidental explosions» Department of Defense (DoD) 2008.
- (3) Constitutive equations for engineering materials Chen Saleeb, J Wiley Pub. 1982 (limite d'écoulement élastoplastique du béton à $4,810^7$ Pa).

La figure ci-dessous représente la pénétration (en mm) d'un fragment d'uranium de masse 0.1 et 1 g (soit une sphère de diamètre 2 et 5 mm) sur une gamme de vitesses allant de 500 à 1200 m/s impactant un béton « ordinaire » de résistance à la compression de 40 MPa (incidence 90°).



Conclusions

La pénétration d'un fragment modélisé par une sphère d'uranium de 2 et 5 mm de diamètre dans un mur de béton « ordinaire » pour un ensemble de conditions les plus pénalisantes (une valeur de vitesse de l'ordre de 1000m/s, une incidence normale à 90°, la forme la plus pénétrante et un fragment indéformable) se situe respectivement entre 0,8 et 2,2cm. Les fragments susceptibles d'avoir subi une ou plusieurs réflexions atteignent de fait des valeurs de vitesse bien moindres ainsi qu'un angle d'attaque inférieur à 90°. De ce fait leur profondeur de pénétration sont très inférieures aux valeurs indiquées.

ANNEXE 22

**Extrait du rapport Campagne de mesures gamma
effectuées sur le site CEA de VAUJOURS par le dispositif
AUTONUC**



COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
DAM
DIRECTION DES APPLICATIONS MILITAIRES

CEA/DAM - ILE DE FRANCE
DEPARTEMENT ANALYSE ET SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT
SERVICE RADIOANALYSES, CHIMIE ET ENVIRONNEMENT
LABORATOIRE MESURES SOL ET AEROPORTEES



Rapport MSA paru le 26 juin 2002

Liste des participants à la mission :

Rédacteur	Vérificateur	Approbateur

Sommaire

SOMMAIRE	2
1. INTRODUCTION.....	3
2. PRÉSENTATION DU SYSTÈME DE MESURE AUTONUC.....	3
3. RÉALISATION DES MESURES.....	4
4. TRAITEMENT DES MESURES	4
4.1. MESURES BRUTES.....	4
4.2. ANALYSE SPECTRALE DES MESURES NAL.....	5
4.3. ANALYSE SPECTRALE DES MESURES GE	5
5. RÉSULTATS.....	5
5.1. COMPTAGE GAMMA TOTAL.....	5
5.2. RECHERCHE DES RADIONUCLÉIDES PRÉSENTS À PARTIR DES MESURES GERMANIUM	5
5.3. CARTOGRAPHIE GAMMA DES RADIONUCLÉIDES DÉTECTÉS	6
1.1.1. Activité ^{40}K	6
1.1.2. Activité ^{214}Bi	6
1.1.3. Recherche de ^{226}Ra du à un apport anthropique.....	6
1.1.4. Activité ^{232}Th	7
1.1.5. Activité ^{137}Cs	8
6. CONCLUSION	8

1. Introduction

A la suite de la réunion de la Commission de Suivi qui s'est tenue le 11 mars 2002 à Vaujours en présence des Préfets de la Seine et Marne et de la Seine Saint Denis, il a été décidé d'effectuer un contrôle des voies de circulation accessibles à des camions, à l'intérieur du Centre CEA de Vaujours, au moyen du dispositif de cartographie gamma embarqué à bord d'un véhicule tout terrain ("AUTONUC"). Ce système permet d'effectuer un contrôle de la radioactivité présente dans la couche la plus superficielle des sols. Il est destiné à s'assurer qu'il n'existe plus de débris radioactifs disséminés, du type de ceux trouvés auparavant sur la pelouse, en bordure de route, en face de l'ancienne cantine du Centre (débris de sources d'un paratonnerre au ^{226}Ra).

Il vient en complément des campagnes de vérification ("scanning gamma") réalisées au mois d'avril 2001 par Subatech et la CRII-Rad.

Les modalités de ce contrôle [1] ont été approuvées lors de la réunion du Groupe technique restreint qui s'est tenue le 12 avril 2002 dans les locaux de la DRIRE, à Savigny-le-Temple.

2. Présentation du système de mesure AUTONUC

Le dispositif "AUTONUC" de cartographie gamma embarqué à bord d'un véhicule tout terrain a été développé par le CEA depuis 1997. Les détecteurs et les instrumentations associées sont installés à bord du véhicule. Opérant à 1,2 mètre du sol, ce dispositif est bien plus sensible que le système hélicoptère "HELINUC" aux surfaces actives de petite dimension. La maille élémentaire de mesure AUTONUC est de l'ordre 500 m² contre 50000 m² pour HELINUC. Il permet ainsi de repérer d'éventuelles sources radioactives "ponctuelles" et de déterminer, dans le cas d'une source étendue, la radioactivité surfacique d'origine naturelle ou artificielle.

Le système de mesure gamma est composé d'un détecteur d'iodure de sodium composé de 4 cristaux d'un volume total de 16 litres et d'un détecteur germanium d'un volume de 0,3 litre. Ces deux détecteurs assurent respectivement au dispositif une grande sensibilité et un bon pouvoir d'identification des radionucléides présents. Toutes les deux secondes, un spectre provenant de chaque détecteur est enregistré accompagné de la position du véhicule fournie par un récepteur GPS (Global Positioning System).



Un traitement en temps réel des mesures permet de détecter rapidement les anomalies radiologiques majeures. Les données enregistrées sur un support magnétique sont ensuite analysées en détail à l'issue des mesures.

La procédure utilisée consiste en deux passages sur chaque voie de circulation (un passage sur chaque côté de la voie). La vitesse de mesure est comprise entre 3 et 10 m/s (de 10 à 36 km/h). Sur les aires planes (voies de

stationnement, places, pelouses, ...), le maillage est adapté en fonction des sensibilités demandées. L'écart entre deux profils est compris entre 5 et 8 mètres.

3. Réalisation des mesures

Les opérations sur le terrain se sont déroulées sur deux jours (23 et 24 avril). Trois personnes du CEA ont participé les deux jours aux mesures : Ludovic GUILLOT, Dominique MARCHAND et Jean-Claude MILLIES-LACROIX. Les représentants des Associations ont assisté et participé aux reconnaissances : Jacques KALKOTOURIAN (le 23/04), Claude AUBAYLE et Edmond KINDT (le 24/04).

L'ensemble des voies de circulation ainsi que les espaces verts permettant le passage du véhicule ont été couverts. Le trajet détaillé est présenté sur la Figure 1.

La première journée a été essentiellement consacrée aux contrôles des routes à l'intérieur de l'ancien Centre CEA de Vaujours. La deuxième journée a été employée aux contrôles des aires "planes" (pelouses, aires de stationnement, ...). Au total, une quarantaine de kilomètres ont été parcourus avec le dispositif AUTONUC (75 % pour le contrôle des routes, 25 % pour celui des aires planes).

Ainsi, conformément au programme, la quasi-totalité des routes et des aires ont été inspectées, à l'exception des voies ou zones inaccessibles suivantes :

- . 200 mètres environ de voies de circulation situées à l'est de la Redoute Nord, inaccessibles même à pied (elles n'avaient déjà pas pu être contrôlées par SUBATECH lors de leur scanning gamma en avril - mai 2001).
- . trois zones, d'une surface totale d'environ un demi hectare, situées à l'est du Centre ; ces zones sont à l'emplacement d'anciennes installations sportives (cours de tennis, ...).

Bien que non prévu, la partie asséchée des douves entourant le Fort Central a été inspectée (environ 75 % des douves), de même que l'intérieur du Fort Central (à proximité de l'entrée) situé en dehors de la Zone Contrôlée, d'accès limité, liée aux travaux d'assainissement.

4. Traitement des mesures

L'interprétation des mesures a pour but de mettre en évidence tout ajout de radioactivité au bruit de fond d'origine naturelle. Lorsqu'une contribution artificielle est mise en évidence, le radionucléide doit être identifié et son abondance calculée. Les paragraphes suivants ont pour but d'explicitier les méthodes d'interprétation qualitatives et quantitatives mises en œuvre pour tirer le meilleur parti des données acquises.

On commence toujours par effectuer le bilan des activités naturelles présentes sur le site : potassium, famille uranium et famille thorium. En connaissant les variations du fond d'origine naturelle, on met alors en évidence de façon plus fiable les contributions d'origine anthropique.

Deux niveaux d'interprétation différents sont fournis : mesures brutes et interprétations quantitatives des radionucléides détectés.

4.1. Mesures brutes

La première étape du dépouillement consiste à examiner les variations du comptage total, tous radionucléides confondus. Le traitement des mesures débute donc par la cartographie du comptage intégré entre 40 et 2800 keV pour le détecteur NaI et entre 40 et 2000 keV pour le détecteur germanium. Les mesures sont exprimées en coups par seconde. D'une façon générale, l'examen de cette cartographie permet de déterminer très rapidement la présence d'anomalies notables vis-à-vis du fond radiologique.

4.2. Analyse spectrale des mesures NaI

L'identification puis l'estimation de l'abondance des radionucléides présents à la surface ou dans le sol sont effectuées à partir des pics d'absorption totale correspondant aux raies d'émission majeures de ces radionucléides. Or les mesures aéroportées se singularisent par une statistique de comptage très pauvre et par des détecteurs constitués d'iodure de sodium de résolution médiocre. Pour extraire ces pics du spectre brut, un algorithme de détection et de calcul des pics d'absorption adapté à ces caractéristiques a été développé [2]. Cette méthode est particulièrement bien adaptée lorsque le fond de diffusion varie peu vis-à-vis du pic à mettre en évidence. Elle est utilisée pour calculer les concentrations naturelles présentes dans les sols : potassium, uranium et thorium. Le potassium est caractérisé par son pic à 1461 keV, alors que l'uranium et le thorium sont respectivement mis en évidence à partir des pics à 1764 keV et 2615 keV de leurs descendants.

Ce traitement a la particularité de ne pas nécessiter d'hypothèse sur le nombre ou la nature des radionucléides présents. Une détection des radionucléides possédant des raies d'émission sur toute la gamme énergétique de mesure (20 à 2800 keV) est alors possible au contraire de la méthode par déconvolution spectrale.

4.3. Analyse spectrale des mesures Ge

Le germanium a été utilisé pour préciser la nature des radionucléides présents sur le site au travers de l'examen du spectre somme de l'ensemble des mesures enregistrées.

Une confirmation de la répartition spatiale de ^{214}Bi (descendant de ^{238}U) a également été obtenue. Pour cela, des cartographies représentatives de l'évolution du comptage dans une fenêtre énergétique centrée sur le pic à 609 keV a ont été élaborées.

5. Résultats

5.1. Comptage gamma total

La carte présentant le comptage gamma total mesuré par spectrométrie gamma NaI (de 40 keV à 2800 keV) est donnée sur la Figure 2. Elle est représentative de la totalité du rayonnement gamma vu par les détecteurs. Ce rayonnement est essentiellement d'origine naturelle : rayonnement cosmique, chaînes naturelles de ^{232}Th , ^{238}U et ^{235}U , et potassium 40 (^{40}K). Une très faible composante artificielle, principalement due aux retombées mondiales des anciennes expérimentations nucléaires atmosphériques et à l'accident de Tchernobyl, vient s'ajouter à ce rayonnement naturel.

Les comptages enregistrés, compris entre 1800 et 5200 c/s, sont conformes aux comptages habituellement mesurés en Ile de France. Les routes se traduisent par une émission gamma comprise entre 1800 et 4000 c/s. L'émission des espaces verts est comprise entre 4000 et 5200 c/s. Aucune source d'émission ponctuelle n'est mise en évidence par l'analyse du comptage gamma total du détecteur NaI.

La carte présentant le comptage gamma total mesuré par spectrométrie gamma Ge (de 40 keV à 2000 keV) est présentée sur la Figure 3. Cette carte est en parfait accord avec les variations de comptages constatées à partir des mesures NaI.

Les niveaux d'activité mesurés sur les routes inférieurs à ceux des espaces verts peuvent être expliqués notamment par la nature des matériaux utilisés pour le substrat (généralement du sable compacté) et le revêtement des routes et des trottoirs, de radioactivité plus faible.

5.2. Recherche des radionucléides présents à partir des mesures germanium

L'examen du spectre germanium constitué par la somme des mesures enregistrées pendant le contrôle AUTONUC permet de connaître avec précision la nature des radionucléides présents sur le site dans une proportion significative des mesures. Ce spectre est présenté en Figure 4.

Outre les trois familles naturelles (^{40}K , ^{238}U et ^{232}Th) et les descendants, le seul radionucléide d'origine anthropique détectable est le ^{137}Cs dont la raie gamma apparaît à 662 keV.

5.3. Cartographie gamma des radionucléides détectés

A partir de la déconvolution des principales raies gamma émises par des radionucléides recherchés, il est possible d'établir des cartes spécifiques à une famille radioactive ou à un radionucléide émetteur gamma. C'est ainsi que sont données dans les paragraphes suivants les cartes d'activité en ^{40}K , ^{214}Bi (représentatif du ^{238}U) et ^{232}Th .

1.1.1. Activité ^{40}K

La Figure 5 présente l'activité ^{40}K mesurée par spectrométrie gamma NaI. Les activités, comprises entre 10 et 180 Bq/kg, sont conformes aux valeurs couramment mesurées en Ile de France. Comme la cartographie du comptage gamma total l'avait déjà montré, les activités les plus faibles sont observées sur les voies de circulation, alors que les activités les plus importantes sont mesurées sur les espaces verts. On peut rappeler que les activités en ^{40}K , mesurées sur 74 échantillons de sol prélevés en juin et juillet 2001 [3], principalement à l'intérieur du Fort central, étaient comprises entre 70 et 520 Bq/kg, avec une valeur moyenne de (314 ± 117) Bq/kg.

L'activité des espaces verts est d'une façon générale deux fois supérieure à celle des routes et explique en partie les différences de comptage observées pour le comptage total.

1.1.2. Activité ^{214}Bi

La Figure 6 présente l'activité ^{214}Bi mesurée par spectrométrie gamma NaI. Cette carte est représentative de ^{238}U naturel à l'équilibre séculaire dans les sols mais peut également révéler la présence éventuelle de ^{226}Ra d'origine anthropique. Les activités ^{214}Bi (comprises entre 5 et 40 Bq/kg) sont conformes aux valeurs couramment mesurées en Ile de France.

Les activités ^{214}Bi , mesurées sur 74 échantillons de sol prélevés en juin et juillet 2001, étaient comprises entre 10 et 60 Bq/kg, avec une valeur moyenne de $(35,5 \pm 9,9)$ Bq/kg.

Comme dans le cas du ^{40}K , les activités observées sur les espaces verts sont un peu plus élevées, ce qui explique en partie les différences de comptage observées pour le comptage total. Toutefois, la différence d'activité entre les routes et les espaces verts est beaucoup plus réduite. La Figure 7 présentant l'activité ^{214}Bi mesurée par spectrométrie gamma Ge confirme également les faibles gradients mis en évidence par les mesures NaI.

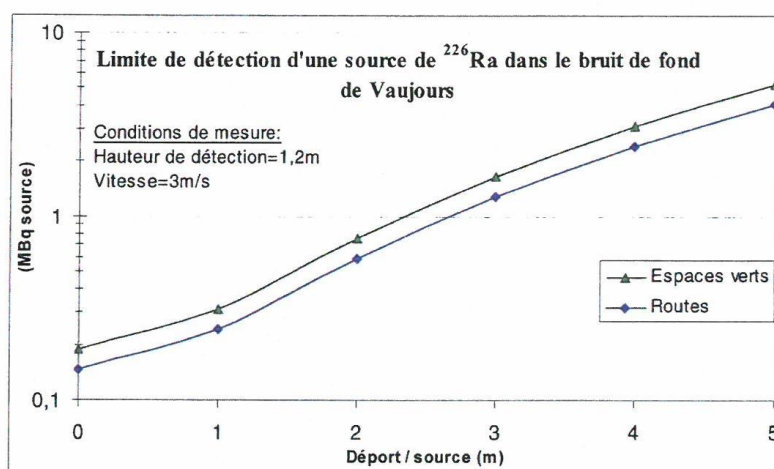
1.1.3. Recherche de ^{226}Ra du à un apport anthropique

En raison de l'hétérogénéité de la radioactivité naturelle en ^{214}Bi sur le site, deux limites de détection d'une source ponctuelle anormale de ^{226}Ra peuvent être définies, l'une pour les routes et l'autre pour les espaces verts. Dans ce contexte de mesures dans un fond radioactif variable, la limite de détection d'une anomalie radiologique a été définie à deux fois l'intensité maximale des variations d'activité du ^{214}Bi sur le site. Ce calcul a été effectué de façon autonome pour les routes et les espaces verts en raison de la dynamique d'activités différente. Le Tableau 1 présente les résultats obtenus. Sur les routes une anomalie sera détectée si elle génère un comptage global de 59 c/s ($21+38$ c/s), soit approximativement trois fois le comptage moyen observé, alors qu'elle devra atteindre 80 c/s ($30+50$ c/s) sur les espaces verts.

Tableau 1 : Limites de détection d'une source ponctuelle de ^{226}Ra sur les routes ou les espaces verts du site de Vaujours.

	Activité moyenne	Comptage moyen observé ^{214}Bi	Comptage maximal observé ^{214}Bi	Comptage global correspondant à la limite de détection	Limite de détection d'une source ponctuelle ^{226}Ra
Routes	15 Bq/kg	21 c/s	40 c/s	59 c/s	38 c/s
Espaces verts	22 Bq/kg	30 c/s	55 c/s	80 c/s	50 c/s

La limite de détection d'une source ponctuelle de ^{226}Ra susceptible de générer ces comptages est présentée sur la figure suivante.



