

Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93)

Diagnostic de l'état de pollution des sols

Juillet 2016

A82646/A



354 rue de Meaux
93410 Vaujours



Présenté par :



Direction Régionale Ile de France-Centre-Normandie
Pôle Environnement
Implantation d'Arcueil
29, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex
Tél. : 01.57.63.14.00

Abréviations

AEI :	Alimentation en Eau Industrielle
AEP :	Alimentation en Eau Potable
BASIAS :	Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services
BASOL :	Base de données sur les sites et Sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif
B(D)SS :	Banque de Données du Sous-sol
BRGM :	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
DDASS :	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DIREN :	Direction Régionale de l'Environnement
DREAL :	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIEE :	Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie
ICPE :	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
IGN :	Institut Géographique National
MEM	Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer
NGF :	Nivellement Général de la France
OEHHA:	Office of Environmental Health Hazard Assessment, California, USA
OMS :	Organisation Mondiale de la santé
POS / PLU :	Plan d'Occupation des Sols / Plan Local d'Urbanisme
PPC :	Périmètre de Protection de Captage
PPRI :	Plan de Prévention du Risque Inondation
Pz :	Piézomètre eau
RAMSAR :	Traité international pour la conservation et l'utilisation durable des zones humides
ZICO :	Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux
ZNIEFF :	Zones Naturelles d'Intérêts Ecologiques, Faunistiques et Floristiques
ZRE :	Zone de Répartition des Eaux
ZPS :	Zone de Protection Spéciale

Sommaire

1.	Introduction.....	8
1.1.	Contexte et objectifs	8
1.2.	Méthodologie	8
2.	Etude documentaire.....	10
2.1.	Objectifs	10
2.2.	Sources d'information	10
2.3.	Situation géographique	11
2.3.1.	Implantation géographique	11
2.3.2.	Environnement industriel et boisé.....	12
2.4.	Références cadastrales.....	14
2.5.	Contexte géologique	16
2.6.	Contexte hydrogéologique.....	19
2.6.1.	Description des nappes en présence	19
2.6.2.	Usages des eaux souterraines	25
2.6.3.	Qualité et objectif de qualité.....	28
2.7.	Contexte hydraulique	29
2.8.	Contexte hydrologique.....	31
2.8.1.	Rivières, cours d'eau, canal	31
2.8.2.	Aqueduc de la Dhuis.....	31
2.9.	Plan local d'urbanisme (PLU)	32
2.10.	Activités industrielles à proximité.....	33
2.10.1.	Installations classées.....	33
2.10.2.	Basias et Basol	34
2.11.	Zones naturelles, remarquables ou protégées	38
2.12.	Risques naturels et technologiques majeurs	38
2.13.	Sensibilité / Vulnérabilité du milieu	40
3.	Etude historique	42
3.1.	Objectifs	42
3.2.	Organismes consultés	42
3.3.	Sources d'information.....	42
3.4.	Historique du site	43
3.4.1.	Présentation.....	43
3.4.2.	Activités antérieures à la création du Centre d'Etudes de Vaujours (CEV).....	44
3.4.3.	Centre d'Etudes de Vaujours de 1956 à 1997	46
3.5.	Stockage de liquides inflammables.....	56
3.6.	Autres stockages	57
3.7.	Transformateurs.....	58
3.8.	Autres installations.....	59
3.9.	Réseaux EU et EP.....	59
3.10.	Synthèse des investigations menées suite à la cessation d'activités du CEV	60
3.10.1.	Diagnostic pyrotechnique.....	60
3.10.2.	Audit de pollution pyrochimique	61
3.10.3.	Zone d'épandage.....	63
3.10.4.	Stockages d'hydrocarbures	66

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A

3.11.	Examen des photographies aériennes	68
3.12.	Situation actuelle – visite du site	69
3.13.	Synthèse des sources potentielles de contamination.....	69
4.	Campagne de reconnaissance des sols Méthodes et moyens.....	71
4.1.	Présentation de la campagne.....	71
4.2.	Moyens mis en œuvre.....	72
4.2.1.	Travaux préparatoires.....	72
4.2.2.	Sondages.....	73
4.2.3.	Analyses des échantillons de sols	74
4.2.4.	Contrôles vis-à-vis du risque amiante	79
5.	Résultats de la campagne de reconnaissance	80
5.1.	Nature des terrains	80
5.2.	Analyses de sols.....	81
5.2.1.	Présentation.....	81
5.2.2.	Résultats en Hydrocarbures	83
5.2.3.	Résultats en composés explosifs	85
5.2.4.	Résultats en phénols	85
5.2.5.	Résultats en phtalates.....	86
5.2.6.	Résultats en solvants.....	86
5.2.7.	Résultats en COHV.....	87
5.2.8.	Résultats en éléments traces métalliques	88
5.2.9.	Résultats en PCB.....	93
5.2.10.	Résultats en hydrocarbures aromatiques polycycliques	93
5.2.11.	Résultats en composés aromatiques volatils	94
5.2.12.	Critères d'acceptabilité en ISDI.....	95
5.2.13.	Composés azotés et soufrés	96
5.2.14.	Dioxines et furannes.....	97
5.2.15.	Screening.....	97
6.	Interprétation des résultats.....	98
6.1.	Nature des terrains	98
6.2.	Résultats des analyses des sols	98
6.3.	Zone d'épandage.....	99
6.3.1.	Composés organiques	99
6.3.2.	Eléments traces métalliques	100
6.4.	Anciennes cuves enterrées à l'entrée Sud du site	101
7.	Synthèse - Recommandations.....	102

Liste des figures dans le texte

Figure 1 : Localisation géographique du site étudié	12
Figure 2 : Localisation géographique précise (plan au 1/25 000)	13
Figure 3 : Vue aérienne du secteur d'étude.....	14
Figure 4 : Plan cadastral du site	15
Figure 5 : Contexte géologique du secteur (extrait carte géologique de Lagny n°184 au 1/50 000)	16
Figure 6 : Coupe géologique (source : Synthèse documentaire, historique et hydrogéologique – Site CEA de Vaujours dans son environnement – BURGEAP septembre 2001 – R.3288b/A.8314/C.301073).....	17
Figure 7 : Coupe hydrogéologique simplifiée de la butte d'Aulnay au droit du Fort de Vaujours (source : Synthèse documentaire, historique et hydrogéologique – Site CEA de Vaujours dans son environnement – BURGEAP septembre 2001 – R.3288b/A.8314/C.301073).....	20
Figure 8 : Piézométrie de la nappe du Calcaire de Brie (source : Projet de demande d'autorisation d'exploiter d'une carrière de gypse à ciel ouvert sur le site du Fort de Vaujours – Commune de Vaujours et Courtry – Etude hydraulique et hydrogéologique – HYDRATEC – 016-28885 – Mars 2013	22
Figure 9 : Contexte piézométrique de l'éocène moyen et inférieur du secteur (Megnier 1970).....	24
Figure 10 : Localisation des ouvrages d'eau à proximité du site	27
Figure 11 : Localisation des ouvrages d'eau destinés à l'alimentation en eau potable à proximité du site.....	28
Figure 12 : Bassins versants des eaux de ruissellement sur le Fort de Vaujours (source : Projet de demande d'autorisation d'exploiter d'une carrière de gypse à ciel ouvert sur le site du Fort de Vaujours – Commune de Vaujours et Courtry – Etude hydraulique et hydrogéologique – HYDRATEC – 016-28885 – Mars 2013 – Version 2.0).....	30
Figure 13 : Localisation de l'aqueduc de la Dhuys à proximité du Fort de Vaujours (source : Geoportail).....	31
Figure 14 : Carte de localisation des sites BASIAS et BASOL dans le secteur d'étude	37
Figure 15 : Localisation des zones naturelles, remarquables ou protégées à proximité du site	39
Figure 16 : Localisation des casemates de tirs pyrotechniques.....	54
Figure 17 : Carte de synthèse des différentes informations disponibles liées à la fabrication des explosifs et aux opérations de tirs.....	55
Figure 18 : Localisation des zones de stockage d'hydrocarbures	57
Figure 19 : Localisation des zones où des munitions enterrées ont été retrouvées (source : NAVARRA Frères).....	60
Figure 20 : Localisation des 5 secteurs concernés par l'utilisation d'explosifs.....	62
Figure 21 : Prises de vue du chantier de sondages	74
Figure 22 : Répartition des résultats par élément trace métallique.....	90
Figure 23 : Répartition des résultats en ETM par zone d'investigation	91

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

Liste des tableaux dans le texte

Tableau 1 : Liste des documents consultés dans le cadre de l'étude documentaire	10
Tableau 2 : Références cadastrales.....	14
Tableau 3 : Listing des ouvrages d'eau dans un rayon de 600 m autour du site.....	25
Tableau 4 : Liste des ouvrages d'eau destinés à l'alimentation en eau potable dans le secteur d'étude.....	26
Tableau 5 : Objectifs de qualité de la masse d'eau souterraine 3104 – Eocène du Valois	29
Tableau 6 : Liste des installations classées sur la commune de Vaujours et des autres ICPE proches du site	33
Tableau 7 : Sites BASIAS référencés à proximité du site d'étude dans un rayon de 300 m	35
Tableau 8 : Site BASOL référencé à proximité du site d'étude	36
Tableau 9 : Liste des documents consultés dans le cadre de l'étude historique.....	43
Tableau 10 : Historique des composés explosifs utilisés	48
Tableau 11 : Liste des bâtiments avec une activité de fabrication ou d'usage des explosifs	51
Tableau 12 : Liste des casemates de tirs pyrotechniques.....	53
Tableau 13 : Caractéristiques des anciens stockages d'hydrocarbures.....	56
Tableau 14 : Liste des transformateurs utilisés sur le site	58
Tableau 15 : Caractéristiques des investigations menées au droit des stockages enterrés d'hydrocarbures.....	66
Tableau 16 : Résultats des prélèvements de contrôles réalisés au droit des stockages enterrés d'hydrocarbures en 1997.....	67
Tableau 17 : Commentaires des prises de vue aériennes IGN.....	68
Tableau 18 : Sources de pollution potentielle	70
Tableau 19 : Liste des sondages qui n'ont pu être exécutés	71
Tableau 20 : Type d'analyses selon la source potentielle de pollution	75
Tableau 21 : Procédures analytiques des analyses des échantillons de sols.....	78
Tableau 22 : Résultats des contrôles de présence d'amianté réalisés dans les sols	79
Tableau 23 : Structures en béton enterrées repérées au droit des sondages.....	80
Tableau 24 : Sondages au droit desquels des résultats positifs au PID ont été détectés.	80
Tableau 25 : Incertitudes analytiques sur les analyses de sols	82
Tableau 26 : Incertitudes analytiques sur lixiviats	83
Tableau 27 : Valeurs des bruits de fond géochimique national, local et valeurs du témoin	88
Tableau 28 : Résultats en ETM comparés à l'échantillon témoin et concentrations maximales.....	89