Limite de détection d'une source de ^{226}Ra superposée au fond naturel ^{238}U .

La limite de détection d'une source ponctuelle de ^{226}Ra est de l'ordre de 0,2 MBq pour une source située dans l'axe de détection des détecteurs. La sensibilité de détection est plus favorable en bordure de route que sur les espaces verts. Elle diminue avec l'éloignement de la source. Les mesures ayant été effectuées avec un dépôt maximal entre deux profils de mesures de 8 mètres, on peut affirmer qu'une source d'activité supérieure à 2,4 MBq sur les routes et à 3,1 MBq sur les espaces verts aurait été détectée. On peut rappeler que le débris de paratonnerre (activité de 10 MBq), trouvé sur la pelouse lors de la campagne de détection de terrain en avril - mai 2001, aurait été détecté sans problèmes, même si il n'avait pas été situé en bordure de route.

L'analyse des cartographies NaI et Ge présentées en Figure 6 et Figure 7 ne met pas en évidence de gradients locaux d'activité significatifs qui pourraient traduire la présence d'autres sources ponctuelles de ^{226}Ra .

1.1.4. Activité ^{232}Th

La Figure 8 présente l'activité ^{232}Th basée sur la mesure de la raie à 2615 keV de ^{208}Tl mesurée par spectrométrie gamma NaI. Les activités, comprises entre 1 et 18 Bq/kg, sont conformes aux valeurs couramment mesurées en Ile de France.

Les activités ^{232}Th , mesurées sur 74 échantillons de sol prélevés en juin et juillet 2001, étaient comprises entre 10 et 40 Bq/kg, avec une valeur moyenne de $23,8 \pm 7,2$ Bq/kg.

Les niveaux d'activité des espaces verts sont d'une façon générale deux fois supérieurs à ceux des routes. Les contributions en ^{40}K (voir la Figure 5), en ^{214}Bi (voir la Figure 6) et en ^{232}Th (voir la Figure 8) plus importantes sur les espaces verts que sur les voies de circulation expliquent parfaitement les différences de comptage observées sur la cartographie du comptage gamma total donnée en Figure 2.

1.1.5. Activité ^{137}Cs

Les dépôts de césium mesurés en Ile de France proviennent pour la plus grande part des retombées des essais atmosphériques effectués dans les années 60 et dans une moindre mesure des retombées de l'accident de Tchernobyl (1986). Ces dépôts se trouvent généralement localisés dans les premiers centimètres du sol avec des écarts de distribution verticale selon la nature géologique du sol ou le revêtement recouvrant celui-ci. Pour permettre une comparaison simple des activités mesurées en divers lieux, celle-ci sera exprimée en équivalent surfacique (Bq/m²). On représente ainsi l'activité apparente en césium. La Figure 9 présente l'activité ^{137}Cs mesurée par spectrométrie gamma NaI.

L'activité ^{137}Cs mesurée varie entre 0 et 3500 kBq/m². L'activité est supérieure sur les espaces verts où les dépôts se sont fixés. Sur les routes, le césium déposé a été lessivé et ne peut être détecté que dans des proportions inférieures à 1 kBq/m². Ces valeurs sont très faibles et proches des limites de détection de notre système.

6. Conclusion

Les voies de circulation et les espaces verts de l'ancien Centre CEA de Vaujours ont été mesurés avec le dispositif "AUTONUC". Aucune anomalie radiologique, en particulier du type débris de paratonnerre au ^{226}Ra , n'a été détectée. La limite de détection d'une source ponctuelle de ^{226}Ra qui aurait été perdue sur le bord d'une route, sur une aire de stationnement ou sur une pelouse est de l'ordre de 0,2 MBq dans les conditions les plus favorables (source proche des détecteurs). Dans les conditions extrêmes les plus défavorables (source à 4 mètres des détecteurs), toute source d'activité supérieure à 2,4 MBq en bordure de route et à 3,1 MBq sur les espaces verts aurait été détectée.

Références

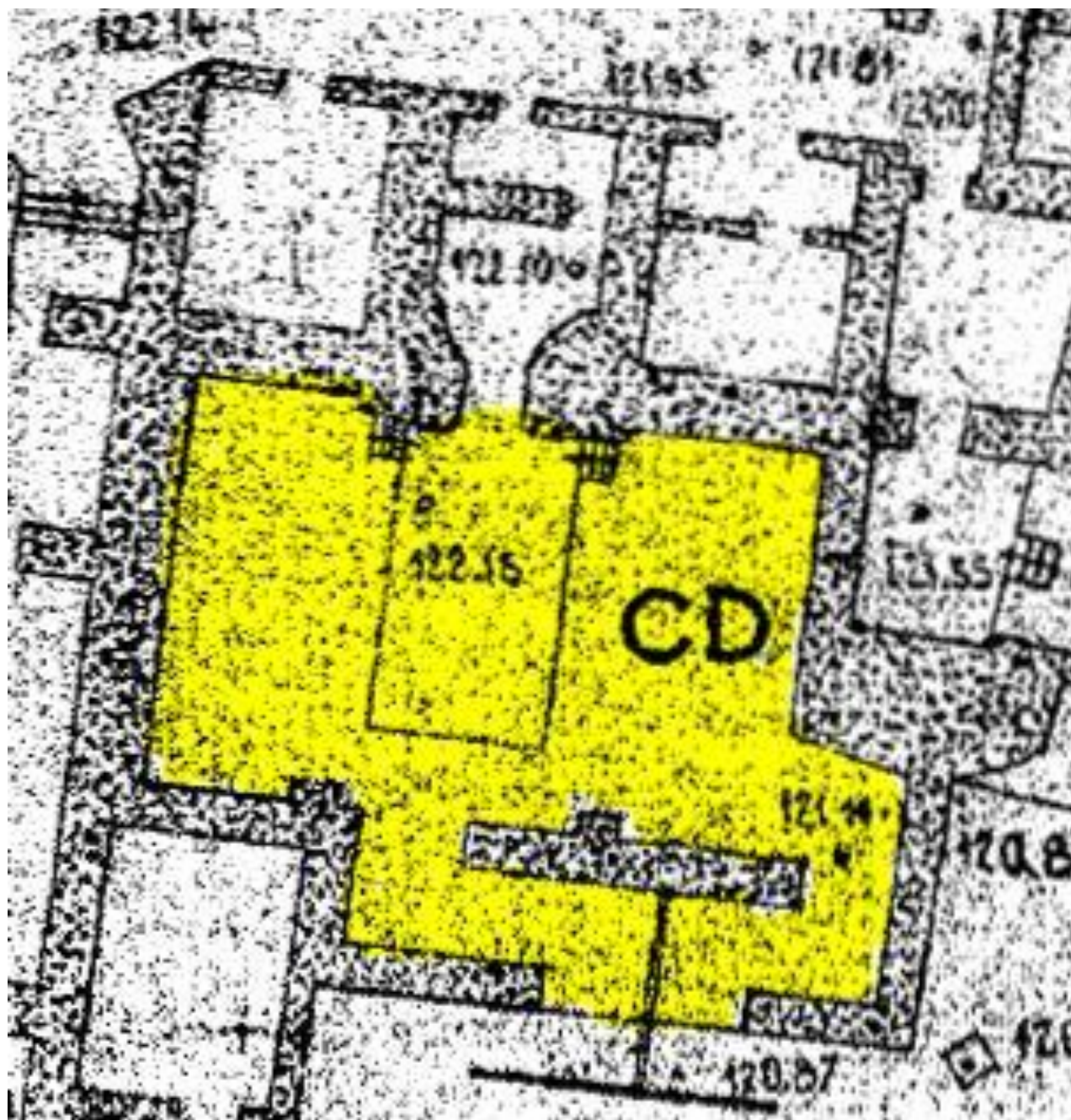
- [1] Cartographie gamma sur les routes du site de Vaujours à l'aide d'un dispositif de cartographie gamma embarqué à bord d'un véhicule tout terrain (AUTONUC).
Fiche distribuée et entérinée lors de la réunion du Groupe technique restreint, le 12 avril 2002 dans les locaux de la DRIRE à Savigny le Temple.
- [2] GUILLOT, L., (1996). Spectrométrie gamma aéroportée : Etude de nouvelles méthodes de traitement spectral et de calibration permettant une interprétation qualitative et quantitative des mesures. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, France.
- [3] Radioactivité des sols du Centre de Vaujours prélevés en juin et juillet 2001.
Rapport technique CEA/DIF/DASE/SRCE DO 567 du 22/11/01.



Figure 1 : Trajectoires effectuées sur le site de Vaujours par le véhicule de mesure gamma AUTONUC.

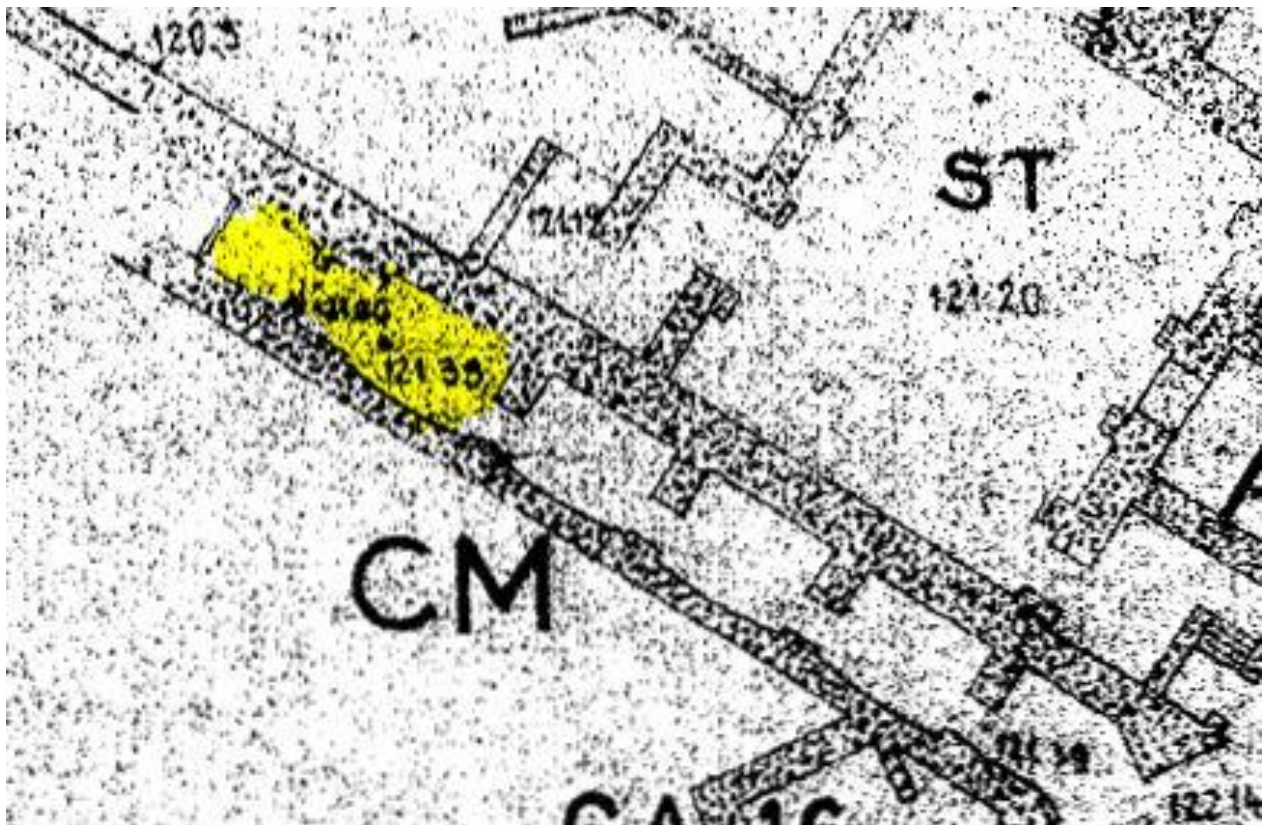
ANNEXE 23

Plan de la casemate CD



ANNEXE 24

Plan de la casemate CM



ANNEXE 25

Plan de la casemate OS1-OS2



ANNEXE 26

Plan de la casemate PH

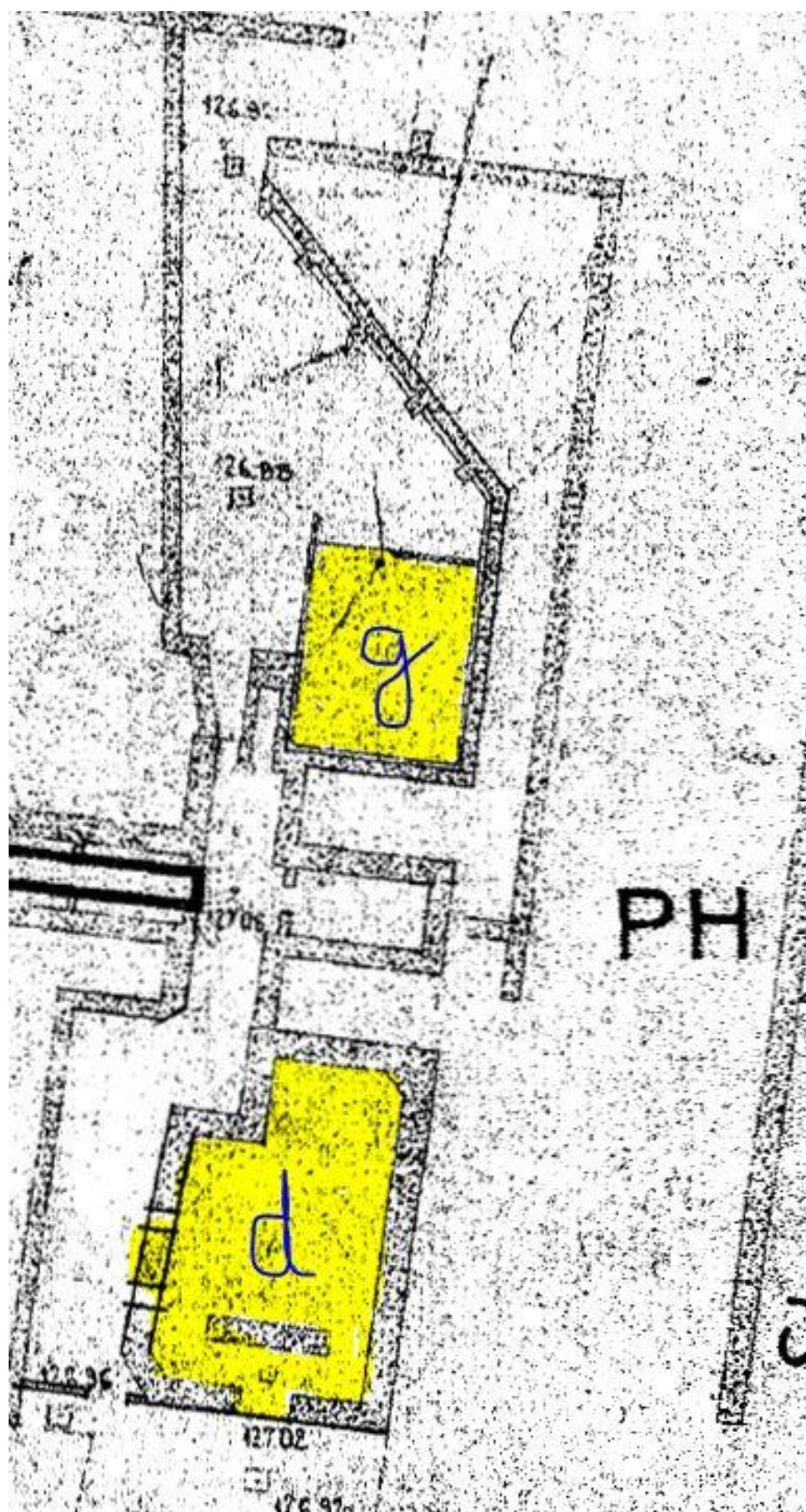
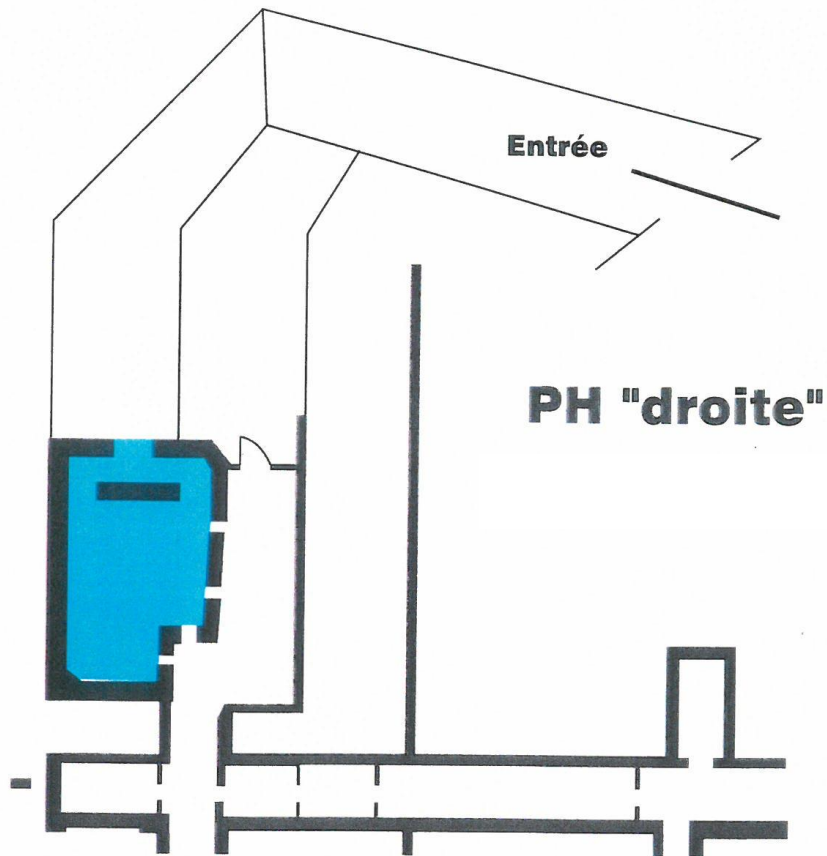
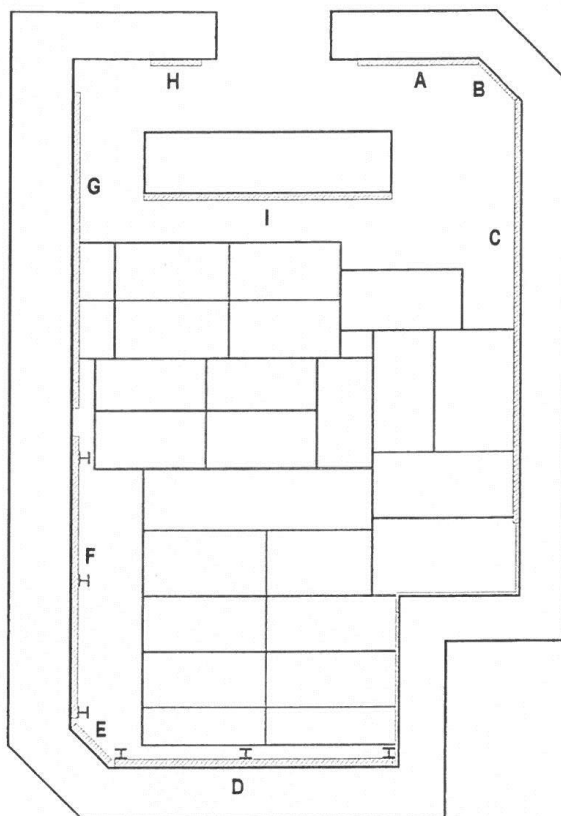