Liste des tableaux de synthèse (volume séparé)

Tableau de synthèse 1 :	Liste des sondages exécutés
Tableau de synthèse 2 :	Répartition des analyses par sondage
Tableau de synthèse 3 :	Nature des terrains traversés au droit des sondages
Tableau de synthèse 4 :	Résultats en HCT C5-C10 dans les sols
Tableau de synthèse 5 :	Résultats en HCT C10-C40 dans les sols
Tableau de synthèse 6 :	Résultats en composés explosifs dans les sols
Tableau de synthèse 7 :	Résultats en phénols, phtalates et solvants dans les sols
Tableau de synthèse 8 :	Résultats en COHV dans les sols
Tableau de synthèse 9 :	Résultats en éléments traces métalliques dans les sols
Tableau de synthèse 10 :	Résultats en PCB dans les sols
Tableau de synthèse 11 :	Résultats en HAP dans les sols
Tableau de synthèse 12 :	Résultats en CAV dans les sols
Tableau de synthèse 13 :	Résultats des tests d'acceptabilité en ISDI
Tableau de synthèse 14 :	Résultats en dioxines et furannes dans les sols
Tableau de synthèse 15 :	Résultats des analyses de sols – Zone A1
Tableau de synthèse 16 :	Résultats des analyses de sols – Zone A2
Tableau de synthèse 17 :	Résultats des analyses de sols – Zone A3
Tableau de synthèse 18 :	Résultats des analyses de sols – Zone A4
Tableau de synthèse 19 :	Résultats des analyses de sols – Zone A5
Tableau de synthèse 20 :	Résultats des analyses de sols – Zone A6
Tableau de synthèse 21 :	Résultats des analyses de sols – Zone A7
Tableau de synthèse 22 :	Résultats des analyses de sols – Zone A8
Tableau de synthèse 23 :	Résultats des analyses de sols – Zone A9
Tableau de synthèse 24 :	Résultats des analyses de sols – Zone A10
Tableau de synthèse 25 :	Résultats des analyses de sols – Zone A11
Tableau de synthèse 26 :	Résultats des analyses de sols – Zone A12
Tableau de synthèse 27 :	Résultats des analyses de sols – Zone B2
Tableau de synthèse 28 :	Résultats des analyses de sols – Zone B3
Tableau de synthèse 29 :	Résultats des analyses de sols – Zone B4
Tableau de synthèse 30 :	Résultats des analyses de sols – Zone B6
Tableau de synthèse 31 :	Résultats des analyses de sols – Zone B7

Liste des planches (volume séparé)

- Planche 1 : Plan de localisation des sondages
- Planche 2 : Nature des terrains
- Planche 3 : Carte de synthèse des résultats en hydrocarbures totaux
- Planche 4 : Carte de synthèse des résultats en composés explosifs
- Planche 5 : Carte de synthèse des résultats en phénols, phtalates et solvants
- Planche 6 : Carte de synthèse des résultats en chrome
- Planche 7 : Carte de synthèse des résultats en nickel
- Planche 8 : Carte de synthèse des résultats en cuivre
- Planche 9 : Carte de synthèse des résultats en zinc
- Planche 10 : Carte de synthèse des résultats en arsenic
- Planche 11 : Carte de synthèse des résultats en cadmium
- Planche 12 : Carte de synthèse des résultats en étain
- Planche 13 : Carte de synthèse des résultats en baryum
- Planche 14 : Carte de synthèse des résultats en mercure
- Planche 15 : Carte de synthèse des résultats en plomb
- Planche 16 : Carte de synthèse des résultats en éléments traces métalliques
Echantillon majoritairement prélevé dans le premier mètre de terrain
- Planche 17 : Carte de synthèse des résultats en éléments traces métalliques
Echantillon prélevé en profondeur
- Planche 18 : Carte de synthèse des résultats des tests d'acceptabilité en ISDI

Liste des annexes (volume séparé)

- Annexe 1 : Tableau de synthèse Norme NF X 31-620
- Annexe 2 : Fiches BASIAS et BASOL
- Annexe 3 : Plan de répartition des bâtiments (Source : PLACOPLATRE)
- Annexe 4 : Plan de localisation des puits d'infiltration et du réseau d'eaux pluviales
(Source : PLACOPLATRE)
- Annexe 5 : Plan de localisation des anciens transformateurs (source : PLACOPLATRE)
- Annexe 6 : Vues aériennes (Source : IGN)
- Annexe 7 : Mode opératoire de la campagne de reconnaissance des sols
- Annexe 8 : Bordereaux de résultats du Laboratoire L3A dans le cadre du suivi de
l'empoussièrement
- Annexe 9 : Fiches de prélèvement des échantillons de sols
- Annexe 10 : Rapports d'analyses Wessling

1. Introduction

1.1. Contexte et objectifs

L'entreprise PLACOPLATRE exploite, depuis près de 70 ans, le premier site mondial de transformation de gypse à Vaujours dans le département de Seine-Saint-Denis (93). Aujourd'hui, son besoin en matière première représente environ 1 000 000 de tonnes par an. PLACOPLATRE souhaite exploiter le gypse présent dans les sous-sols de l'ancien Fort de Vaujours localisé à 500 m au Sud de l'usine sur les communes de Vaujours (93) et de Courtry (77) et a acquis une partie de l'emprise du site en 2010.

Dans le cadre de sa procédure d'autorisation administrative d'exploitation, PLACOPLATRE doit remettre un Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE) comprenant un diagnostic de l'état de pollution des sols.

C'est pourquoi, l'entreprise a confié à Antea Group la réalisation de cette mission par lettre de commande n°4400575015 du 15/09/2015. Les travaux effectués et les résultats obtenus font l'objet du présent document.

Le diagnostic de pollution des sols ne concerne pas les radioéléments.

Depuis 1956 jusqu'en décembre 1997, le site a été utilisé par le CEA pour l'étude des poudres et explosifs utiles à la réalisation d'armes nucléaires. Les bâtiments sont actuellement en cours de démolition.

Les prestations réalisées par Antea Group sont conformes aux préconisations de la norme AFNOR NF X 31-620 de septembre 2003 (Prestations de services relatives aux sites et sols pollués), selon une mission codifiée A100, A110 et A120 selon le référentiel QUALIPOL (cf. Annexe 1).

1.2. Méthodologie

La méthodologie pour la gestion des sites et sols pollués a été mise à jour en février 2007.

La politique nationale, tirée du retour d'expérience depuis une dizaine d'années, est fondée sur une gestion des sites selon les risques sanitaires et environnementaux mis en évidence.

De manière générale, les textes font clairement apparaître des préférences pour les approches pragmatiques et de « bon sens » en privilégiant par exemple des mesures directes aux points d'exposition. Cette démarche, basée sur 4 circulaires et plus de 20 outils méthodologiques a pour but d'être progressive et évolutive.

PLACOPLATRE

*Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A*

La démarche de gestion des sites et sols pollués a pour objectifs d'identifier :

- les sources de pollution,
- les différents milieux de transfert et leurs caractéristiques,
- les enjeux à protéger (populations riveraines, ressources naturelles, usages des milieux et de l'environnement, milieux d'exposition).

Les outils permettant d'identifier ces différents points sont notamment : une visite de site, l'étude historique et documentaire, le diagnostic sur site du milieu souterrain et les campagnes de mesures.

Il a été établi à partir notamment :

- de la consultation du dossier d'abandon du site établi par le CEA en 1998 et mis à jour par différents compléments (volumes 2 à 4), transmis par PLACOPLATRE ;
- des visites du site effectuées les 14 et 28 octobre 2015 en présence de différents intervenants de PLACOPLATRE.

2. Etude documentaire

2.1. Objectifs

L'étude documentaire a pour objectif de caractériser la sensibilité et la vulnérabilité du site en s'appuyant sur les contextes géologiques, hydrogéologiques et hydrologiques.

2.2. Sources d'information

L'étude documentaire a été réalisée à partir :

- de la Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service (BASIAS) du BRGM (<http://basias.brgm.fr>) ;
- de la Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif (BASOL) du Ministère de l'Energie, de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (<http://basol.environnement.gouv.fr>) ;
- de la carte géologique de Lagny (n°184) au 1/50 000 ;
- de la banque de données du Sous-sol du BRGM (<http://infoterre.brgm.fr>) ;
- des sites internet des villes de Vaujours et Courtry ;
- de la base des installations classées du Ministère de l'Energie, de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (<http://installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr>)
- du site internet de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE) d'Ile de France (<http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/>)

Les études de synthèse transmises par PLACOPLATRE et réalisées par BURGEAP et HYDRATEC (cf. tableau suivant) ont également été prises en compte pour l'étude documentaire relative au contexte géologique, hydrogéologique et hydraulique du site.

Titre du document	Date	Référence
Le site CEA de Vaujours dans son environnement – Synthèse documentaire historique et hydrogéologique	Septembre 2001	Rapport BURGEAP R.3288b/A.8314/C.301073
Projet de demande d'autorisation d'exploitation d'une carrière de gypse à ciel ouvert sur le site du Fort de Vaujours. Communes de Vaujours (93) et Courtry (77). Etude hydraulique et hydrogéologique.	Mars 2013	Rapport HYDRATEC n°016-28885

Tableau 1 : Liste des documents consultés dans le cadre de l'étude documentaire

2.3. Situation géographique

2.3.1. Implantation géographique

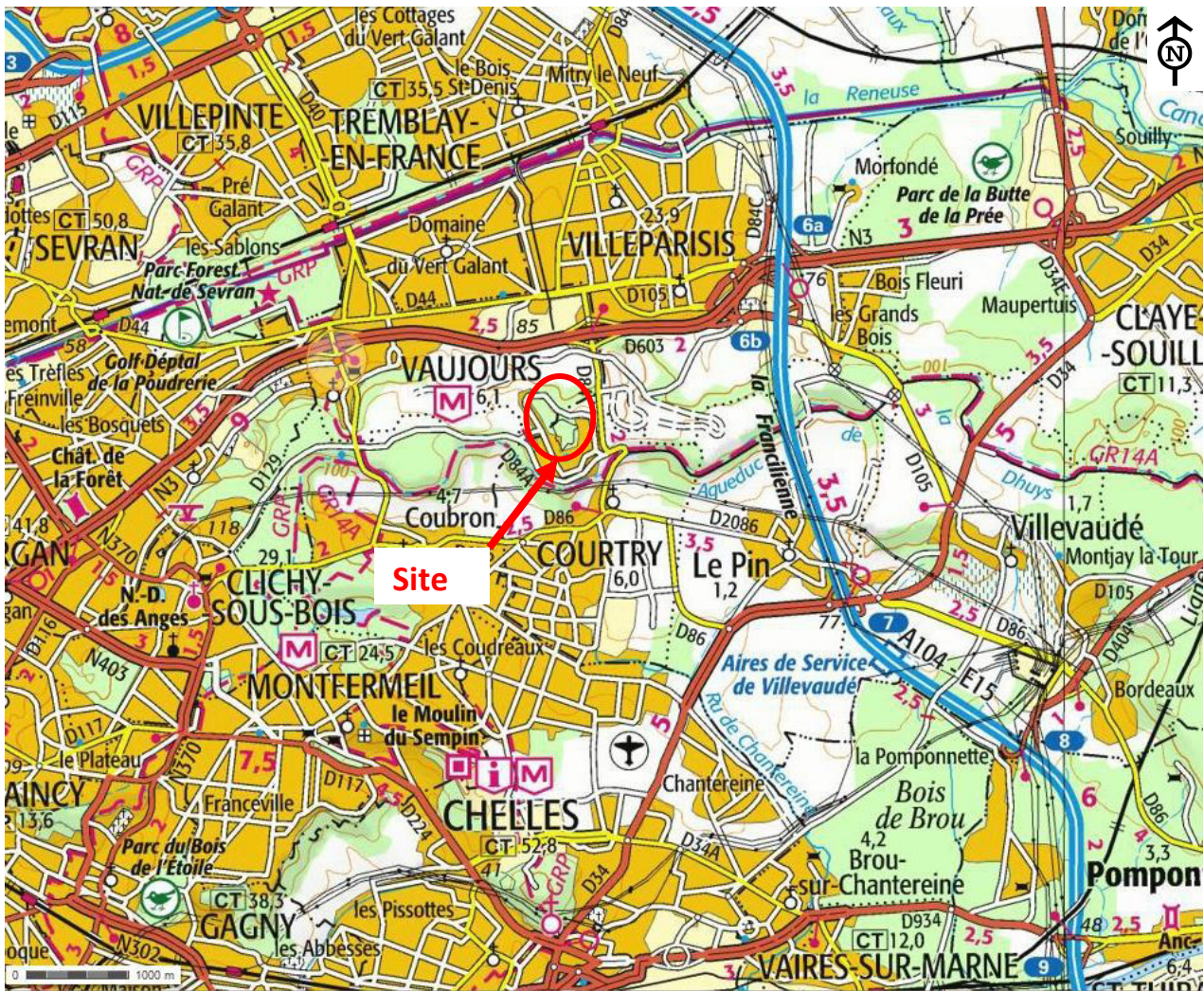
Le site d'étude s'étend sur une partie de l'ancien Fort de Vaujours, présent au nord de la RD 84A1, sur les communes de Vaujours, en Seine-Saint-Denis, et de Courtry, en Seine et Marne.

Il est localisé dans un environnement marqué par la présence de nombreuses carrières de gypse, en souterrain et à ciel ouvert. Il occupe une superficie totale de 298 871 m² dont 97 491 m² sur Vaujours et 201 380 m² sur Courtry d'après les emprises cadastrales.

Le Fort de Vaujours constitue le point culminant du secteur et repose sur une butte. Le point le plus haut, au centre du Fort, se situe à une cote de +130 m NGF. La voie qui contourne l'ensemble du Fort se situe à environ +120 m NGF.

L'accès au site se fait par la route départementale 84A1 également nommée route stratégique.

Les **Figure 1 et 2** présentent des extraits des cartes IGN du secteur d'étude.



Extrait de géoportail.fr

Figure 1 : Localisation géographique du site étudié

2.3.2. Environnement industriel et boisé

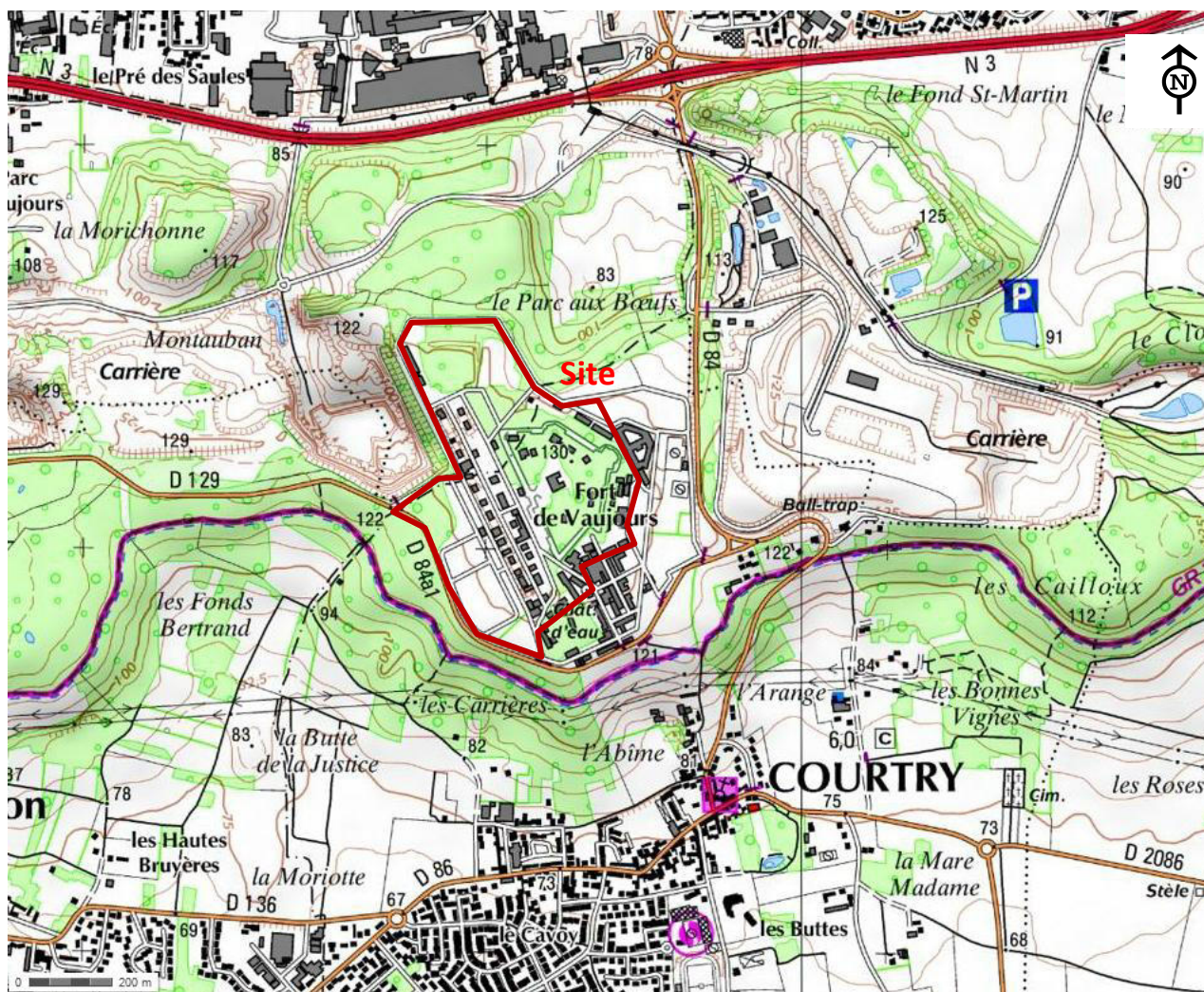
Le site d'étude correspond actuellement à une zone en friche.

Il est localisé dans un environnement industriel et boisé et est délimité :

- au nord par le Parc aux Bœufs ;
- à l'ouest par une carrière à ciel ouvert et les bois environnants, la limite ouest du site est matérialisée en partie par la RD 84a1 ;
- au sud par les anciens bâtiments du Centre d'Etudes de Vaujours et la RD84a1 ;
- à l'est par les anciens bâtiments du CEV et le Parc aux Bœufs.

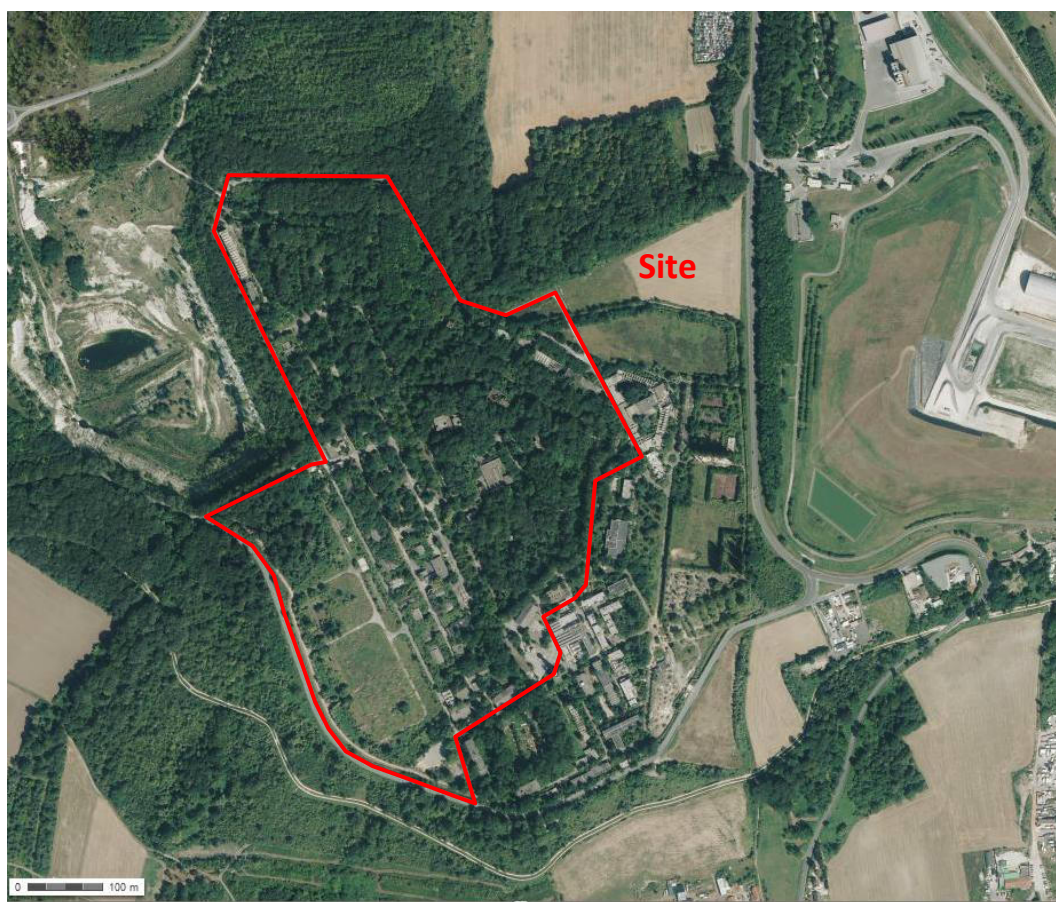
La vue aérienne du secteur est présentée sur la **Figure 3** ci-après.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A



Extrait de géoportail.fr

Figure 2 : Localisation géographique précise (plan au 1/25 000)



Extrait de géoportail.fr

Figure 3 : Vue aérienne du secteur d'étude

2.4. Références cadastrales

Le site d'étude est localisé sur deux communes. Les références cadastrales des parcelles figurent dans le tableau suivant. L'emprise totale des parcelles atteint 298 871 m².