Figure 5



VUE EN PLAN



SALVAREM
 Parc des Algorithmes - Immeuble EPICURE
 91194 GIF SUR YVETTE CEDEX
 Tél : 01.69.33.20.60 Fax : 01.60.19.00.18

N° d'affaire : 904.96.010

N° du plan : 01
 Indice :

Dessiné par : TEYSSIERAS. A

Vérifié par : VILLET. G

Approuvé par :

Date : 26/03/1997

Echelle :

Client ou sous-traitant :

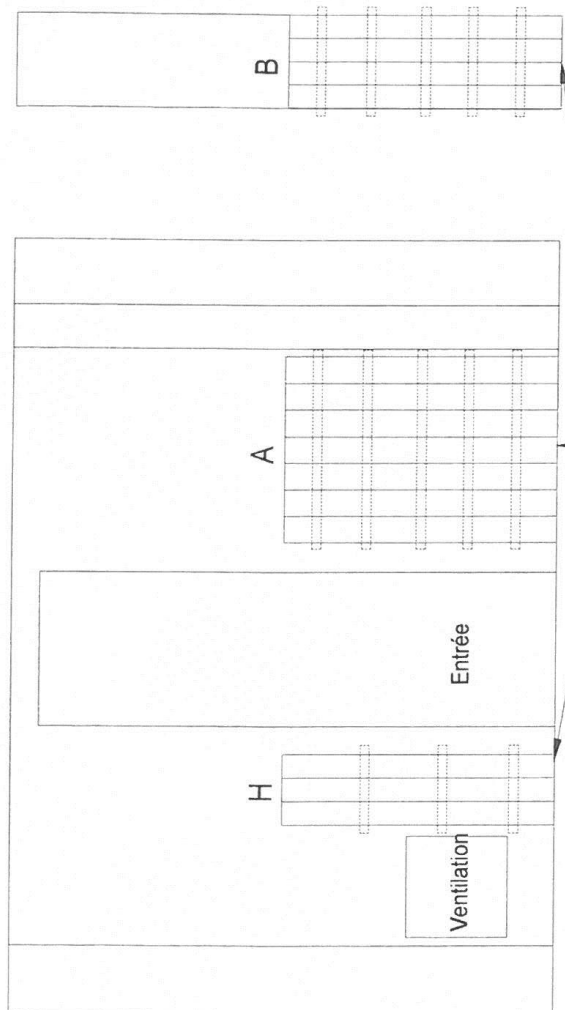
CEA/DAM

Titre du plan :

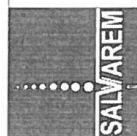
BATIMENT PH
Chambre de tir - Repérage des protections

Ce document est la propriété de Salvarem. Il ne peut être utilisé, reproduit ou divulgué sans notre accord écrit.

VUE DE FACE



Boucliers bois



SALVAREM
Parc des Algorithmes - Immeuble EPIPURE
91194 GIF SUR YVETTE CEDEX
Tél : 01.69.33.20.60 Fax : 01.60.19.00.18

N° d'affaire : **904.96.010**

N° du plan : **02**
Indice :

Client ou sous-traitant :

TEYSSIERAS. A

CEA/DAM

VILLET. G

Dessiné par :

Vérifié par :

Approuvé par :

Date :

Echelle :

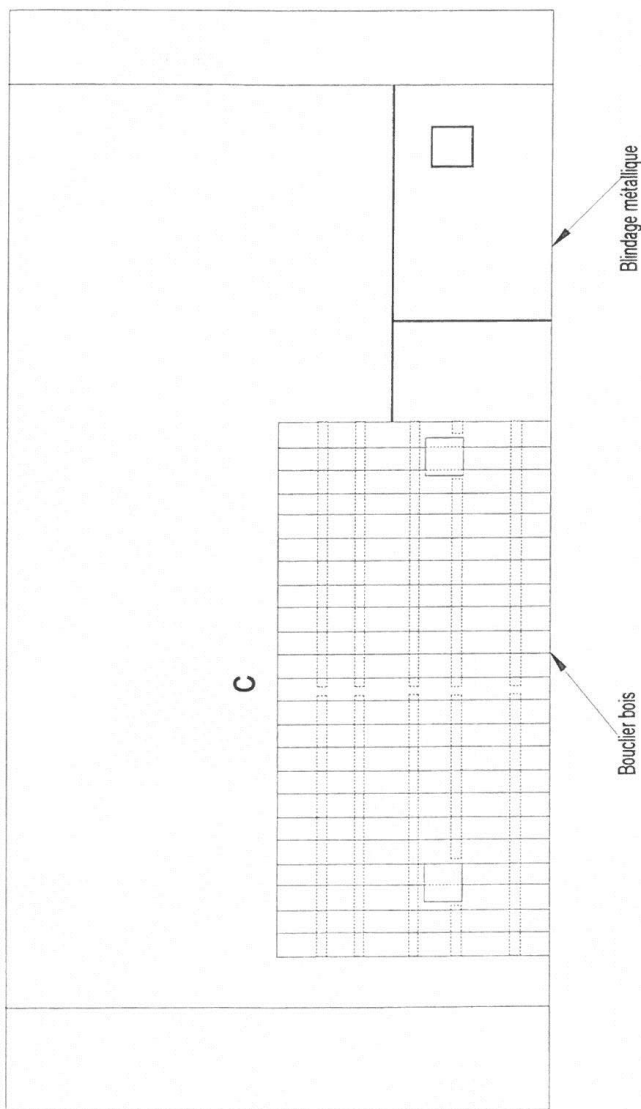
Titre du plan :

BATIMENT PH

Chambre de tir - Protections murales

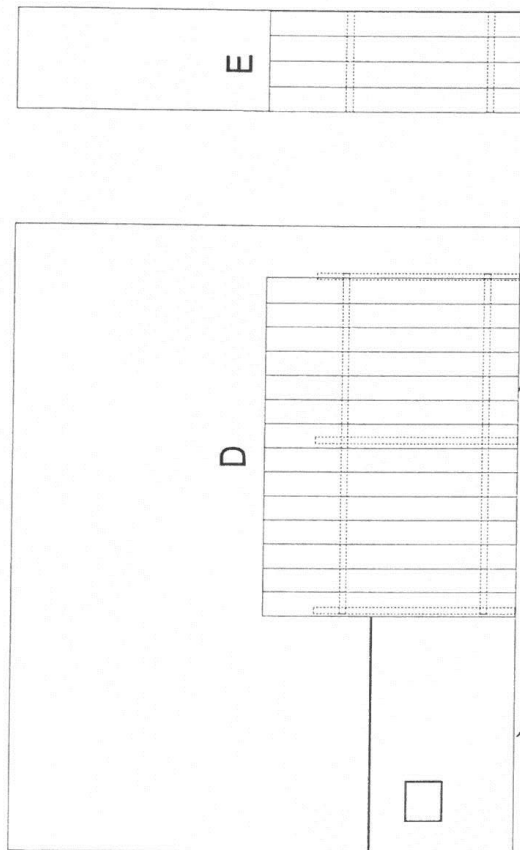
Ce document est la propriété de Salvarem. Il ne peut être utilisé, reproduit ou divulgué sans notre accord écrit.

VUE DE FACE



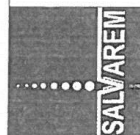
		SALVAREM Parc des Algorithmes - Immeuble EPIPURE 91194 GIF SUR YVETTE CEDEX Tél : 01.69.33.20.60 Fax : 01.60.19.00.18		N° d'affaire : 904.96.010
				N° du plan : 03
Dessiné par : TEYSSIERAS. A		Client ou sous-traitant : CEA/DAM		
Vérifié par : VILLET. G				
Approuvé par :				
Date : 26/03/1997		Titre du plan : BATIMENT PH		
Echelle :		Chambre de tir - Protections murales		
Ce document est la propriété de Salvarem. Il ne peut être utilisé, reproduit ou divulgué sans notre accord écrit.				

VUE DE FACE



Blindage métallique

Bouclier bois



SALVAREM
Parc des Algorithmes - Immeuble EPICURE
91194 GIF SUR YVETTE CEDEX
Tél : 01.69.33.20.60 Fax : 01.60.19.00.18

N° d'affaire : **904.96.010**

N° du plan : **04**
Indice :

Client ou sous-traitant :

TEYSSIERAS. A

VILLET. G

Dessiné par :

Vérifié par :

Approuvé par :

Date :

Echelle :

CEADAM

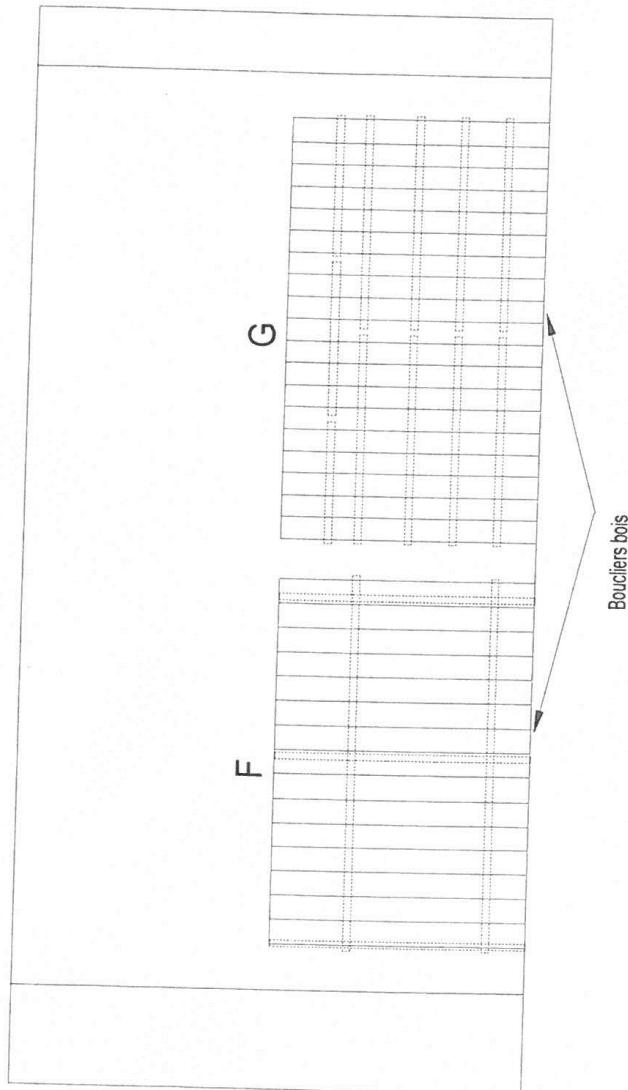
BATIMENT PH
Chambre de tir - Protections murales

Titre du plan :

26/03/1997

Ce document est la propriété de Salvarem. Il ne peut être utilisé, reproduit ou divulgué sans notre accord écrit.

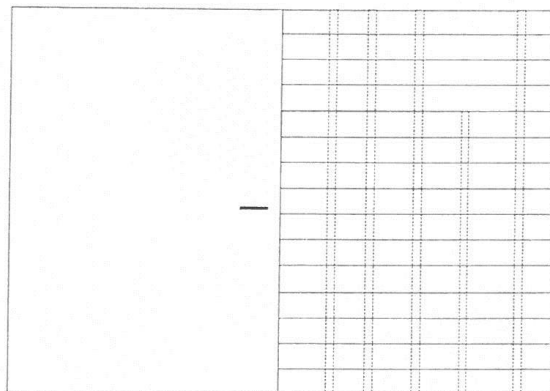
VUE DE FACE



SALVAREM Parc des Algorithmes - Immeuble EPIPURE 91194 GIF SUR YVETTE CEDEX Tél : 01.69.33.20.60 Fax : 01.60.19.00.18		N° d'affaire : 904.96.010 N° du plan : 05 Indice :
Dessiné par : Vérifié par : Approuvé par : Date : Echelle :	Client ou sous-traitant : CEA/DAM	Titre du plan : BATIMENT PH Chambre de tir - Protections murales

Ce document est la propriété de Salvarem. Il ne peut être utilisé, reproduit ou divulgué sans notre accord écrit.

VUE DE FACE



Bouclier bois



SALVAREM
Parc des Algorithmes - Immeuble EPIPURE
91194 GIF SUR YVETTE CEDEX
Tél : 01.69.33.20.60 Fax : 01.60.19.00.18

N° d'affaire : **904.96.010**

N° du plan : **06**
Indice :

Client ou sous-traitant :

CEADAM

Dessiné par : **TEYSSIERAS. A**

Vérifié par : **VILLET. G**

Approuvé par :

Date : **26/03/1997**

Echelle :

Titre du plan :

BATIMENT PH

Chambre de tir - Protections murales

Ce document est la propriété de Salvarem. Il ne peut être utilisé, reproduit ou divulgué sans notre accord écrit.