Commune	Parcelle	Emprise en m ²	Commune	Parcelle	Emprise en m ²
Vaujours	000 B 436	97 491	Courtry	000 BA 45	3 843
Courtry	000 BA 5	1 791	Courtry	000 BA 47	91 681
Courtry	000 BA 6	1 540	Courtry	000 BA 50	3 413
Courtry	000 BA 7	9 283	Courtry	000 BA 52	3 000
Courtry	000 BA 9	3 095	Courtry	000 BA 53	50 245
Courtry	000 BA 43	33 489			

Tableau 2 : Références cadastrales

L'emprise des parcelles cadastrales est indiquée sur la **Figure 4** de la page suivante.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A



Extrait de geoportail.fr

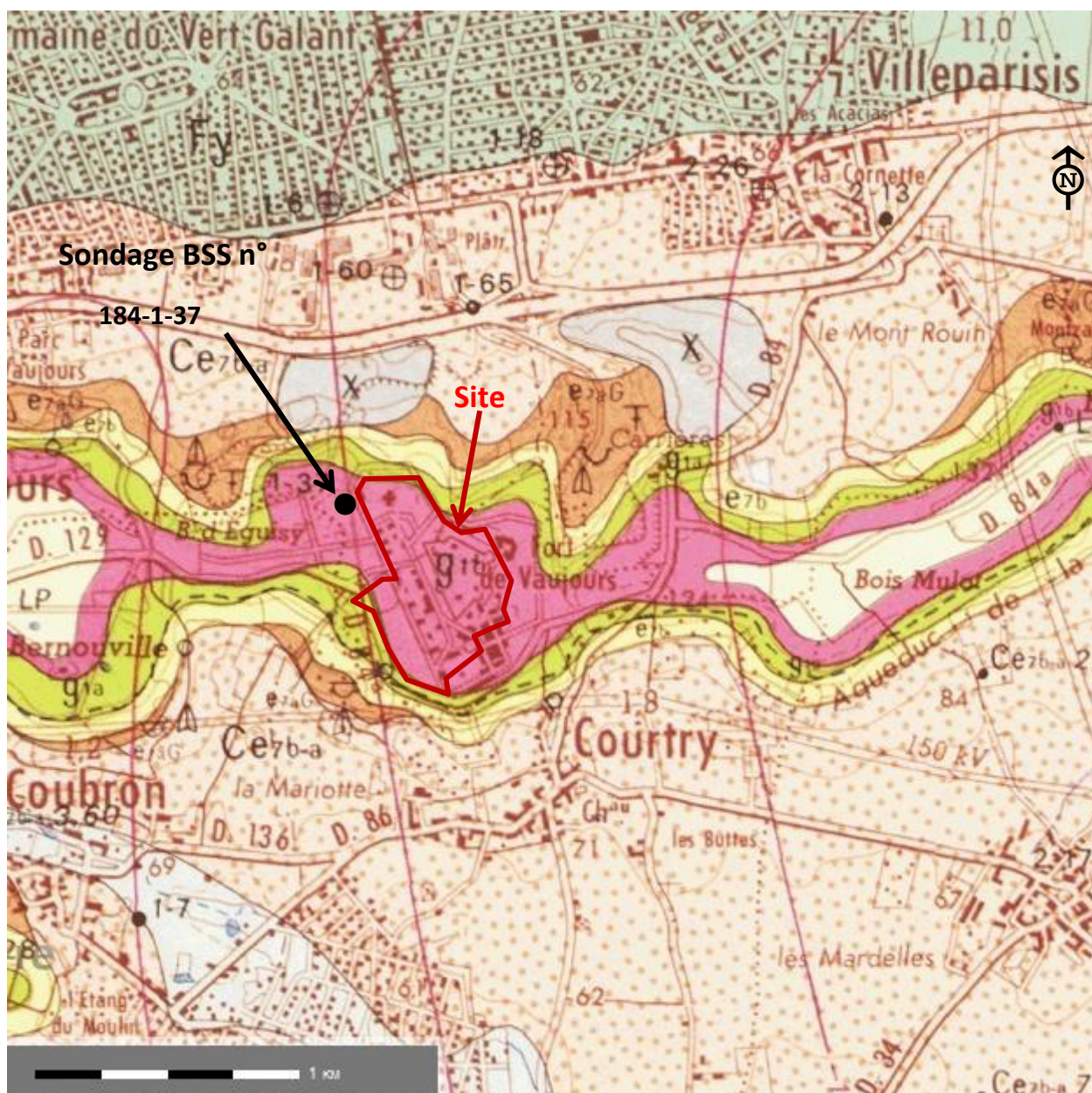
Figure 4 : Plan cadastral du site

2.5. Contexte géologique

Le contexte géologique du secteur d'étude est illustré par la carte géologique de Lagny n°184 au 1/50 000 (cf. **Figure 5**).

Le site se trouve dans le nord de la Brie française, au nord de la Marne, sur une butte de formations tertiaires (butte d'Aulnay).

Ce secteur est marqué par un faciès gypseux.



Extrait de infoterre.brgm.fr

Figure 5 : Contexte géologique du secteur (extrait carte géologique de Lagny n°184 au 1/50 000)

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A

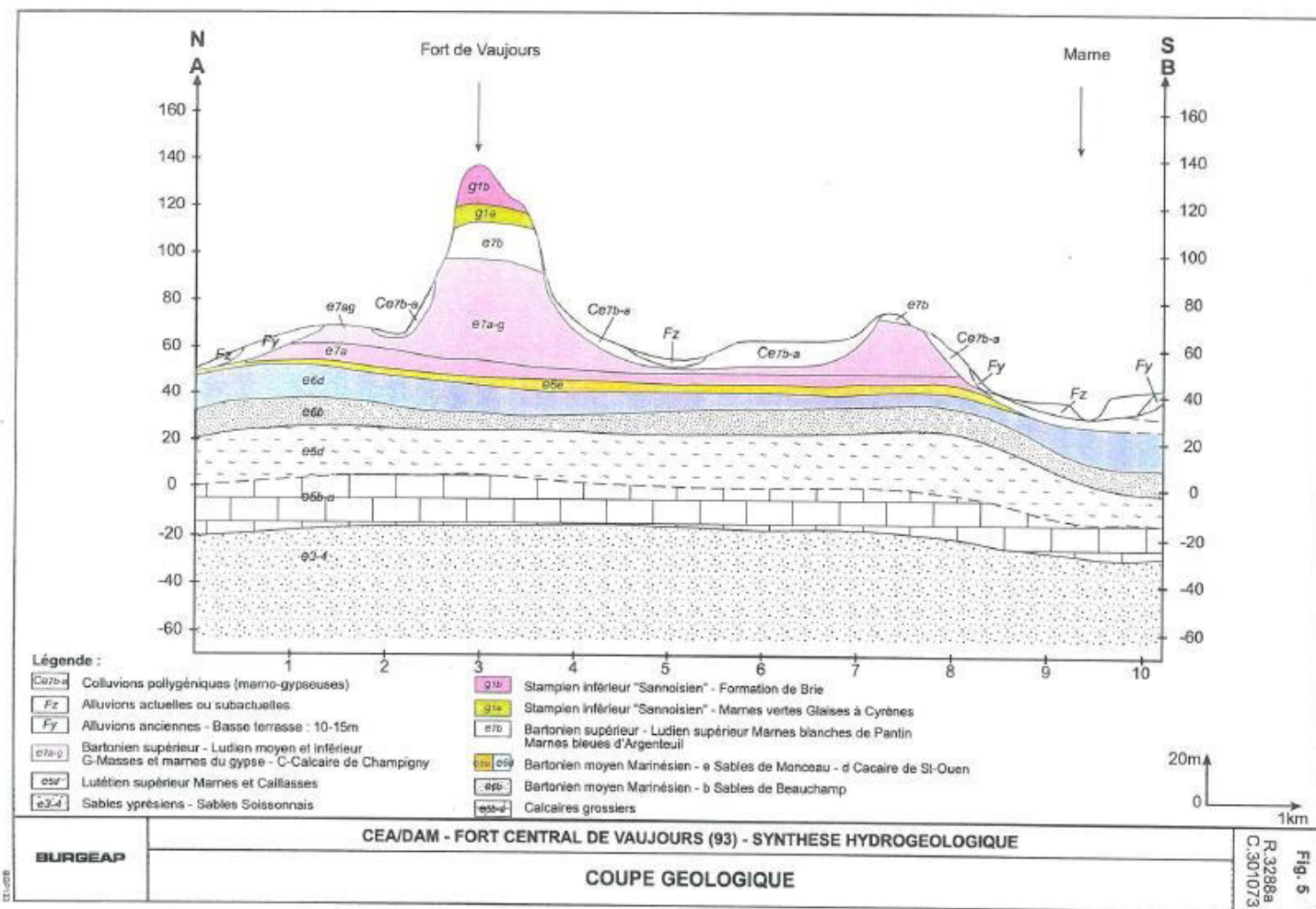


Figure 6 : Coupe géologique (source : Synthèse documentaire, historique et hydrogéologique – Site CEA de Vaujours dans son environnement – BURGEAP septembre 2001 – R.3288b/A.8314/C.301073)

D'après la carte géologique de Lagny, les coupes géologiques disponibles dans la BSS dont celle du sondage le plus proche (en limite de l'emprise du site) référencé sous le n°184-1-37, et la coupe extraite du document de 2001 de BURGEAP¹ (Figure 6), la géologie locale est constituée à partir de la surface par :

- **Le calcaire de Brie (g1b) (Stampien inférieur : Sannoisien)** : cette formation est constituée d'une succession de lits marno-calcaires blanchâtres entrecoupés de niveaux argileux bruns ou de passées sablo-gréseuses. Au droit du site cette formation représente une épaisseur de 2 m ;
- **Argiles vertes et Glaises à Cyrènes (g1a) (Stampien inférieur : Sannoisien)** : les argiles vertes reposent sur des argiles feuilletées verdâtres et brunâtres : ce sont les Glaises à Cyrènes. Au droit du site, l'épaisseur de cette formation est de 8,8 m ;
- **Marnes supragypseuses (e7b) (Bartonien supérieur : Ludien supérieur)** : cette formation englobe les Marnes blanches de Pantin et les Marnes bleues d'Argenteuil. Les marnes blanches de Pantin sont des marnes calcaires gris verdâtre à la base et blanchâtres au sommet. Les Marnes bleues d'Argenteuil sont beaucoup plus argileuses que les précédentes. Elles prennent à l'affleurement une teinte gris bleuté à la partie supérieure, vert ocre à grise à la partie inférieure. Au droit du site, l'épaisseur de cette formation représente 15 m ;
- **Masses et Marnes du Gypse (e7ag) (Bartonien supérieur : Ludien moyen et inférieur)** : Le Ludien correspond à l'installation d'un régime lagunaire qui se traduit au Nord de la Marne par un faciès sursalé où se déposent alternativement des masses de gypse saccharoïde et des bancs de marnes à intercalations gypseuses. Cette formation peut atteindre 20 m d'épaisseur ;
- **Marnes à Pholadomyes (e7a) (Bartonien supérieur : Ludien inférieur)** : il s'agit de marnes calcareuses magnésiennes, jaunâtres à grisâtres avec des niveaux plus argileux gris bleuté. Leur épaisseur est de l'ordre de 2 m ;
- **Sables de Monceau (e6e)** : nommés également Sables infragypseux correspondant à un complexe sablo-argileux avec des intercalations gréseuses et marno-calcaires voire gypseuses ;
- **Calcaire de Saint Ouen (e6d)** : constitué de marnes et calcaires de couleur crème, rosée et grisâtre. Des niveaux de marnes argileuses et d'argile s'intercalent entre les bancs calcaires ;
- **Sables de Beauchamp (e6b) (Bartonien inférieur : Auversien)** : représentés par des sables quartzeux avec des intercalations argileuses ;

¹ Synthèse documentaire, historique et hydrogéologique – Site CEA de Vaujours dans son environnement – BURGEAP septembre 2001 – R.3288b/A.8314/C.301073

- **Marnes et caillasses (e5d) (Lutétien supérieur)** : formation assez hétérogène, d'épaisseur variable. Elle comporte une alternance de marnes blanchâtres et grises, de calcaires durs, de marno-calcaires et d'argiles brunes magnésiennes. Cette formation contient parfois des bancs de gypse. A la dissolution de ce gypse on peut voir apparaître en surface des effondrements (fontis) ;
- **Calcaire grossier moyen et inférieur (e5b-a) (Lutétien inférieur)** : il s'agit de calcaires glauconieux grisâtres.

2.6. Contexte hydrogéologique

2.6.1. Description des nappes en présence

L'Ile-de-France se situe au centre du bassin sédimentaire de Paris dont la structure générale en cuvette permet d'identifier les différentes formations déposées au cours des ères secondaire et tertiaire.

En raison de l'alternance des terrains perméables et imperméables, plusieurs réservoirs se superposent, mais sont sollicités différemment. Plusieurs nappes peuvent être distinguées. De haut en bas ce sont :

- La nappe du réservoir des alluvions de la Marne et du Grand-Morin,
- la nappe du réservoir oligocène,
- la nappe du réservoir éocène supérieur,
- la nappe du réservoir éocène moyen et inférieur,
- la nappe du réservoir de la craie,
- la nappe du réservoir albien.

Au droit de l'ancien Fort de Vaujours, les différents aquifères rencontrés, sont représentés en **Figure 7** par :

- la nappe du réservoir oligocène (Calcaire de Brie),
- la nappe de l'éocène supérieur (Calcaires de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp),
- la nappe de l'éocène inférieur et moyen (Marnes et caillasses et Calcaire grossier).

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A

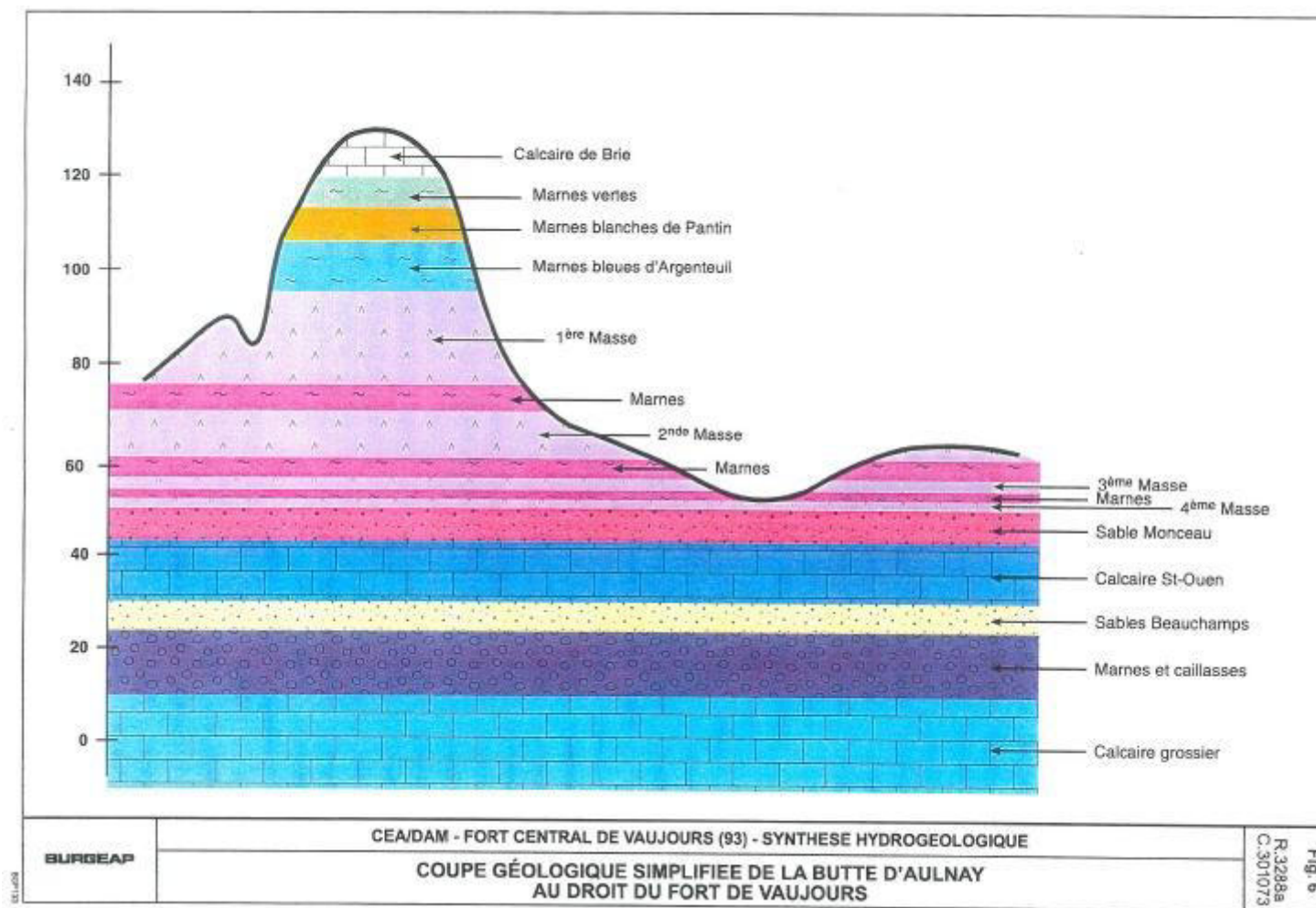


Figure 7 : Coupe hydrogéologique simplifiée de la butte d'Aulnay au droit du Fort de Vaujours (source : Synthèse documentaire, historique et hydrogéologique – Site CEA de Vaujours dans son environnement – BURGEAP septembre 2001 – R.3288b/A.8314/C.301073)

La nappe du réservoir oligocène :

La nappe du réservoir oligocène est contenue dans la formation des calcaires de Brie. Il s'agit d'une nappe perchée qui repose sur les Marnes vertes imperméables. Elle est alimentée par l'impluvium et les lignes de sources perchées au niveau des Marnes vertes en constituent l'exutoire naturel. Elle est peu exploitée du fait de sa faible puissance et de ses caractéristiques hydrodynamiques médiocres.

La nappe des calcaires de Brie forme un dôme piézométrique au droit du Fort de Vaujours. A partir des données de 2002, sur les piézomètres présents à l'époque, Hydratec², a réalisé la carte présentée en Figure 8.

D'après cette carte, le niveau de la nappe des calcaires de Brie est compris entre 120 m NGF et 123 m NGF. Selon la topographie du site, sa profondeur est variable, elle peut être proche du sol dans la partie basse du site et profonde de 7 m dans la partie culminante.

Cette nappe s'écoule principalement vers le sud, en présentant deux directions privilégiées d'écoulement :

- écoulement vers le sud-ouest avec un exutoire sur une source mentionnée sur plan mais non identifié sur site par Hydratec en 2012,
- écoulement vers le sud-est avec des exutoires à la Source des Malades et la source J.

Les formations du Ludien sont constituées d'une alternance de niveaux marneux et de niveaux de gypse. Cet ensemble forme un niveau peu perméable entre la nappe du réservoir oligocène et la nappe du réservoir éocène supérieur.

Les résultats de l'étude menée par BURGEAP montrent :

- que les formations qui surmontent le gypse sont très peu perméables ;
- que la très faible porosité du gypse massif limite les possibilités de circulation des eaux, et que quand elles existent-elles se produisent à la faveur de fissures ;
- que les marnes intercalées entre les masses de gypse sont elles-mêmes des formations peu perméables.