ANNEXE 27

Plan de la casemate RX1

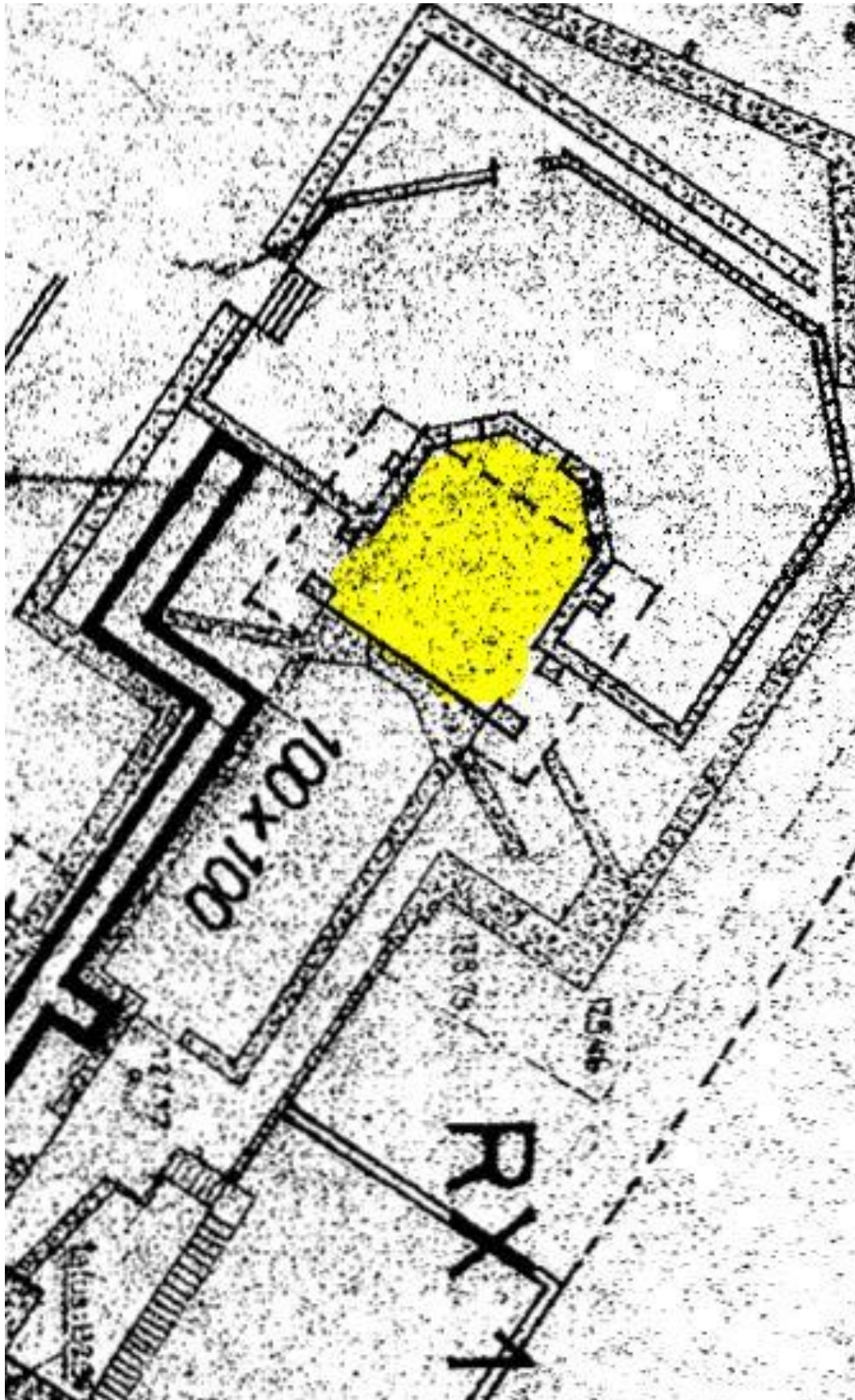
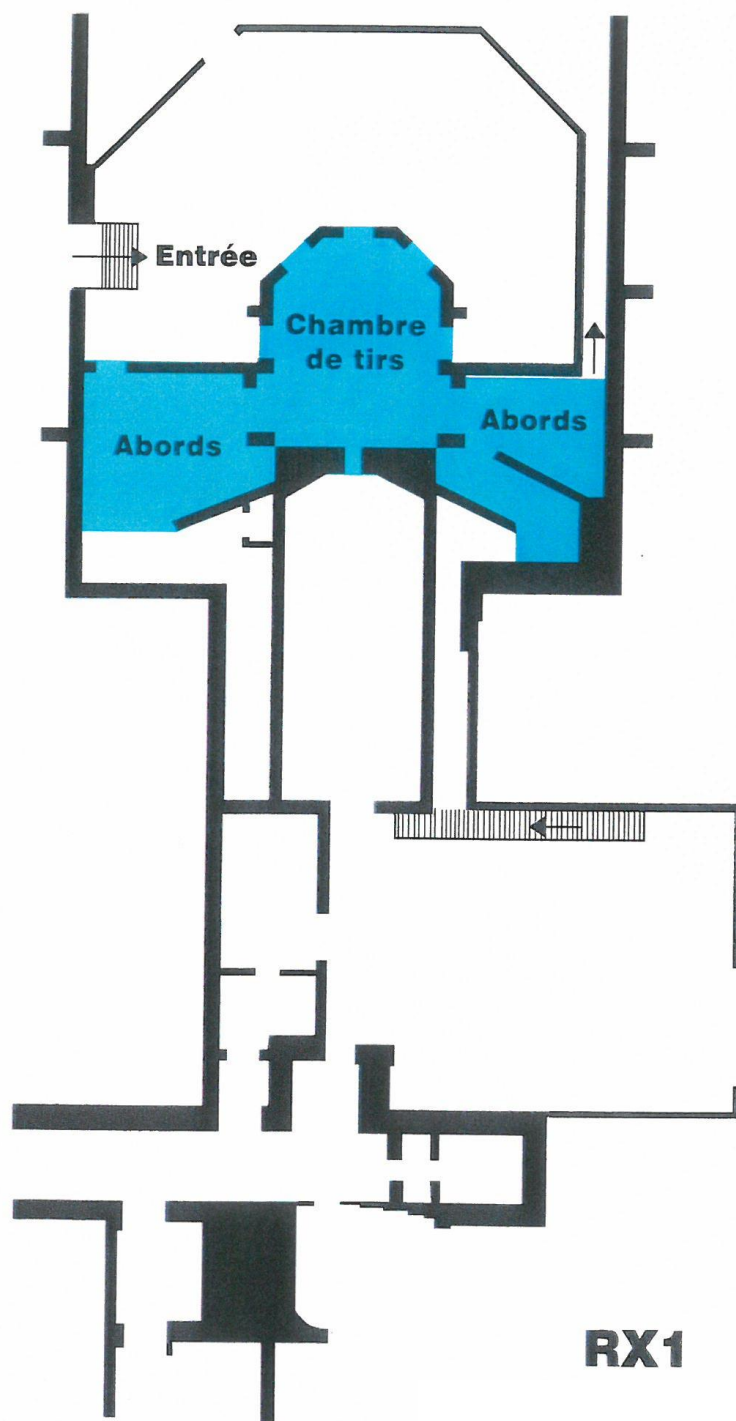


Figure 6



ANNEXE 28

Plan de la casemate RX3

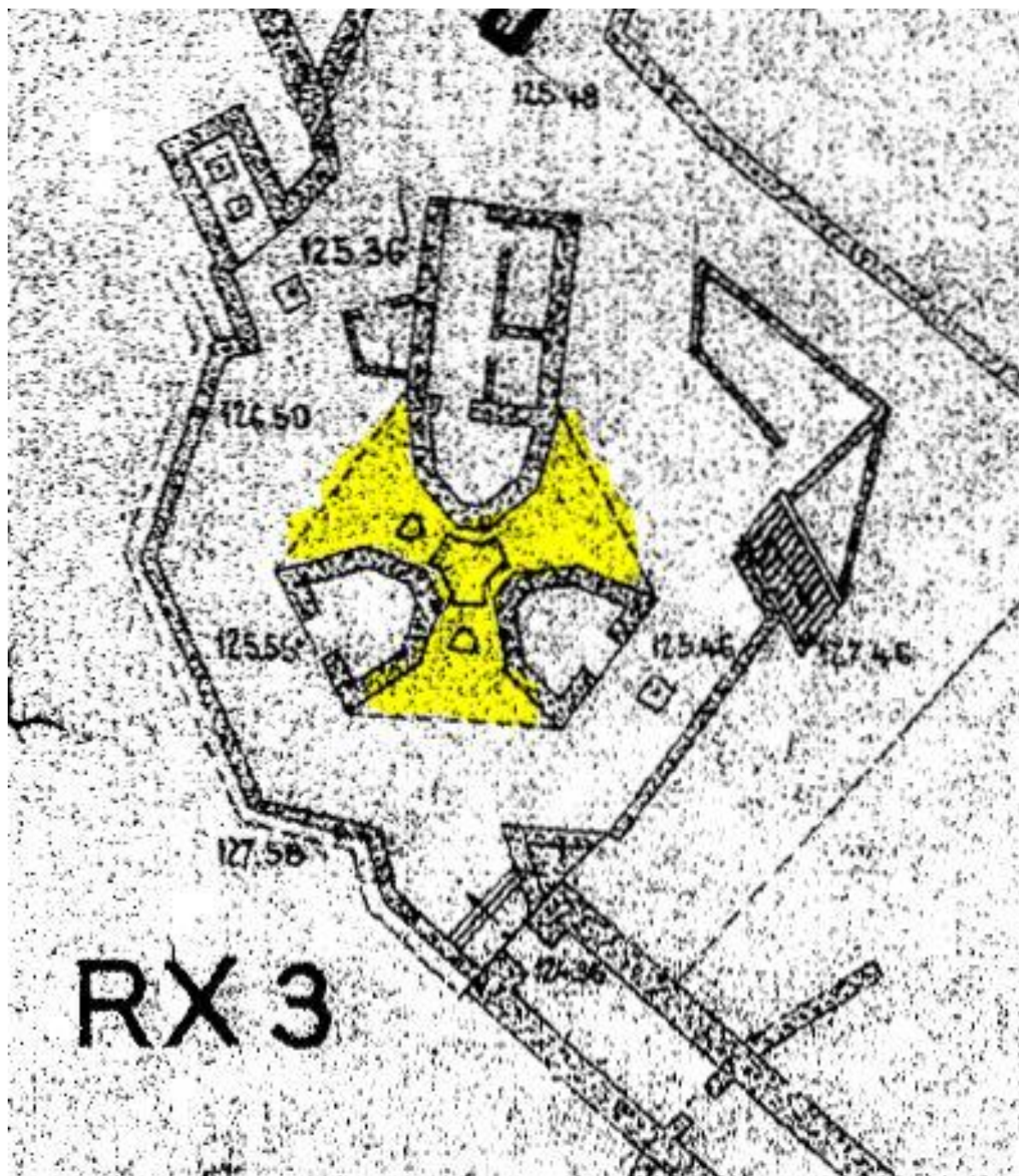
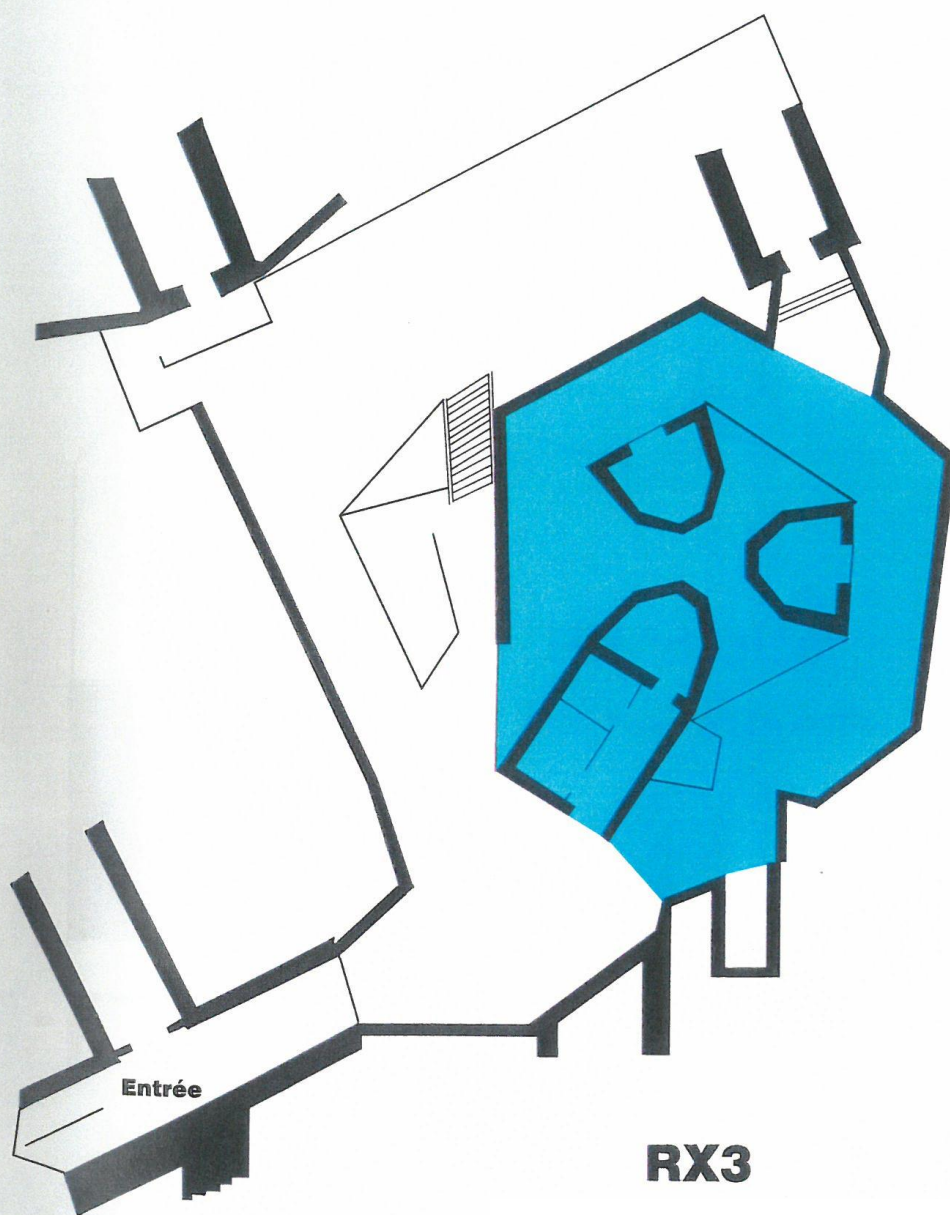


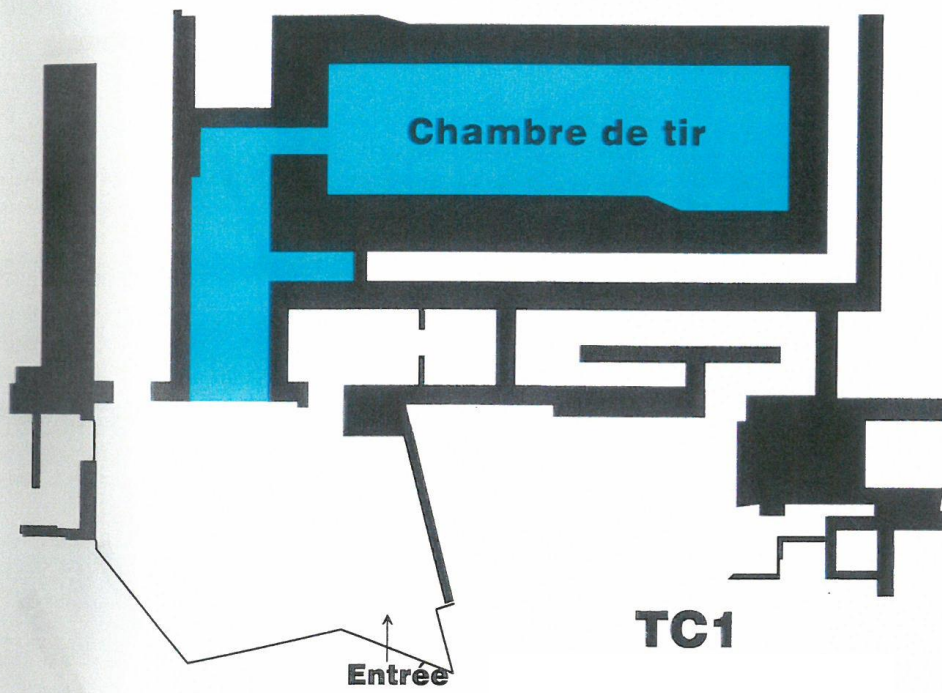
Figure 4



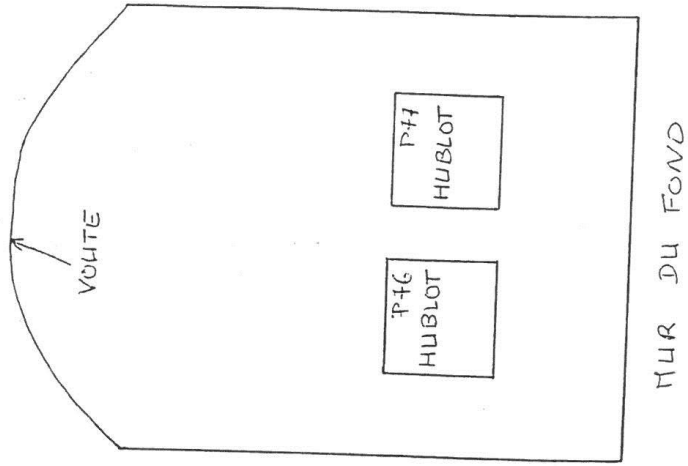
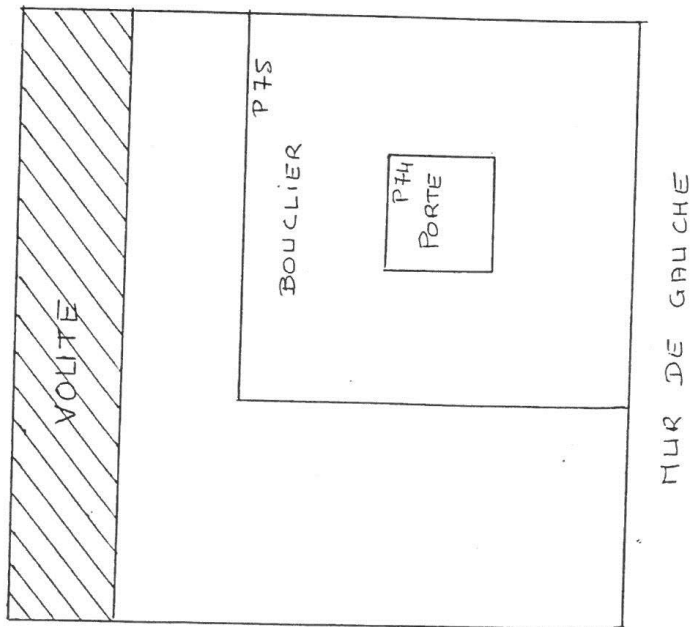
ANNEXE 29