² : Projet de demande d'autorisation d'exploitation d'une carrière de gypse à ciel ouvert sur le site du Fort de Vaujours – Communes de Vaujours et Courtry – Etude hydraulique et hydrogéologique – HYDRATEC – 016-28885 – Mars 2013 – Version 2.0

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A

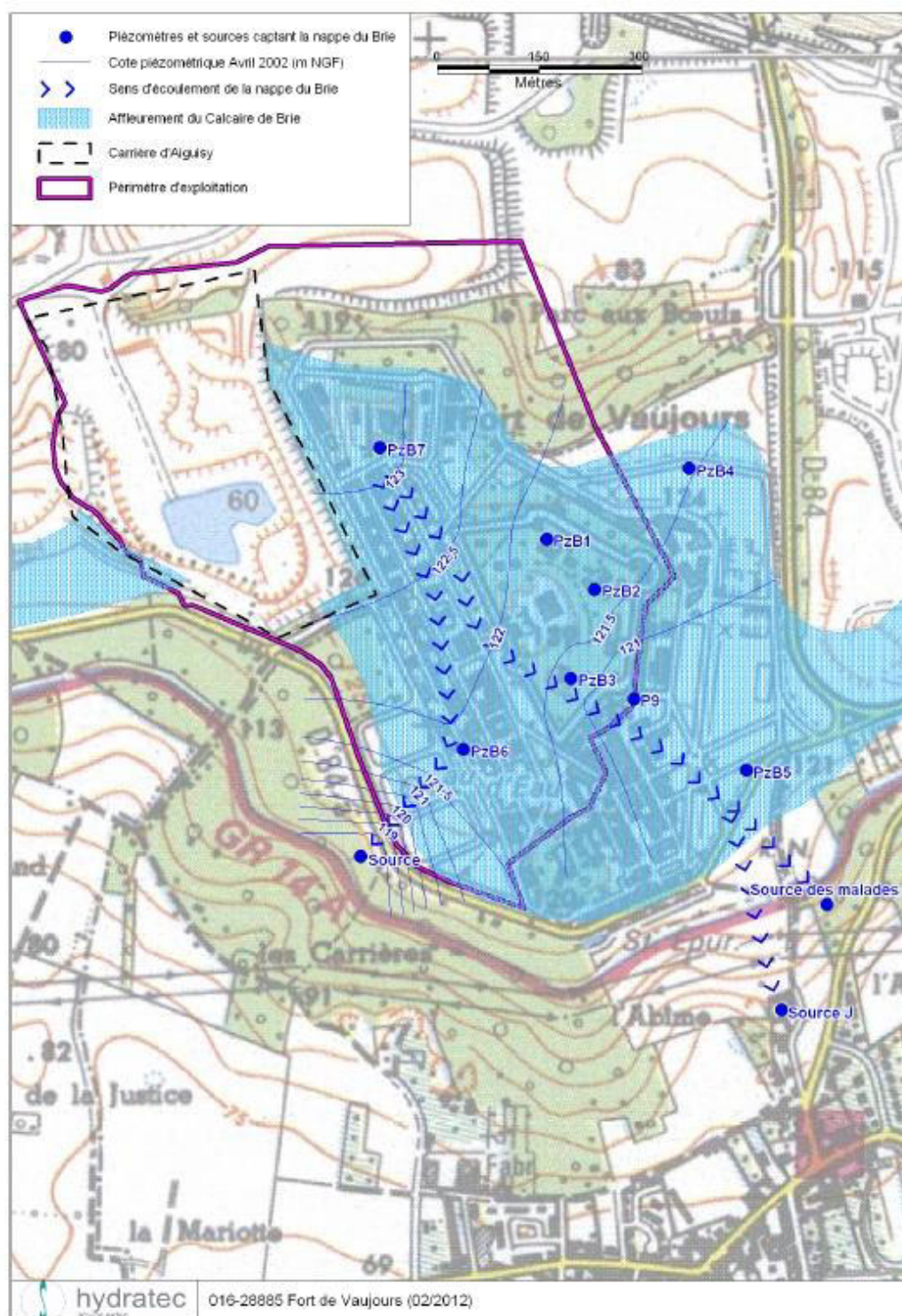


Figure 8 : Piézométrie de la nappe du Calcaire de Brie (source : Projet de demande d'autorisation d'exploiter d'une carrière de gypse à ciel ouvert sur le site du Fort de Vaujours – Commune de Vaujours et Courtry – Etude hydraulique et hydrogéologique – HYDRATEC – 016-28885 – Mars 2013

La nappe du réservoir éocène supérieur :

La nappe du réservoir éocène supérieur ou du bartonien est contenue dans **les calcaires de Saint Ouen et les Sables de Beauchamp**. Au droit de Vaujours, l'aquifère des Sables de Beauchamp est souvent en communication avec celui du calcaire de Saint Ouen. Cette nappe est peu exploitée, les eaux étant très minéralisées par suite de la présence de gypse.

L'étude menée par BURGEAP ⁽¹⁾ a montrée que cette nappe s'écoule globalement du nord vers le sud et est drainée par la Marne. Le niveau de cette nappe au droit du Fort était proche de +55 m NGF entre les années soixante et les années soixante-dix. Actuellement, la nappe a une cote piézométrique voisine de +60 m NGF.

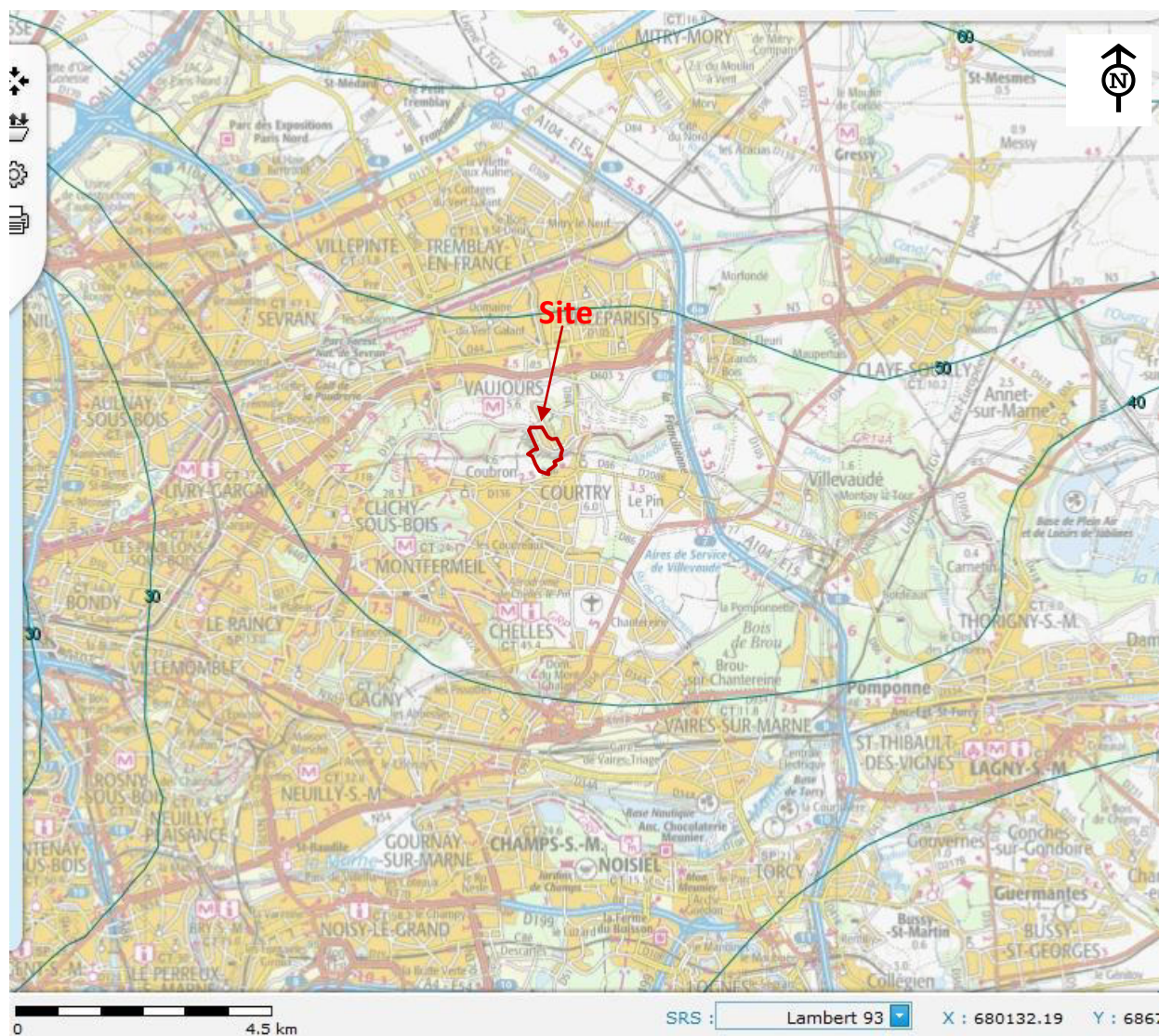
Selon l'étude menée par Hydratec, la nappe de l'Eocène supérieur s'écoule du nord-est vers le sud-ouest au droit du Fort de Vaujours.

La nappe du réservoir éocène moyen et inférieur :

La nappe du réservoir éocène moyen et inférieur est la plus exploitée dans le secteur d'étude. Le réservoir est mixte car il intéresse les **Marnes et caillasses, le Calcaire grossier et les Sables du Soissonnais**. Au droit du Fort de Vaujours, cette nappe s'écoule du nord-nord est vers le sud-sud ouest (cf. Figure 9), en direction de la Marne, et se situe à environ +47 m NGF, soit à une profondeur comprise entre 73 m et 83 m.

Cette nappe, en charge sous les passées plus argileuses des marnes et caillasses du Lutétien supérieur, a un niveau piézométrique situé à une dizaine de mètres en dessous de la nappe de l'éocène supérieur. Cette dernière participe, donc, par drainance, à l'alimentation de la nappe de l'éocène moyen et inférieur ⁽¹⁾.

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A



Extrait de sigessn.brgm.fr

Figure 9 : Contexte piézométrique de l'éocène moyen et inférieur du secteur (Megnier 1970)

2.6.2. Usages des eaux souterraines

D'après la banque de données du sous-sol (BSS) du BRGM, les ouvrages existants, dans un rayon de 0,6 km à proximité du site, sont listés dans le tableau suivant.

Référence	Nature	Usage	Nappe captée	Position hydraulique supposée /zone d'étude
184-1-259	Forage	Eau industrielle	Marnes et caillasses Eocène moyen et inférieur	Amont
184-1-253	Forage	Eau industrielle	Marnes et caillasses Eocène moyen et inférieur	Amont
184-1-246	Puits	Eau industrielle	Inconnue	Amont
184-1-159	Puits	Eau industrielle	Inconnue	amont
184-1-97 (*)	Sondage	Puits d'aération	Absence eau	Latéral
184-1-37 (*)	sondage	Puits d'aération	Absence eau	Latéral
(*) Ces 2 puits mentionnés dans la banque de données du sous-sol correspondent à 2 puits d'aération de la carrière PLACOPLATRE qui n'existent plus à l'heure actuelle.				
184-1-108	Forage	Inconnu	Calcaire Saint Ouen Eocène supérieur	Aval
184-1-176	Sondage	-/-	Calcaire Saint Ouen Eocène supérieur	Aval
184-1-85	Forage	Inconnu	Calcaire Saint Ouen Eocène supérieur	Aval
184-2-34	Forage	Eau aspersion	Calcaire Saint Ouen Eocène supérieur	Aval
184-2-71	Puits	Eau irrigation	Inconnue	Aval

Tableau 3 : Listing des ouvrages d'eau dans un rayon de 600 m autour du site

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

Les captages d'alimentation en eau potable, recensés dans la banque de données du sous-sol (BSS) du BRGM et des ARS de Seine-Saint-Denis et de Seine-et-Marne, les plus proches du site sont les suivants.