Plan de la casemate TC1-TC2

Figure 3

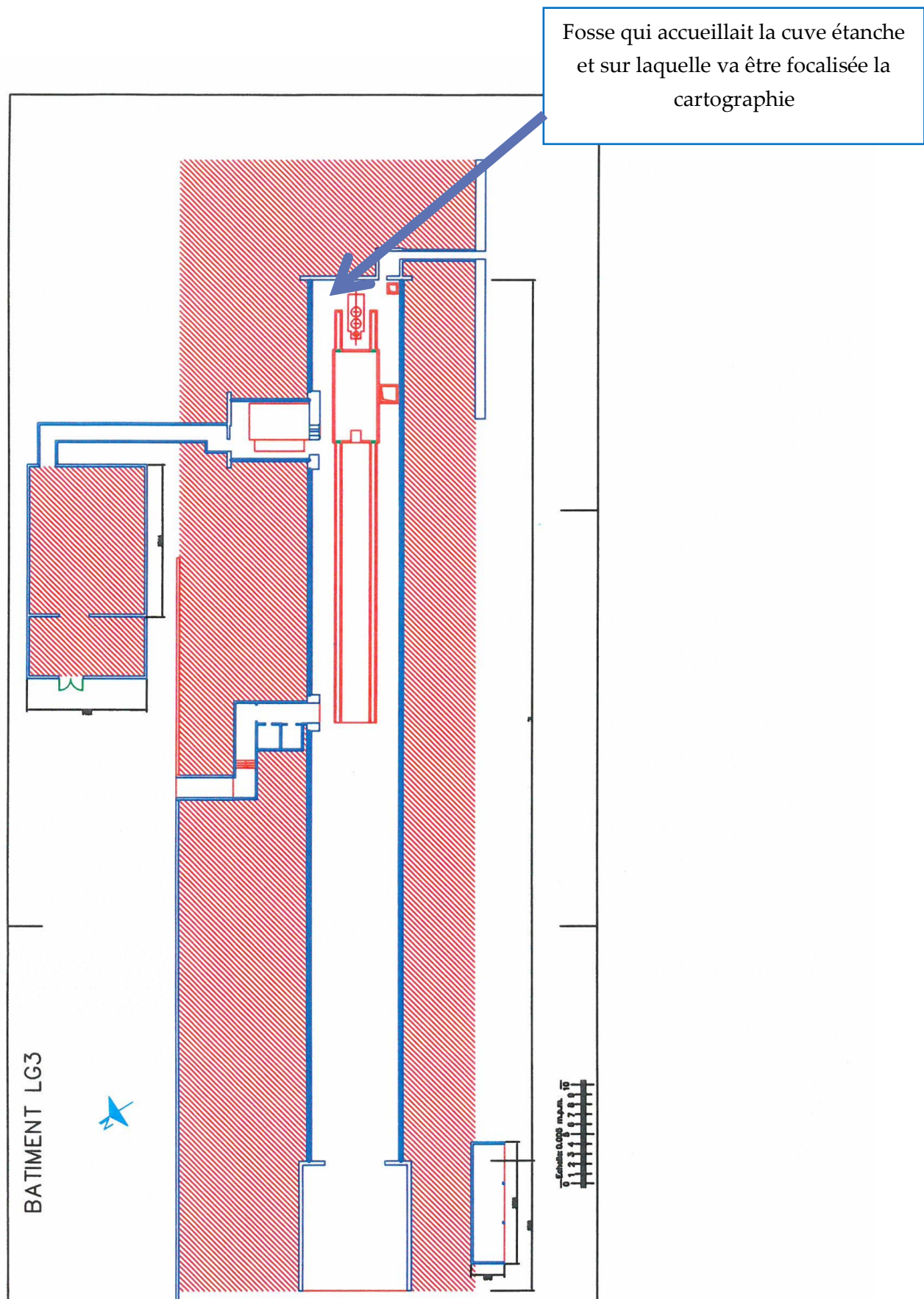


SAS ENTRÉE
(22.10.96)



ANNEXE 30

Plan du bâtiment LG3



ANNEXE 31

Caractéristiques des sondes de détection

Caractéristiques des sondes de détection

Contexte

Cette étude permet de **démontrer** expérimentalement que des équipements de détection β de grande surface permettaient d'atteindre « confortablement » les seuils couramment utilisés de 0,4 Bq/cm² et 1Bq/g pour de l'uranium. Elle permet également de conforter le type d'équipements proposés dans le Protocole, choisis en raison de leur grande surface et de leurs limites de détection.

Dans ce qui suit, l'étalonnage a été réalisé avec une source d'uranium de même nature que celle utilisée sur le site de Vaujours. Enfin, on fera l'assimilation de 1Bq/g $\cong$ 1Bq/cm² ce qui est acceptable en première approximation pour le contrôle surfacique de murs.

La détermination des caractéristiques de la sonde de détection β

Pour compléter les données « constructeur », une étude a été menée sur une sonde de grande surface (100 cm²) étalonnée à partir d'une source étalée de 100 cm². Celle-ci a été réalisée à partir d'une source « uranium manufacturé » étalonnée en laboratoire par spectrométrie gamma et compteur proportionnel. L'activité de la source $A_\beta = 392 \text{ Bq} \pm 23\%$ permet de calculer le rendement de détection.



Figure n°1 : Photographie de la sonde SAB100 (100cm²)

Les résultats suivants ont été obtenus :

- le bruit de fond de la sonde : 1,9 c/s
- Mesure de la source « étalon » : 64 c/s
- Rendement : 15,8 % $\pm$ 24%

Dans ces conditions,

1 Bq/cm² sont équivalent à 16 c/s ou encore 1 c/s équivalent à 0,06 Bq/cm².

Une valeur de 3 fois le BdF conduit à ~ 0,3 Bq/cm².

Dans le cas des contaminations potentielles des murs, il est possible d'assimiler l'activité surfacique à une activité volumique. Dans ces conditions, le seuil de 1Bq/g conduit à près de 9 fois le BdF ce qui rend la détection aisée.

Enfin, pour des surfaces de sonde plus importante, la limite de détection est encore améliorée. Notons que les surfaces de détection des sondes préconisées dans le rapport sont respectivement de 400 cm² pour la SAP400 et 170 cm² pour la LB124 et pour une limite de détection de l'ordre de 0,04 Bq/cm².

REMARQUE : pour améliorer encore la limite de détection, il est possible de faire des mesures par *intégration*. Par exemple, sur 10 et 30 secondes, les limites de détection sont respectivement $LD_{\beta} \leq 0,08 \text{ Bq.cm}^{-2}$ et $LD_{\beta} \leq 0,05 \text{ Bq.cm}^{-2}$ **pour la sonde SAB100.**

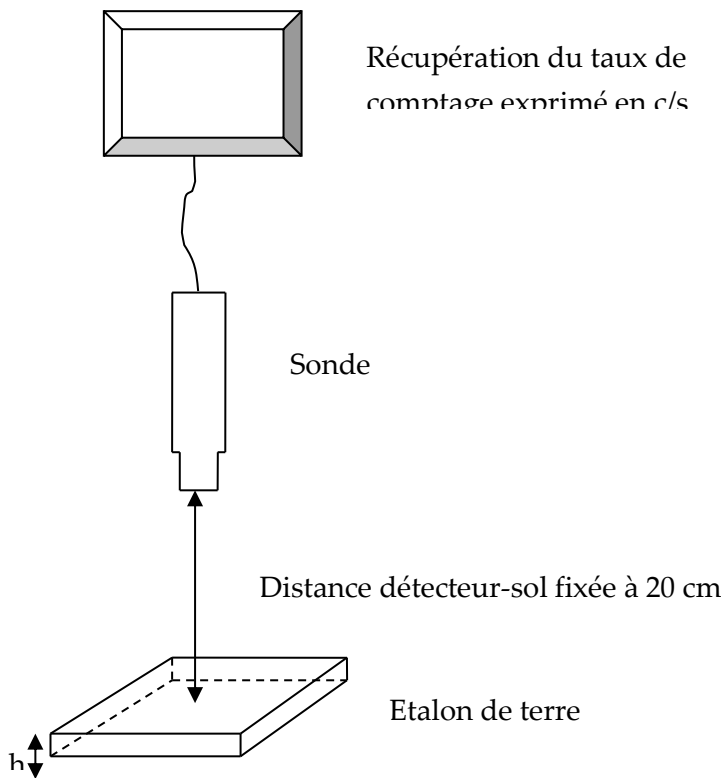
Conclusion

Cette étude technique permet de s'assurer que les mesures de non contamination réalisées en mode direct sur les surfaces à contrôler dans les bâtiments permettent d'atteindre des limites de détection, exprimées en activité surfacique, inférieures aux valeurs seuils de 0,4 Bq.cm⁻² ou 1Bq/g.

Le détecteur SPP2

Cet équipement est largement utilisé pour la recherche d'anomalie radiologique. Une étude a été réalisée avec une source étendue (15x15 cm) constituée de terre présentant une concentration massique homogène en uranium comparable à celui de Vaujours. En synthèse, les principaux résultats sont présentés ci-dessous.

Pour une distance de détection de 20 cm au-dessus de la source :



L'activité massique totale de l'échantillon relative aux seuls radioisotopes de l'Uranium (U234, U235 et U238) est évaluée à :

$$\underline{A_{\text{Uranium}} = (5,77 \pm 0,14) \cdot 10^{+5} \text{ Bq pour 1 kg de terre préparée}}$$

Dans ces conditions, en fonction de l'épaisseur de la source pour une même activité volumique, le taux de comptage net (déduit du bdf) varie entre 30 et 90 c/s pour une épaisseur de la source variant respectivement de 10 à 50 mm. Au-delà de 50 mm, le signal reste relativement constant.

On obtient respectivement des facteurs de conversion pour une distance de détection à 20 cm du sol :

Pour 10 mm d'épaisseur : 1 c/s $\cong$ 20 Bq/g

Pour 50 mm d'épaisseur : 1 c/s $\cong$ 6,4 Bq/g

Soit, pour une distance de 5cm du sol (condition expérimentale de Vaujours) :

Pour 10 mm d'épaisseur : 1 c/s $\cong$ 1,2 Bq/g

Pour 50 mm d'épaisseur : 1 c/s $\cong$ 0,4 Bq/g

Pour une contamination plus étendue que la source d'étalonnage (cas d'un sol uniformément contaminé), ces facteurs de conversion sont encore plus favorables puisque la détection varie avec l'angle solide. C'est donc un appareil particulièrement adapté à la détection d'anomalie. Cette étude en fonction de l'épaisseur de la couche contaminée (à concentration constante) permet de valider le concept d'emploi.

ANNEXE 32

**Limite d'exposition
(source IRSN)**

| Limites d'exposition

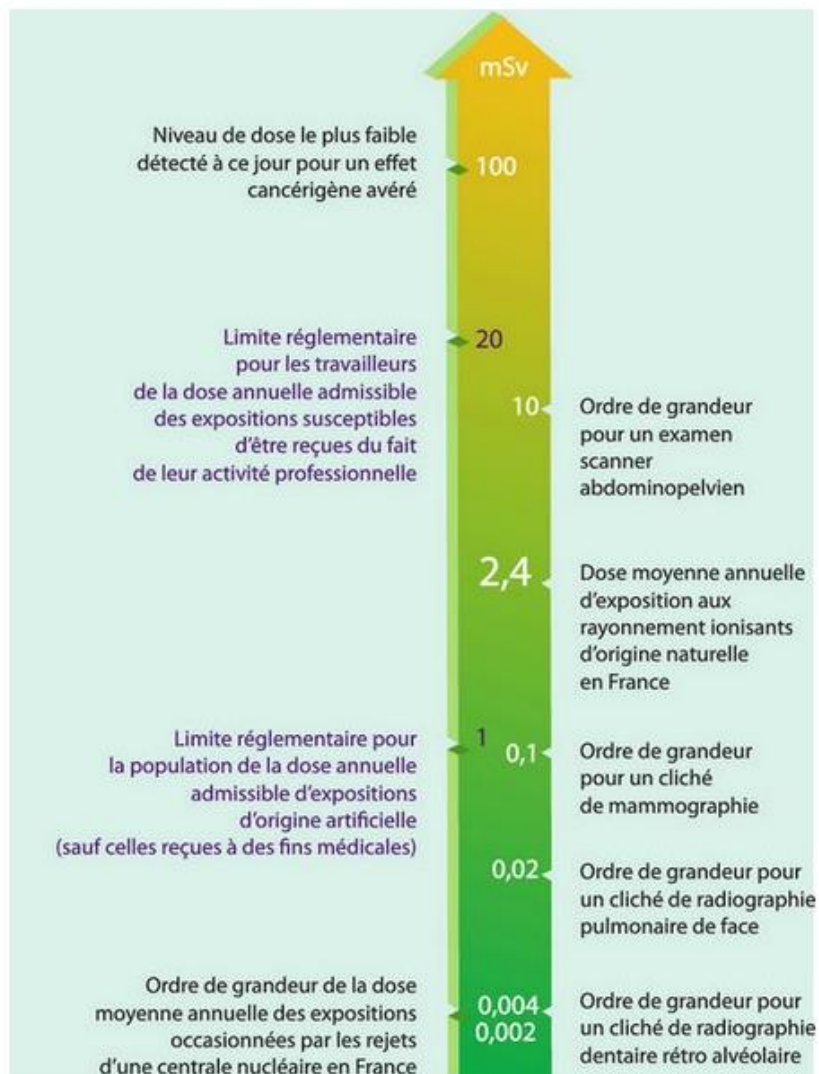
Pour la population, la limite annuelle d'exposition de 1 mSv s'applique à la somme des doses reçues en dehors de la radioactivité naturelle et de la médecine.

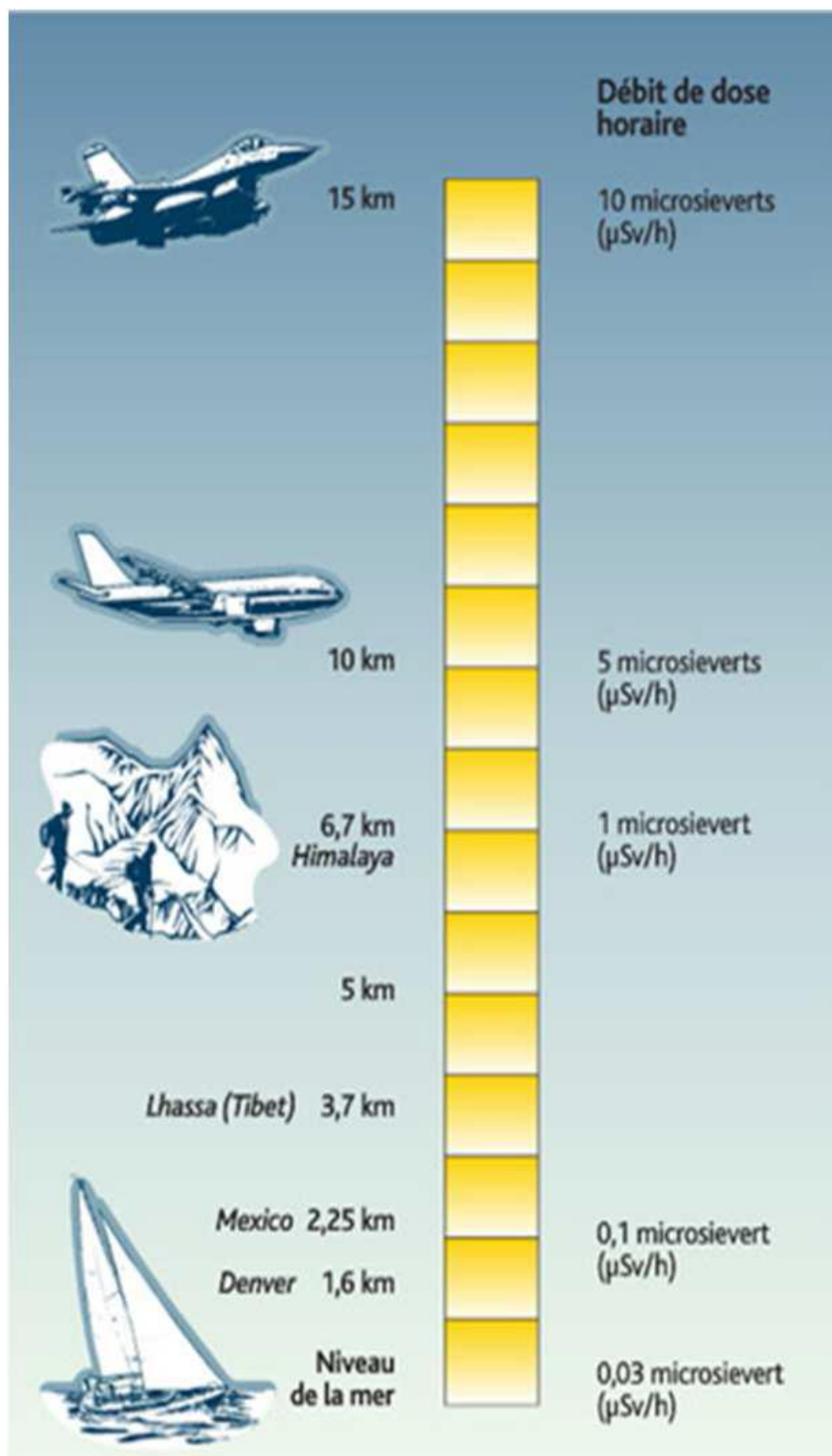
Si l'on appliquait cette limite à ces deux causes, on ne pourrait pas subir un scanner, il faudrait renoncer à l'avion, abandonner l'alpinisme, ou ne pas habiter dans les régions granitiques de France.

Cette dose maximale admissible de 1 mSv par an, qui représente en moyenne environ 40% de l'exposition naturelle, peut sembler excessive comparée aux 0,06 mSv dus aux activités humaines une fois le médical exclu et plus encore aux 0,002 mSv de l'impact d'une centrale nucléaire. D'un autre côté, une dose de 1 mSv est considérée en radioprotection comme une dose faible, voire très faible.

Pour les personnes qui travaillent avec des radiations ionisantes, la limite réglementaire est de 20 mSv par an sur une période consécutive de 12 mois.