Référence	Commune	Distance du site	Nappe captée	Position hydraulique supposée /zone d'étude
184-1-24	Tremblay en France	2,5 km au nord ouest	Calcaire Saint Ouen Eocène supérieur	Amont
184-1-166			Calcaires grossiers et Sables du Soissonnais Eocène moyen et inférieur	
154-5-87		4,5 km au nord ouest	Calcaires grossiers et Sables du Soissonnais Eocène moyen et inférieur	

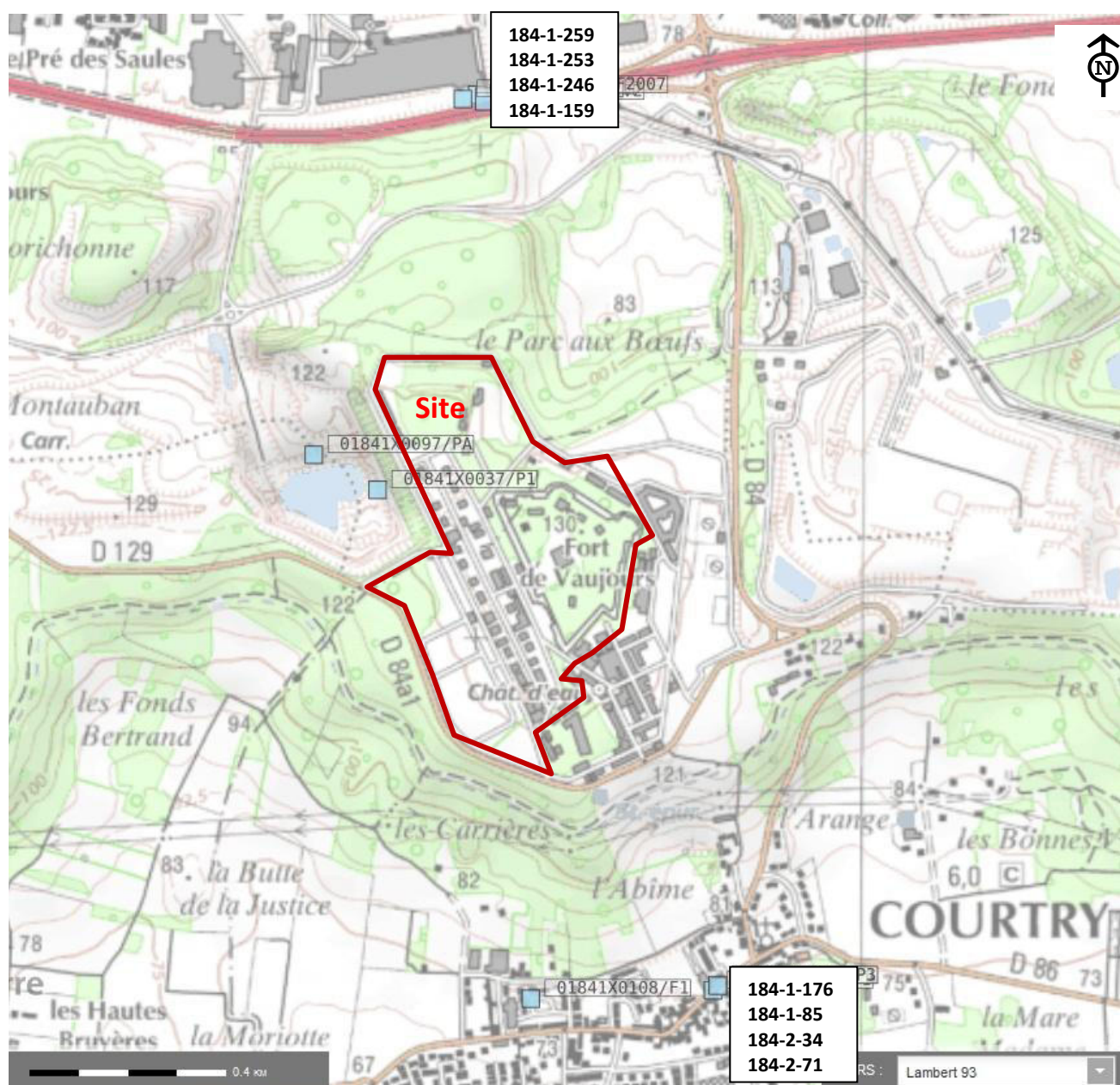
Tableau 4 : Liste des ouvrages d'eau destinés à l'alimentation en eau potable dans le secteur d'étude

D'après les données des ARS de Seine-Saint-Denis (mise à jour 2014) et de Seine et Marne (mise à jour 2010) l'ouvrage assurant une alimentation en eau potable le plus proche du projet se situe sur le territoire de Tremblay en France (184-1-166).

Cet ouvrage qui capte l'aquifère de l'Eocène moyen et inférieur est localisé à l'amont du site par rapport au sens d'écoulement général de cet aquifère (cf. contexte piézométrique de la Figure 9). Il ne dispose pas de périmètre de protection.

L'ouvrage 184-1-24 est abandonné.

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A



Extrait de infoterre.brgm.fr

Figure 10 : Localisation des ouvrages d'eau à proximité du site

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A



Extrait de geoportail.fr

Figure 11 : Localisation des ouvrages d'eau destinés à l'alimentation en eau potable à proximité du site

2.6.3. Qualité et objectif de qualité

Le site appartient à la masse d'eau du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands. D'après les données du SDAGE 2010-2015, le Fort de Vaujours se situe dans les masses d'eau souterraines suivantes :

- 3104 « Eocène du Valois » dont l'état est bon (données 1995 – 2005),
- 3218 « Albien-Néocomien captif » dont l'état est bon (données 1995 – 2005).

La masse d'eau de l'Albien-Néocomien n'est pas concernée par le projet puisqu'elle se situe à plus de 500 mètres de profondeur.

Les objectifs de qualité de la masse d'eau 3104, Eocène du Valois sont les suivants :

<i>Objectif Global</i>		<i>Objectifs chimiques</i>		<i>Objectifs quantitatifs</i>	
Etat	Délai	Objectif	Délai	Objectif	Délai
Bon état	2015	Bon état	2015	Bon état	2015

Tableau 5 : Objectifs de qualité de la masse d'eau souterraine 3104 – Eocène du Valois

2.7. Contexte hydraulique

Les informations relatives au contexte hydraulique proviennent du rapport HYDRATEC de mars 2013.

Le Fort de Vaujours dispose d'un réseau de collecte des eaux pluviales qui permet d'évacuer les eaux de ruissellement (cf. Figure 12), de plusieurs manières :

- par infiltration par l'intermédiaire des 6 puits d'infiltration du site (P1, P2, P3, P4, P5 et P9). Le plan de localisation des puits et des réseaux de collecte des eaux est présenté en annexe 4.
- vers le réseau d'eaux pluviales de la commune de Courtry,
- vers le milieu naturel.

Les puits d'infiltration traversent le calcaire de Brie, les argiles vertes et les marnes supra-gypseuses pour atteindre le toit du Gypse où les eaux d'infiltration entraînent la formation de poches de dissolution à la base des puits.

Le Fort dispose de douves qui semblent avoir été creusées jusqu'au sommet des argiles vertes, à 7 ou 8 m de profondeur. Elles seraient donc en communication avec la nappe de Brie et possèdent les puits d'infiltration comme exutoire. Le niveau d'eau dans ces douves était de +120 m NGF en juin 2001. Cette cote est cohérente avec la piézométrie de la nappe de Brie.

Le ruissellement au sud de la butte rejoint le réseau d'eaux pluviales de Courtry. Les eaux de drainage au nord de la butte sont acheminées vers le réseau d'assainissement de l'usine Placoplatre via un réseau d'eau dédié.

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A

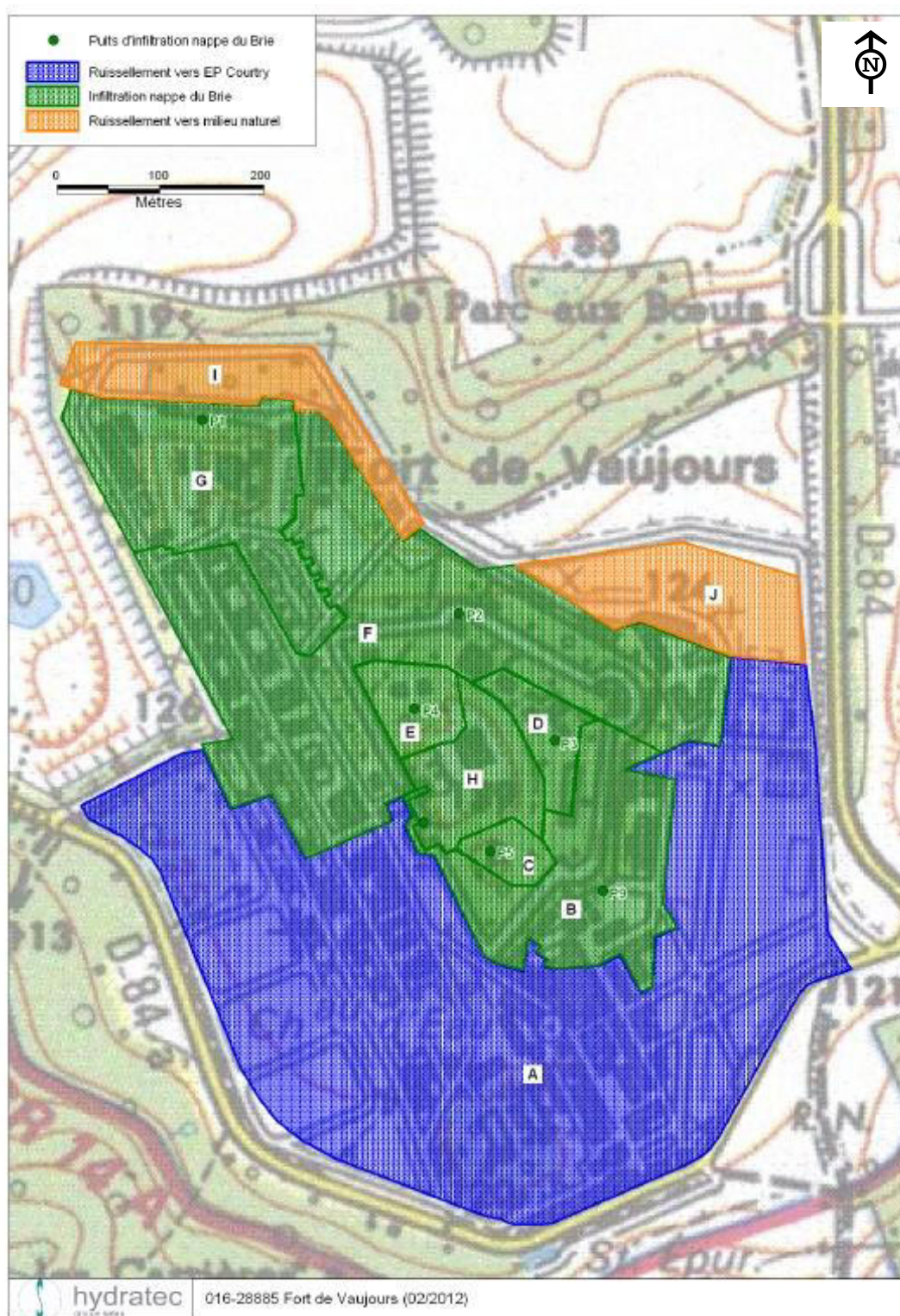


Figure 12 : Bassins versants des eaux de ruissellement sur le Fort de Vaujours (source : Projet de demande d'autorisation d'exploiter d'une carrière de gypse à ciel ouvert sur le site du Fort de Vaujours – Commune de Vaujours et Courtry – Etude hydraulique et hydrogéologique – HYDRATEC – 016-28885 – Mars 2013 – Version 2.0)

2.8. Contexte hydrologique

2.8.1. Rivières, cours d'eau, canal

Il n'existe pas de cours d'eau à proximité du site. Les plus proches correspondent :

- au canal de l'Ourcq, nommé également Canal de la Ville de Paris, localisé sur le territoire de Vaujours, il est situé à 2,1 km au nord du site. Le canal est propriété de la Ville de Paris ;
- Le ru de Chantereine, localisé au Sud de la commune de Courtry à 2,1 km au sud-sud-est.