Doses efficaces et limites réglementaires





ANNEXE 33

**Plan de masse
de situation des réseaux EP & EU**

PLAN MASSE EAUX PLUVIALES EAUX USEES + SITUATION DES PUTIS

C E V - M



ANNEXE 34

Bassins versants des eaux de ruissellement

**BASSINS VERSANTS
DES EAUX DE RUISSELLEMENT**

Fig.12
R.3288a
C.301073

BURGEAP



A : nom du réseau

ANNEXE 35

Plan des secteurs liés à l'activité pyrotechnique



ANNEXE 36

Cana C1 : canalisations dirigées vers les fossés



ANNEXE 37

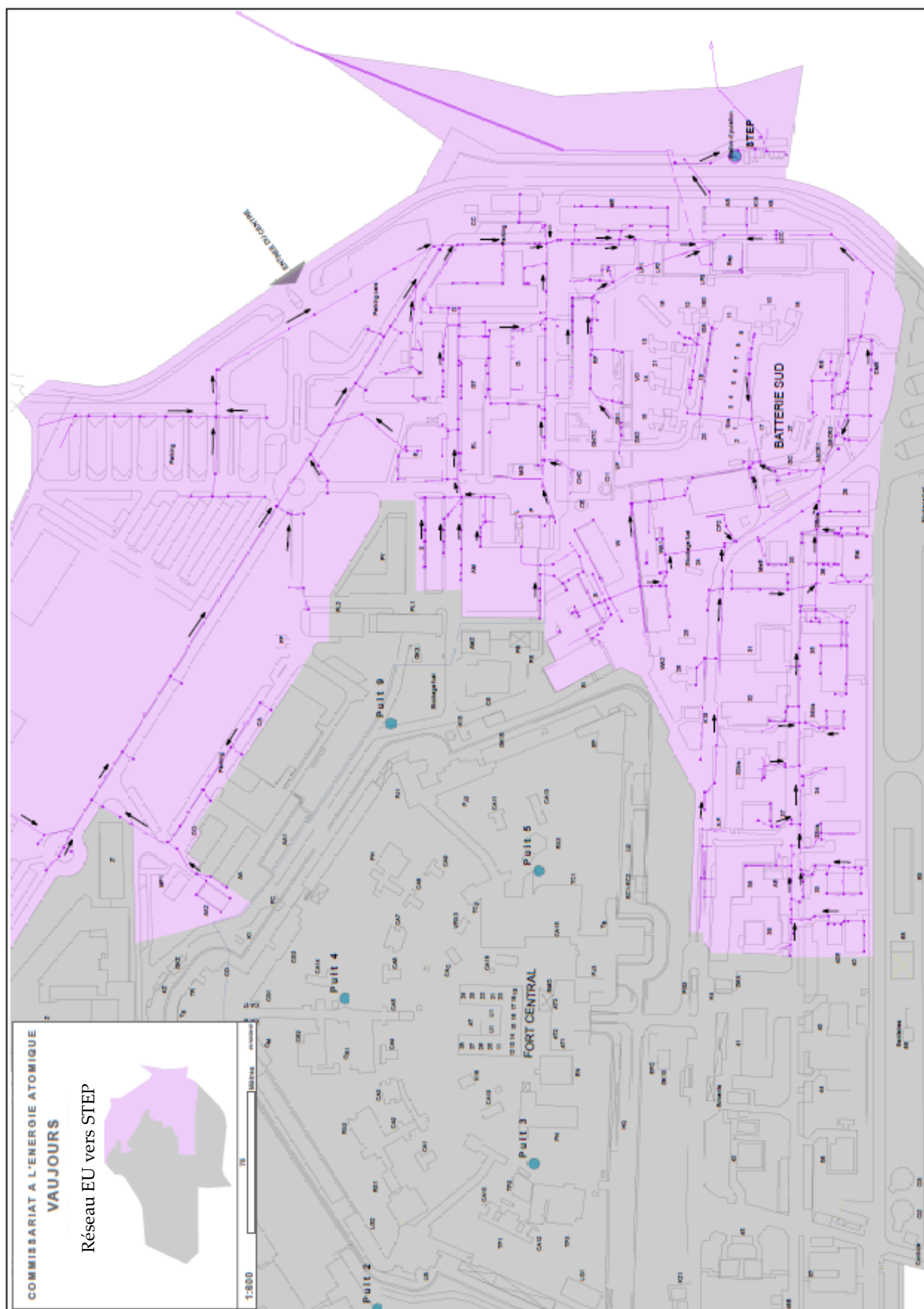
**Cana C2 : canalisations reliées à la station d'épuration
depuis la batterie Nord**

Réseau EU vers STEP



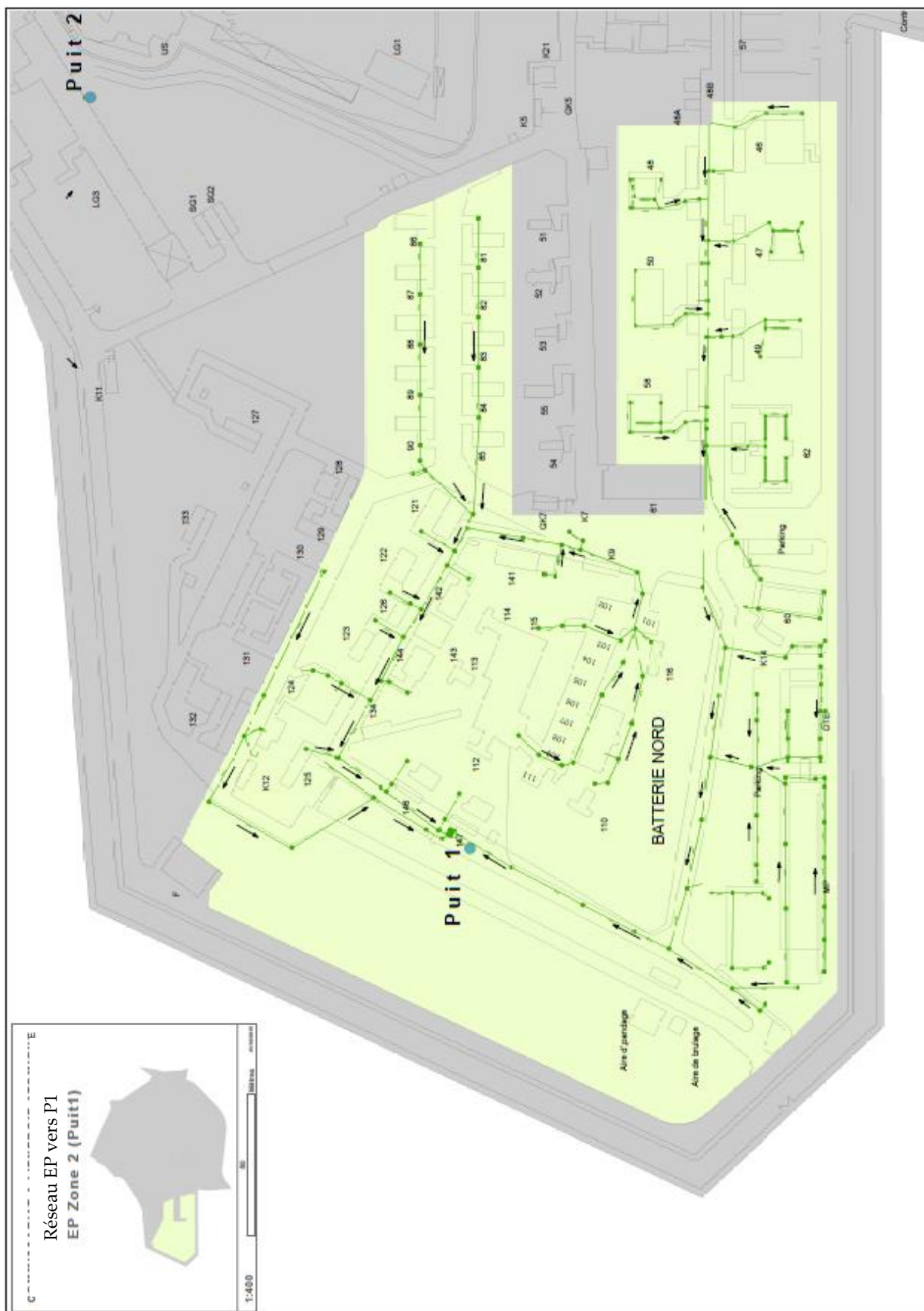
ANNEXE 38

**Cana C2 : canalisations reliées à la station d'épuration
Zone Laboratoires & Bureaux**



ANNEXE 39

Cana C3 : canalisations reliées au puits P1



ANNEXE 40

Cana C4b : canalisations reliées au puits P2

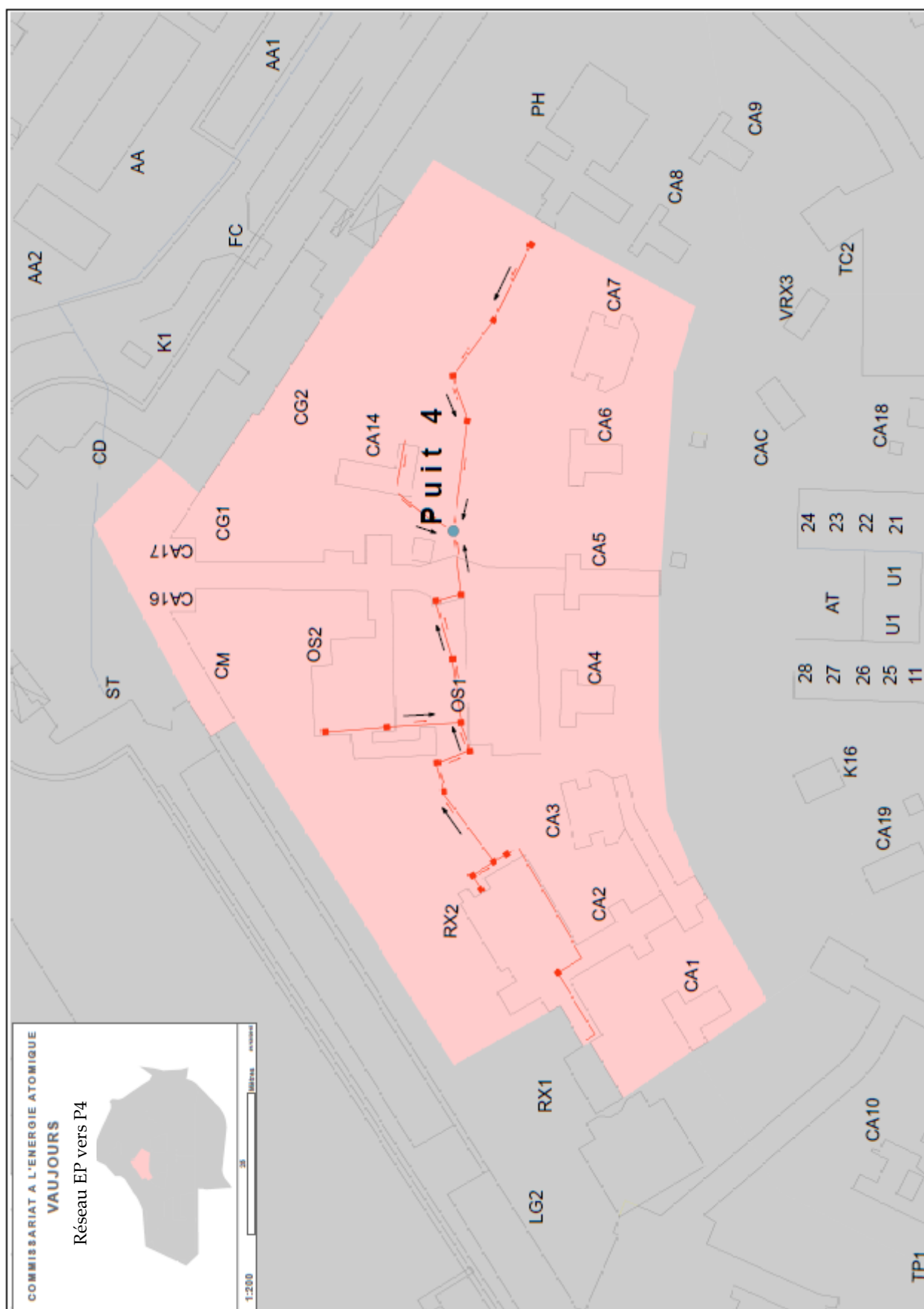
ANNEXE 41

Cana C4b : canalisations reliées au puits P3



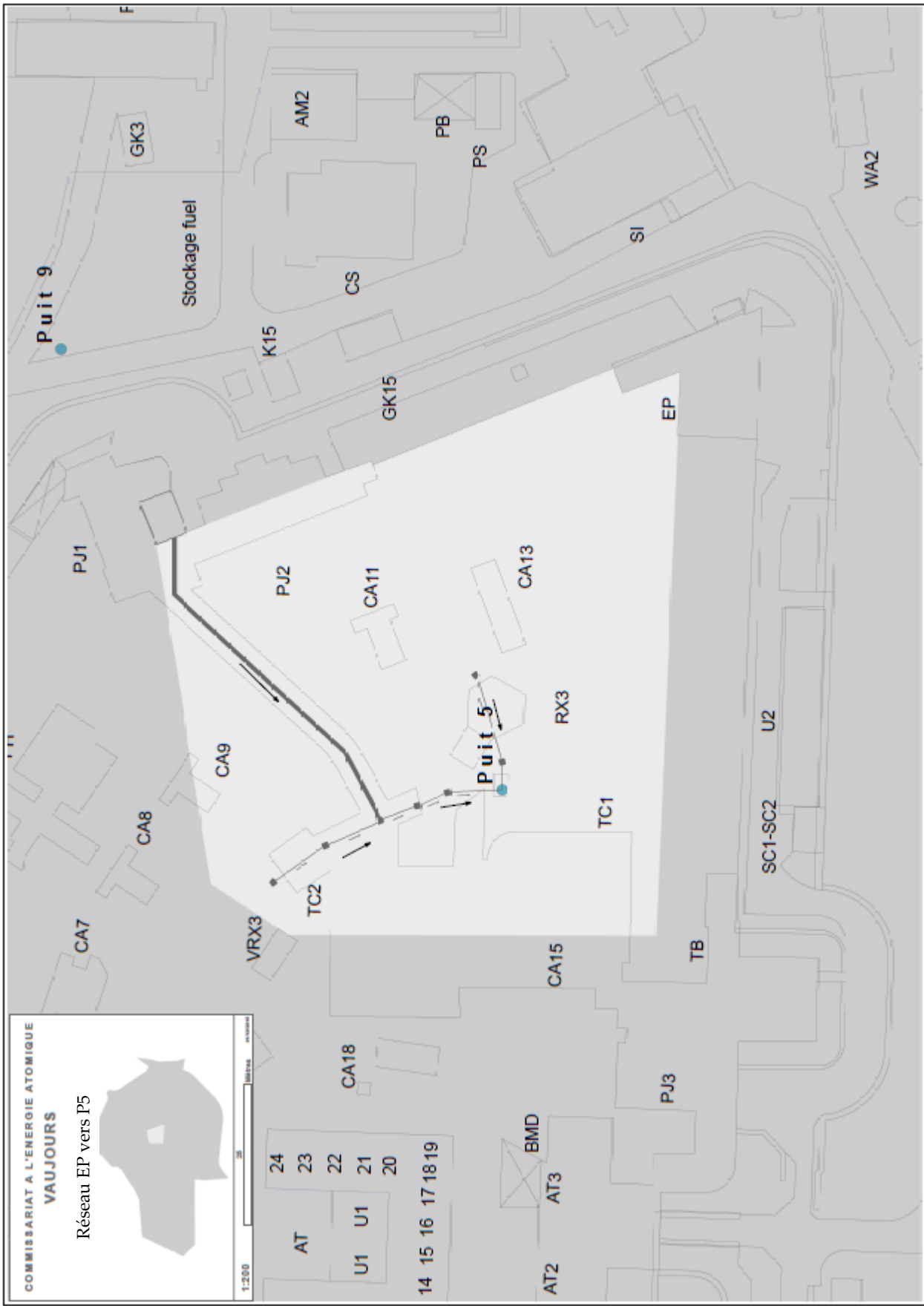
ANNEXE 42

Cana C4b : canalisations reliées au puits P4



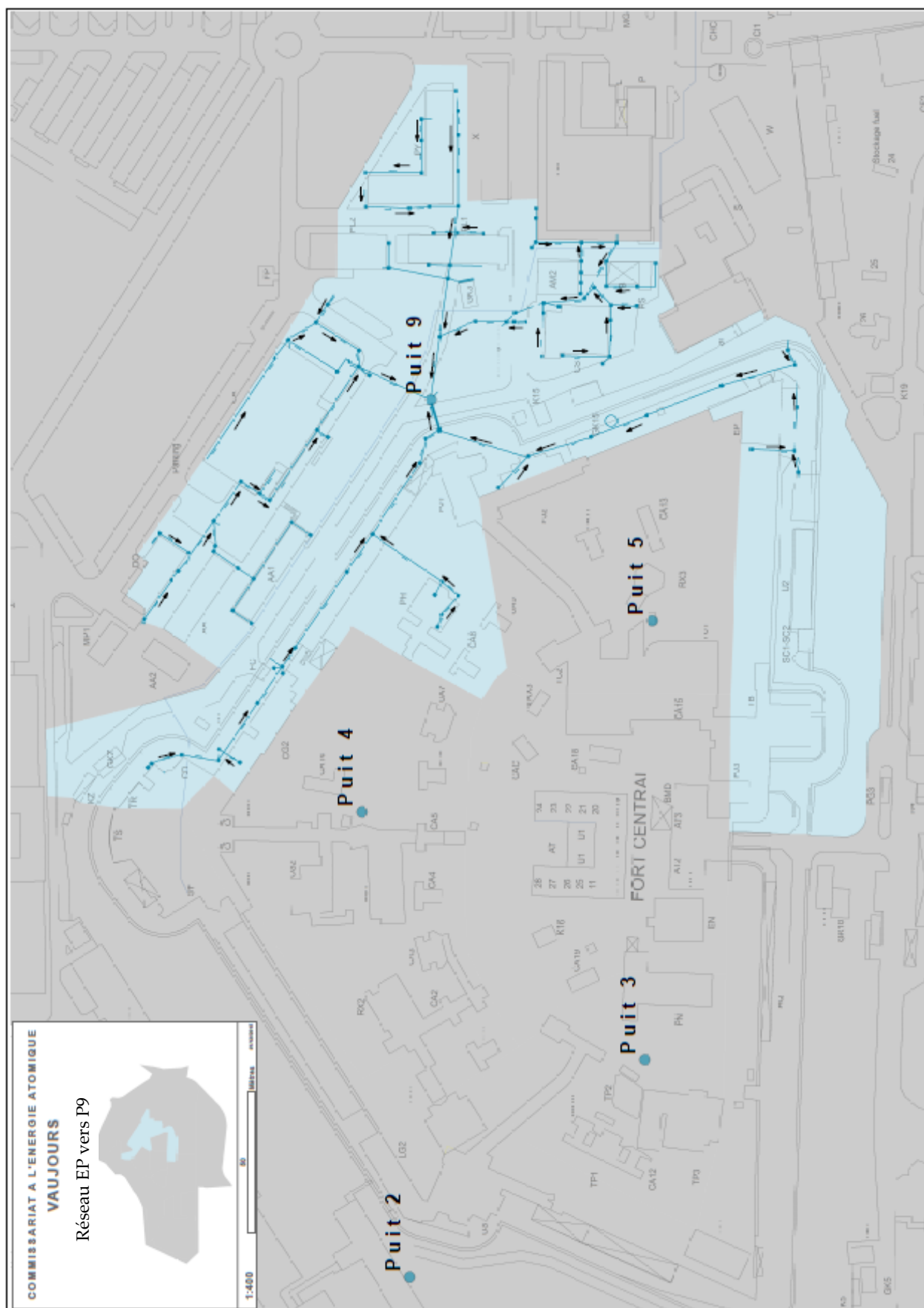
ANNEXE 43

Cana C4b : canalisations reliées au puits P5



ANNEXE 44

Cana C4b : canalisations reliées au puits P9



ANNEXE 45

Cana C4a : canalisations reliées aux chambres de tirs

ANNEXE 46

Exemple de Fiche d'intervention

Nature des travaux	Dédouanement parties de rayon de 100m terrassement à -1M avec contrôle pyro et radio	
Entreprises concernées	Brunel/Pyrotechnis/Nudec	
Zones concernées :	A6/B1 et B6/A9	
Batiments	sans objet	
Catégorie :	E	

EPI Spécifiques	
FFP3	gants combinaison jetable

Engins dans zone de chantier	
	cabine présurisée

Interdiction dans zone de chantier	
	boire ou manger

Obligation en sortie de zone de chantier	
	dépose des EPI dans containers se laver les mains

Contrôle environnemental	
	2 balise APA

Contrôle radio en sortie de zone de chantier	
	Opérateur : main/pied Machine :

Evacuation matériaux	
	dans zone dédiée sur site

Disposition particulière	
	Néant



ANNEXE 47

**Logigrammes du démantèlement des canalisations
dans le périmètre de la Seine-Saint-Denis (93)**

VAUJOURS (93)
Proposition de stratégie de traitement des canalisations EU et EP extérieures aux bâtiments

Commentaires

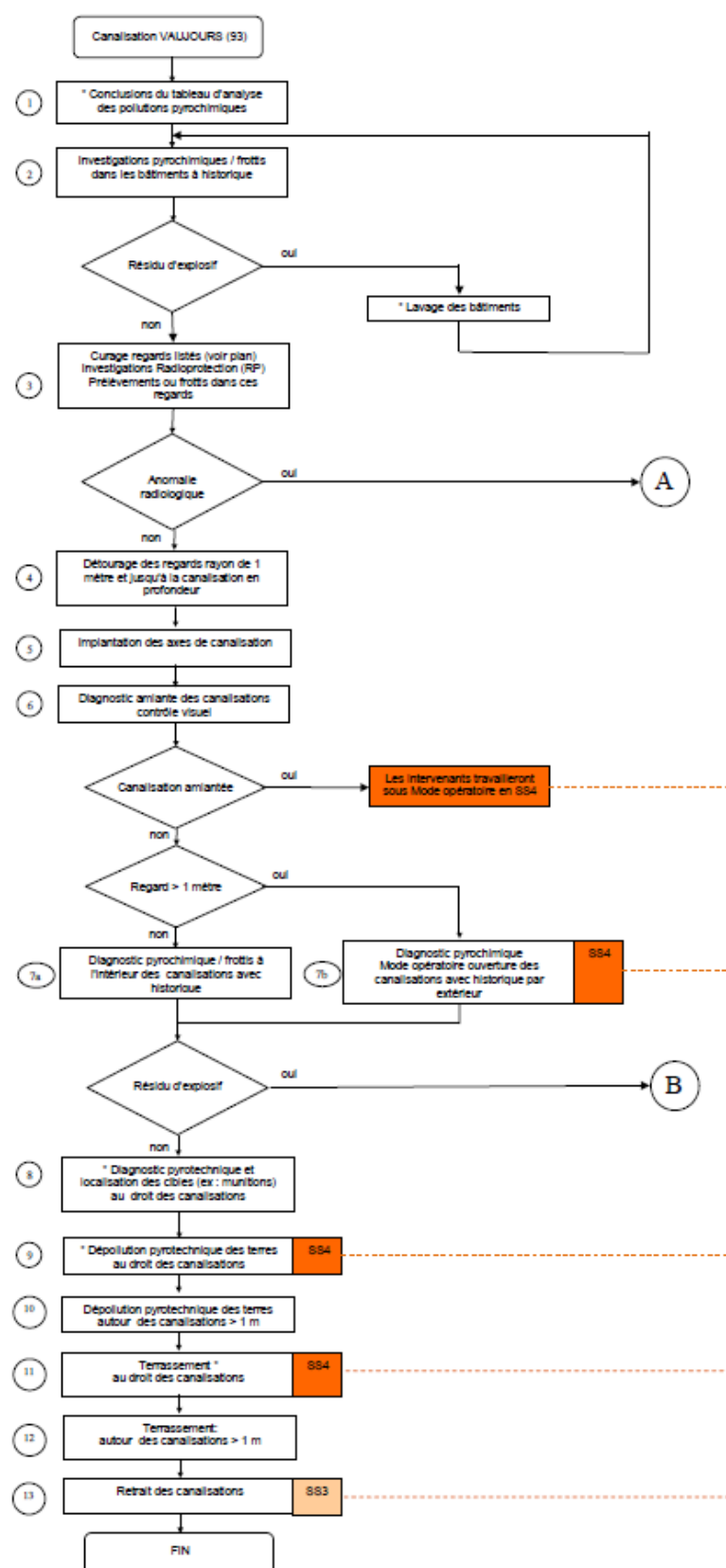
* Définition des bâtiments et des canalisations avec historique PYRO

* Lavage et récupération des eaux

* Sur 1 mètre de largeur

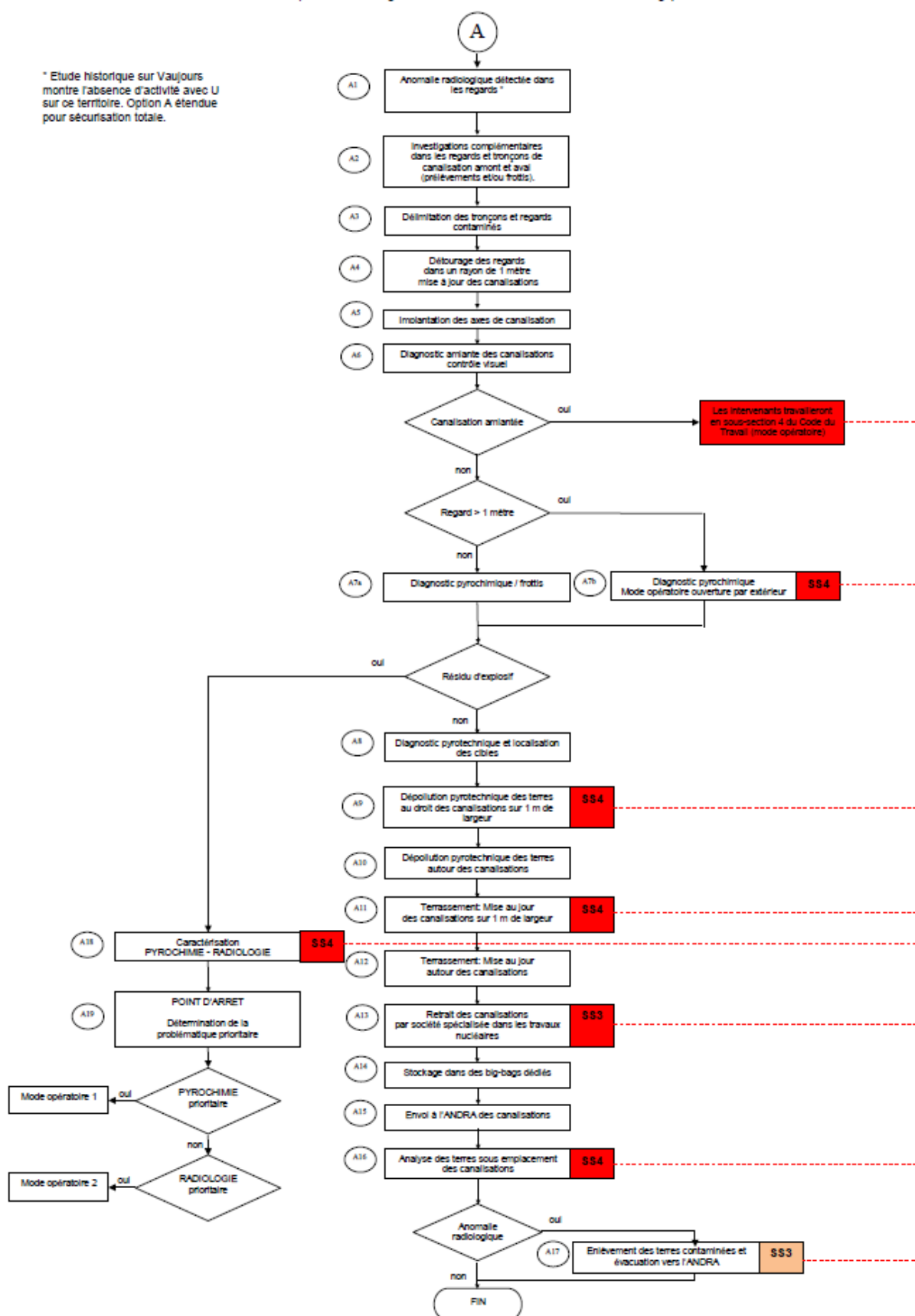
* Sur 1 mètre de largeur

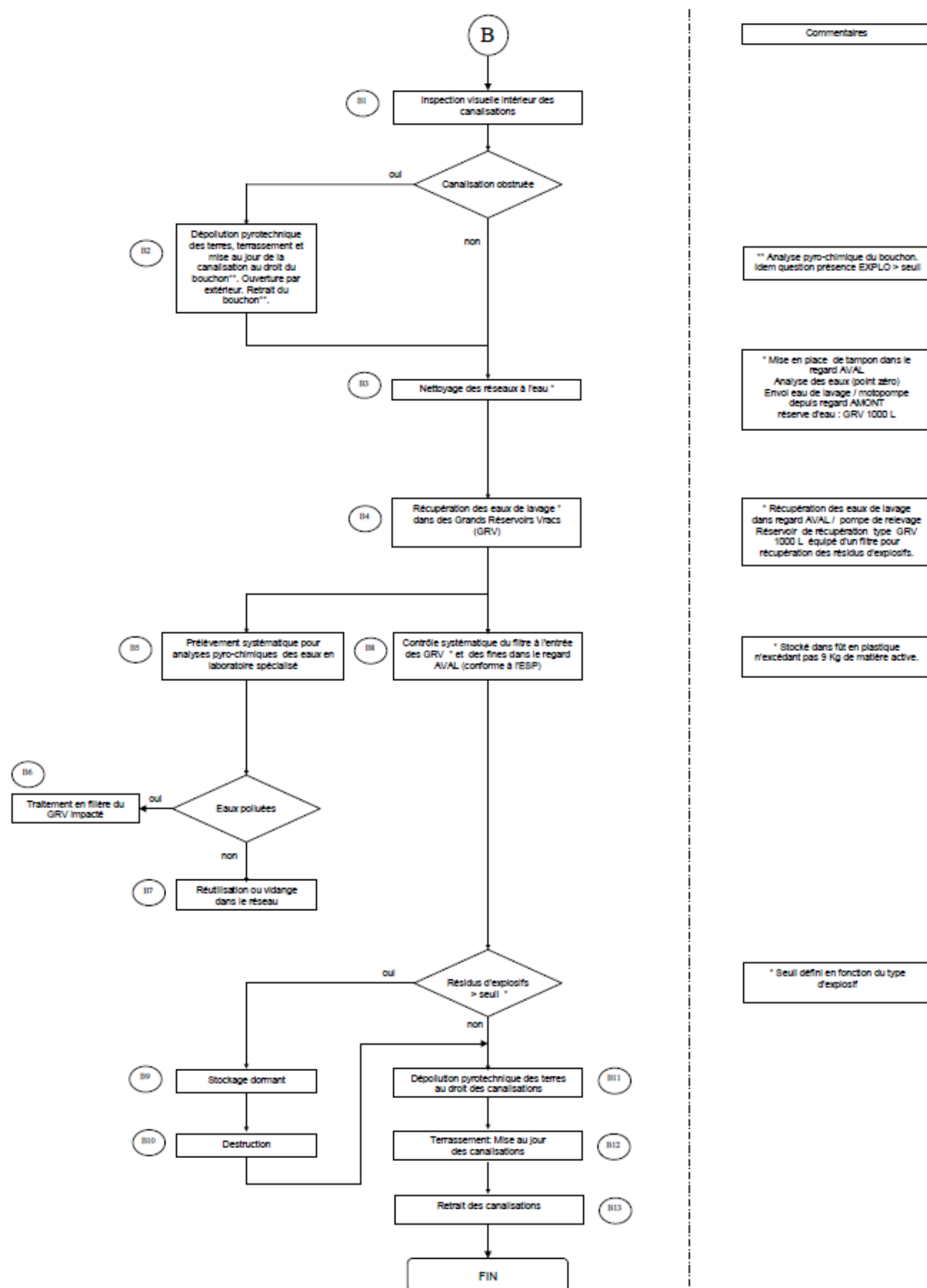
* Sur 1 mètre de largeur



VAUJOURS (93)
Proposition de stratégie de traitement des réseaux avec anomalie radiologique

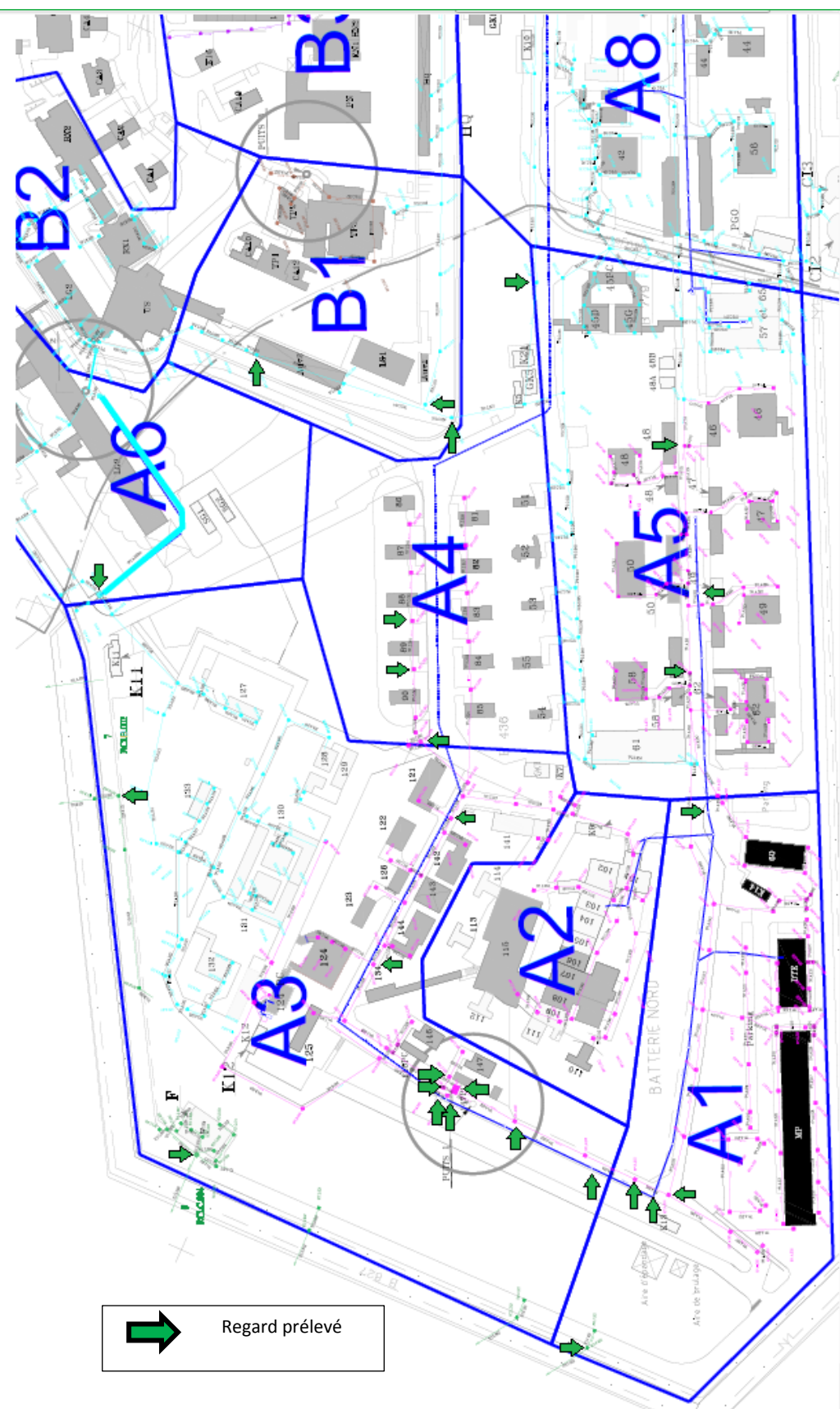
* Etude historique sur Vaujours montre l'absence d'activité avec U sur ce territoire. Option A étendue pour sécurisation totale.





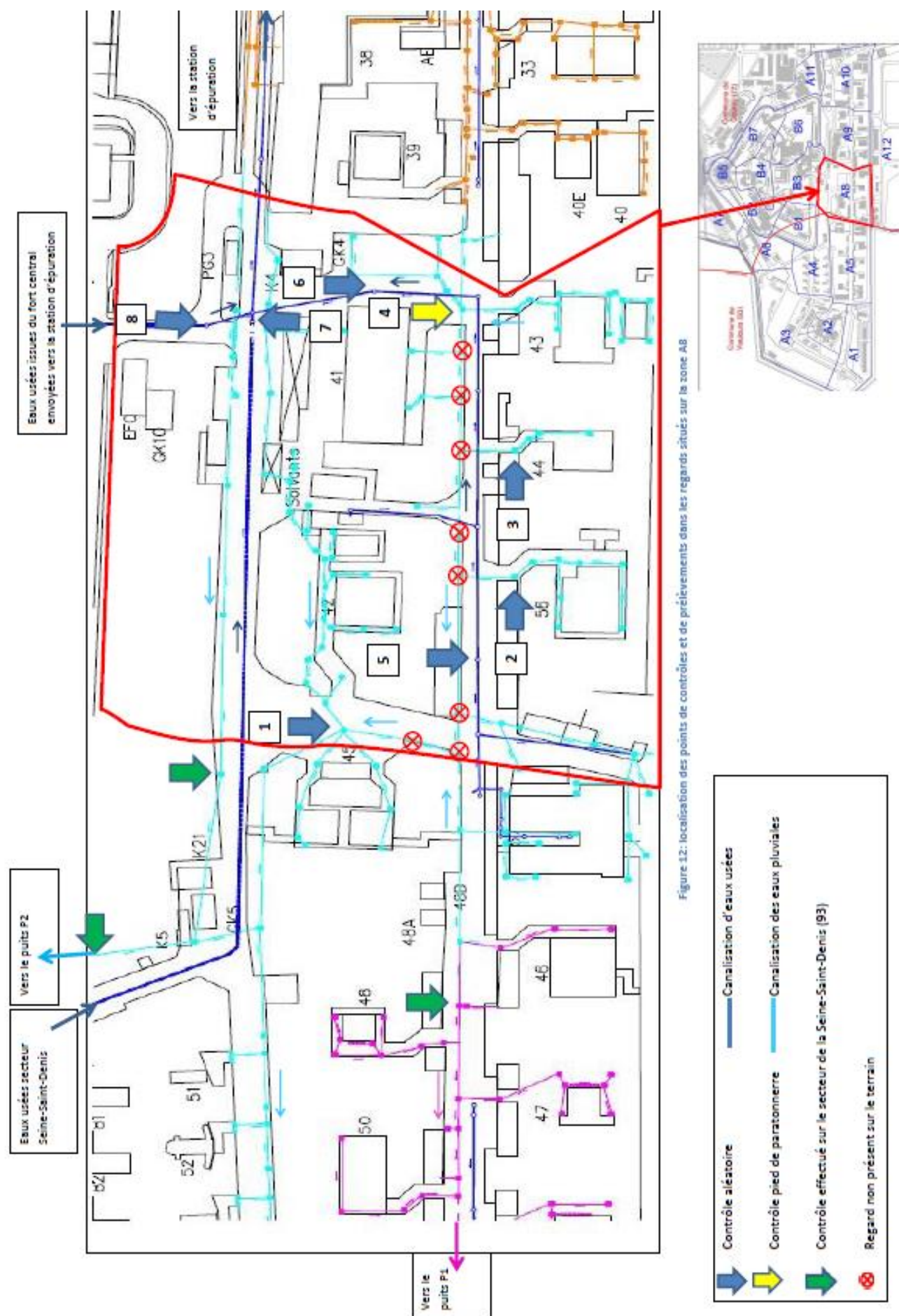
ANNEXE 48

**Plan détaillé des canalisations
dans le périmètre de la Seine-Saint-Denis (93)**



ANNEXE 49

Plan détaillé des canalisations dans le secteur A8 (77)



ANNEXE 50

**Méthode de détermination du bruit de fond radiologique
pour le démantèlement des canalisations**

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le démantèlement des canalisations enterrées du site de Vaujours concerne un important réseau ayant contenu aussi bien des eaux usées que des eaux pluviales. Ces réseaux peuvent avoir traversé/ou non des zones de manipulation ou d'entreposage d'uranium, des zones de manipulation ou d'entreposage d'explosifs, être situés/ou non (au moins en partie) dans le fort central et avoir été/ou non connectés aux chambres de tirs.

En conséquence, ils devront faire l'objet de contrôles pyrotechniques et/ou radiologiques lors de leur démantèlement, tels que décrit dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Caractéristiques des réseaux de canalisations enterrées

Canalisation	Type	Destination	Emplacement	Caractéristiques	Contrôles	
					Pyro	Radio
CANA C1	Eaux Pluviales	Vers fossés	Partie Nord A3 Terrain sport A12	Hors fort central Hors zones U* Non connectées aux CT** Hors zones explosif	Non	Oui++
CANA C2 A	Eaux Usées	Vers station	Ancienne zone traitement des explosifs	Hors fort central Hors zones U* En zones explosif	Oui	Ciblés+
CANA C2 B	Eaux Usées	Vers station	Laboratoires et locaux administratifs	Hors fort central Hors zones U* Hors zones explosif	Non	Ciblés+
CANA C3	Eaux Pluviales	Vers P1	Partie Nord Ancien secteur de stockage, moulage et usinage des explosifs	Hors fort central Hors zones U* En zones explosif	Oui	Ciblés+
CANA C4 A	Eaux Usées et Eaux pluviales	Vers P2-P9	Eaux de lavage des CT, filtrées avant envoi dans le réseau	Fort central et Hors fort central Connectées aux CT** En zones explosif	Oui	Oui, à définir
CANA C4 B	Eaux Pluviales	Vers P2-P9		Fort central et Hors fort central Non connectées aux CT** En zones explosif	Oui	Ciblés+

*U : Uranium ; **CT : Casemate de Tir ; + Contrôles ciblés sur regards et portions de canalisations ;

++ Contrôles radiologiques exigés par l'ASN à titre de précaution

Dans le cadre des contrôles radiologiques effectués lors du démantèlement des réseaux de canalisations enterrées, il est prévu d'effectuer l'analyse radiologique par spectrométrie des résidus déposés dans les puisards des réseaux, ainsi que - dans le cas de la perte d'étanchéité d'une canalisation présentant une contamination radiologique - celle des terres de remblai la jouxtant

L'orientation de ces résidus de puisards ou de ces terres de remblais vers la filière radiologique de déchets adaptée suppose la détermination préalable du « bruit de fond radiologique » naturel de ces matériaux en matrice solide.

L'objectif de cette note est la description de la méthode retenue pour la détermination du bruit de fond radiologique des résidus et des remblais.

2 HOMOGENEITE SPATIALE DES ACTIVITES MASSIQUES DES TERRES

2.1 Intérêts de l'étude

La détermination du bruit de fond radiologique des résidus de réseaux suppose le choix de prélèvements représentatifs de l'ensemble des terres du site, en ce qui concerne non seulement les réseaux d'eaux pluviales ayant drainé les terres de leur bassin de ruissellement (voir Protocole de suivi radiologique, Annexe 34, PLACOPLATRE), mais aussi les réseaux d'eaux usées dont les puisards peuvent également contenir des résidus issus de la pénétration de terres du site.

En conséquence, une analyse de l'homogénéité spatiale dans les terres du site des activités massiques des deux radionucléides ayant pu faire l'objet d'un apport anthropogénique sur le site : U-238 (dans le cadre des essais de tirs) et Ra-226 (lié à l'utilisation historique de paratonnerres au radium) a été menée (Réf. NTE PLACO 2016/07/00, RP-CONSULT) a été menée.

Cette analyse a été réalisée sur la base des résultats de deux campagnes de mesures déjà effectuées :

- mesures d'activité massique en U-238 et Ra-226 réalisées en 2015 dans trois zones (A4/A8, A6 et A9) du site de Vaujours dans le cadre du diagnostic radiologique des sols de catégorie E sur la base de prélèvements réalisés par NUDEC et de spectrométries gamma effectuées en laboratoire par EICHROM (Réf. Rapport RNGSIF00920-I, NUDEC, 19/10/2015),
- mesures d'activité massique en Th-234 réalisées sur l'ensemble du site de Vaujours dans le cadre d'analyses radiologiques d'échantillons de sols sur la base : de carottages réalisés par ANTEA en vue de contrôles de pollution chimique et de spectrométries gamma effectuées sur site par NUDEC (Réf. Rapport RNGSIF00983-I, NUDEC, 28/06/2016).

2.2 Principaux résultats

L'analyse de l'homogénéité spatiale des activités massiques d'U-238 et Ra-226 dans les terres du site a montré que :

- les activités massiques présentent une importante variabilité spatiale.
- la variabilité des activités massiques en U-238 et Ra-226 à l'intérieur de chaque zone est plus importante que la variabilité d'une zone à l'autre – sauf exception
- la variabilité des activités massiques en U-238 et Ra-226 à l'intérieur de chaque classe de profondeur est plus importante que la variabilité d'une profondeur à l'autre.

En conséquence, et en l'absence d'informations supplémentaires, les activités massiques d'U-238 et Ra-226 (ou leur rapport Ra-226/U-238) des terres situées dans les diverses zones et catégories de profondeur peuvent être considérées d'un point de vue statistique comme un seul et même ensemble de données et il n'y a pas lieu de tenir compte du découpage en zone ou en profondeur dans l'exploitation des données d'activité massique d'U-238 et Ra-226 (ou leur rapport Ra-226/U-238)

2.3 Implications pour la détermination du bruit de fond radiologique des remblais

Dans ces conditions, il apparaît raisonnable d'estimer le bruit de fond radiologique des remblais jouxtant les canalisations de l'ensemble du site de Vaujourns à partir de mesures radiologiques portant sur l'ensemble des terres du site

2.4 Implications pour la détermination du bruit de fond radiologique des résidus

Il apparaît également raisonnable d'estimer le bruit de fond radiologique des résidus présents dans les canalisations de l'ensemble du site de Vaujourns à partir de mesures radiologiques portant sur l'ensemble des terres du site, en tenant compte toutefois de l'importance à accorder à la granulométrie des prélèvements réalisés du fait que :

- la granulométrie de tels résidus est toujours plus fine que celle des terres en raison des phénomènes de ségrégation granulométrique des terres transportées vers et déposées dans ces réseaux,
- la concentration massique des radioéléments est souvent fortement dépendante de la fraction granulométrique considérée (voir KUMAR 2015)

3 METHODE DE DETERMINATION DU BRUIT DE FOND RADIOLOGIQUE

3.1 Détermination des prélèvements de référence

1.1.1 Résidus

a) Détermination de la granulométrie de référence des résidus

Dix prélèvements de résidus de référence seront effectués dans les puisards de canalisation a priori non marquées par de l'uranium anthropique, appartenant aux réseaux C2A (EU, 5 points de prélèvement) et C3 (EP, 5 points de prélèvement).

Les prélèvements réalisés dans chaque type de réseau seront mélangés et feront ensuite l'objet d'une analyse granulométrique afin de déterminer une granulométrie -type des résidus présents dans les puisards de réseaux d'eaux pluviales et d'eaux usées.

Si la granulométrie-type des résidus des deux types de réseaux est semblable, une granulométrie-type agrégée sera réalisée.

b) Détermination de la distribution de référence des résidus

Dix prélèvements de terres seront réalisés dans la partie la moins active (en moyenne) des terres du site.

Pour chacun de ces prélèvements, une extraction par criblage/tamissage d'une partie du prélèvement sera réalisée afin de constituer deux sous-échantillons de granulométrie semblable à la granulométrie-type des résidus prélevés dans les puisards de chaque type de réseau (ou un seul échantillon de granulométrie semblable à la granulométrie-type agrégée des deux types de réseaux, si pertinent).

Chaque prélèvement de terres effectué donnera donc lieu à l'analyse radiologique d'un sous-échantillon du prélèvement de granulométrie initiale, ainsi qu'à l'analyse radiologique de chaque sous-échantillon de granulométrie-type représentatif de chaque type de réseau (un seul dans le cas d'une granulométrie-type agrégée pour les deux types de réseau).

1.1.2 Terres de remblai

Les terres de remblai placées autour des canalisations ont été considérées similaires à l'ensemble des terres du site.

Il semble dès lors judicieux d'utiliser comme distribution de référence la distribution des mesures radiologiques déjà effectuées en A4/A8, A6 et A9 pour déterminer le bruit de fond radiologique (en uranium et radium) des terres jouxtant les canalisations, afin d'accroître la précision statistique et d'éviter des mesures supplémentaires inutiles.

3.2 Nature des analyses radiologiques

Les prélèvements réalisés feront l'objet d'analyses radiologiques par spectroscopie gamma confiées à un laboratoire habilité.

Ces analyses viseront en priorité l'estimation de l'activité massique des radionucléides de la chaîne de l'uranium 238 : U-238, Ra-226, Pb-210, Th-232, Pb-212, Bi-212 et Tl-208.

Ces analyses seront de même nature que celles réalisées lors du diagnostic radiologique des sols de catégorie E (Réf. Rapport RINGSIF00920-I, NUDEC) et viseront des limites de détection (LD) respectivement comprises entre 10 et 20 Bq/kg pour l'U-238 et 10 à 50 Bq/kg pour le Ra-226.

3.3 Indicateur de bruit de fond radiologique

Indicateur proposé

L'indicateur proposé pour la caractérisation du bruit de fond radiologique naturel (en U-238 et Ra-226) – pour chaque type de réseau (eaux usées, eaux pluviales) et chaque type de prélèvement (résidus de puisard, terre de remblai) – est l'intervalle supérieur de tolérance (confiance 95%, population 95%), calculé après ajustement sur l'échantillon de prélèvements de la loi statistique convenable

Cet indicateur correspond – pour chaque type de réseau (eaux usées, eaux pluviales) et chaque type de prélèvement (résidus de puisard, terre de remblai) – au niveau d'activité massique supposé dépassé (avec 95% de confiance) par seulement 5% de la population de prélèvements correspondante.

Exemple de détermination

De tels indicateurs ont été déterminés à titre d'exemple – pour l'U-238 et le Ra-226 – dans le cadre de l'analyse exploratoire des mesures de diagnostic radiologique des sols de catégorie E (voir NTE PLACO 2016/07/00, RP-CONSULT), à l'aide du logiciel STATGRAPHICS.

Les deux figures suivantes présentent respectivement – pour l'U-238 et le Ra-226 – l'ajustement de la loi Lognormale sur la distribution des activités massiques (Bq/kg), ainsi que la valeur de l'intervalle supérieur de tolérance à 95% pour 95% de la population ¹.

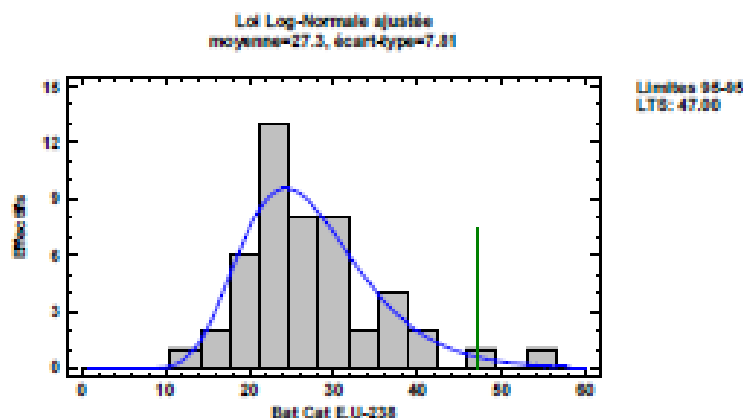


Figure 1 : Ajustement de loi LogNormale et estimation de l'intervalle supérieur de tolérance (95%, 95%) pour la distribution des mesures d'U-238 (terres catégorie E, Bq/kg)

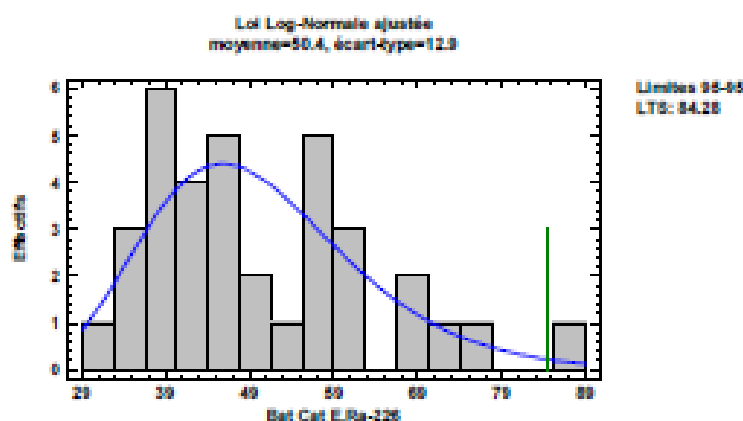


Figure 2 : Ajustement de loi LogNormale et estimation de l'intervalle supérieur de tolérance (95%, 95%) pour la distribution des mesures de Ra-226 (terres catégorie E, Bq/kg)

Dans cet exemple, les valeurs des intervalles supérieurs de tolérance à 95% pour 95% de la population (Loi LogNormale) sont égales respectivement à :

- 47 Bq/kg pour l'U-238
- 84 Bq/kg pour le Ra-226

Utilisation possible de tels indicateurs

Une utilisation possible de tels indicateurs serait de :

- considérer comme appartenant au bruit de fond radiologique des prélèvements inférieurs à l'intervalle supérieur de tolérance,
- déclencher des analyses complémentaires pour les échantillons supérieurs à l'intervalle supérieur de tolérance.

FIN