2.8.2. Aqueduc de la Dhuis

L'aqueduc de la Dhuis longe le site du Fort de Vaujours au sud. Il est positionné au droit du chemin de grande randonnée RD (cf. Figure 13).

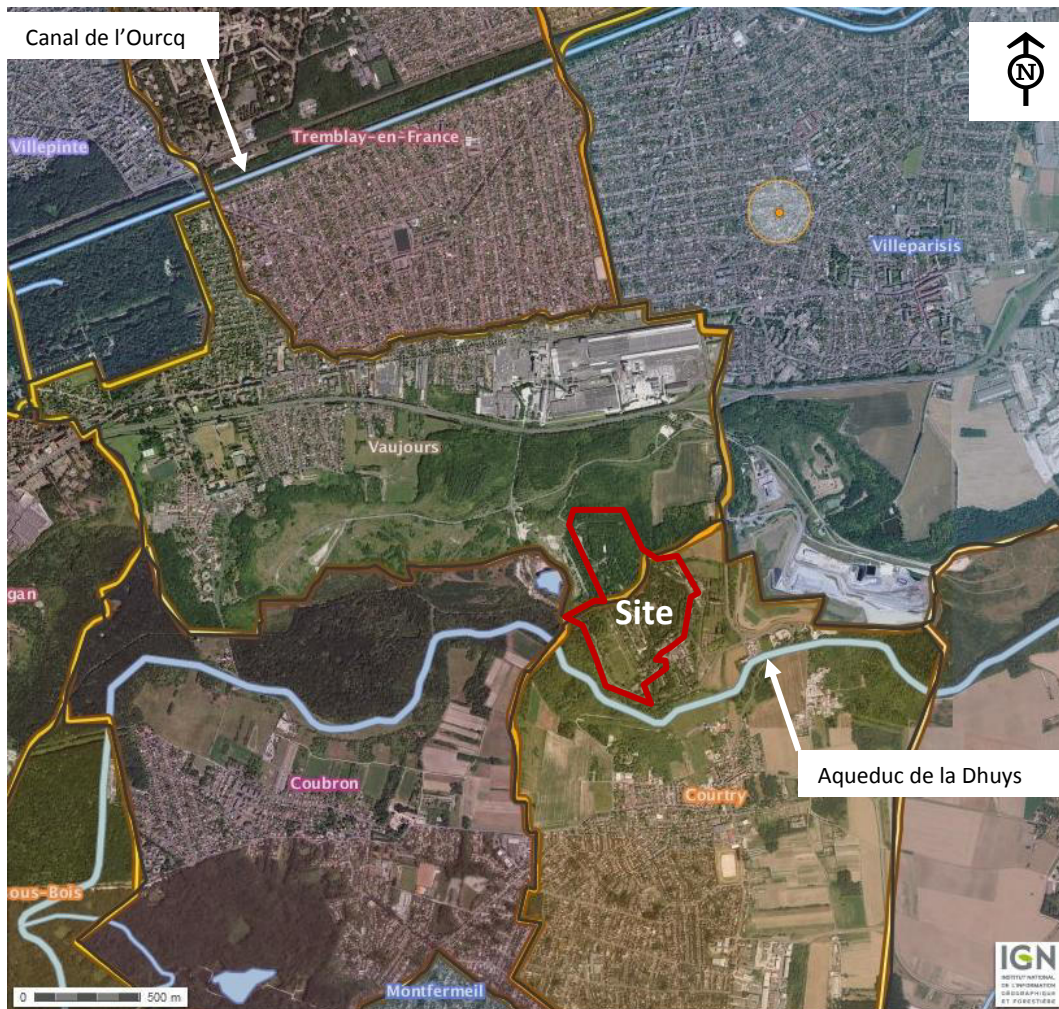


Figure 13 : Localisation de l'aqueduc de la Dhuis à proximité du Fort de Vaujours
(source : Geoportail)

L'aqueduc de la Dhuis (ou Dhuys) a été construit entre 1863 et 1865 pour acheminer l'eau de la Dhuis à Paris. Cette rivière se jette dans le Surmelin lui-même se jetant ensuite dans la Marne. Le point de départ de cet ouvrage majoritairement enterré se trouve à Pargny-la-Dhuis (Aisne) à 128 m d'altitude et arrive à 108 m dans le réservoir de Ménilmontant (XXème). Sa longueur totale est d'environ 130 km pour une pente de 0,1 m / km. Son débit moyen est de 22 000 m³/jour. Cet ouvrage traverse 59 communes sur 4 départements. Courtry fait partie de ces communes.

Actuellement, l'aqueduc de la Dhuis alimente en eau potable le parc d'attraction Disneyland Paris à Marne-la-Vallée. Depuis 2009 l'aqueduc est vide à partir d'Annet-sur-Marne, la galerie ayant été bétonnée par la ville de Paris sur presque 700 mètres. Au droit du Fort de Vaujours, l'aqueduc est donc vide.

2.9. Plan local d'urbanisme (PLU)

La ville de Vaujours est en cours de réalisation d'un PLU. Dans ce cadre, lors d'une réunion (avril 2013), les points suivants ont été présentés :

- Le site du Fort de Vaujours se trouve en zone naturelle au POS,
- Pour répondre aux besoins de l'activité plâtrière, notamment au niveau de la zone du Fort, il est prévu :
 - Une modification de la limite entre la zone Na (carrières à ciel ouvert) et la zone Ne (carrières souterraines),
 - Une suppression de l'Espace Boisé Classé autour du Fort.

La ville de Courtry dispose d'un PLU. Ce document place le site du projet en zone 2Aux. Le caractère de cette zone est le suivant :

« Cette zone concerne une partie de l'ancien site industriel et militaire en friche, situé sur les coteaux au nord du territoire communal et destiné à moyen terme à une reconversion à usage d'activités industrielles ou de services à l'industrie, permettant notamment l'exploitation de la ressource gypsifère, après élaboration d'un plan d'ensemble et modification du document d'urbanisme. L'exploitation éventuelle de ce gisement de gypse, identifié par le Schéma Départemental des carrières, devra être définie en concertation entre l'exploitant et les collectivités, préalablement au dépôt du dossier de demande d'autorisation d'exploiter au titre des installations classées pour la protection de l'environnement, afin d'intégrer toutes les contraintes environnementales locales. »

2.10. Activités industrielles à proximité

2.10.1. Installations classées

D'après la base des Installations Classées du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, 4 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement soumises à autorisation sont recensées sur la commune de Vaujours.

Aucune ICPE n'est recensée sur la commune de Courtry et une installation est recensée sur la commune de Coubron. Sur la commune de Villeparisis, plus éloignée, 10 établissements sont recensés.

Le tableau suivant présente la liste des installations classées recensées sur la commune de Vaujours ainsi que les autres ICPE proches, à moins de 1 km du site, implantées sur les communes voisines.

Les installations localisées à moins de 1 km du site, correspondent à l'usine et la carrière Placoplatre ainsi qu'au centre de stockage de SITA FD, qui se trouvent en amont hydrogéologique du site par rapport au sens d'écoulement de la nappe de l'Eocène moyen et inférieur qui correspond à l'aquifère le plus exploité dans le secteur d'étude.

Commune	Nom de l'établissement	Régime	Activités	Localisation
Vaujours	Etablissement Lazare Tabak SARL	Autorisation	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	1 km au nord-ouest du site
Vaujours	Guilbert SAS	Autorisation	Commerce de gros, à l'exception des automobiles et des motocycles	2 km au nord-ouest du site
Vaujours	Placoplatre	Autorisation	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	500 m au nord du site
Vaujours	Placoplatre	Autorisation	Extraction Gypse en carrière	
Coubron	Placoplatre	Autorisation	Extraction Gypse en carrière	1 km à l'est du site
Villeparisis	SITA FD	Autorisation	Installation de stockage de déchets	200 m au nord-ouest du site

Tableau 6 : Liste des installations classées sur la commune de Vaujours et des autres ICPE proches du site

2.10.2. *Basias et Basol*

La base de données BASIAS (Base de données du Ministère en charge de l'Environnement) établit un inventaire des sites industriels et activités de service susceptibles d'engendrer une pollution dans l'environnement.

D'après la base de données publique BASIAS, 38 sites industriels sont référencés sur la commune de Courtry et 26 sur la commune de Vaujours. Sur l'ensemble de ces sites, 4 sont localisés au droit ou à proximité de l'ancien Fort, dans un rayon de 300 m.

Le site d'étude est référencé sous les identifiants IDF9302037 et IDF7708196 correspondant au Fort de Vaujours. Le terrain était utilisé pour la réalisation d'essais de produits pyrotechniques et le stockage de produits explosifs. L'activité a cessée en 1997.

La base de données BASOL du MEDDTL identifie les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif. Un site est répertorié sur la commune de Courtry, il s'agit du Fort de Vaujours, et 2 sont répertoriés sur la commune de Vaujours, dont le Fort.

Les sites BASIAS et BASOL sont répertoriés dans les tableaux ci-après et localisés sur la **Figure 14**.

Les fiches BASIAS et BASOL sont présentées en annexe 2.

PLACO

Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport d'étape au 19/04/2016 - Etude historique et documentaire – Rapport A82646/A

Référence	Raison sociale	Commune	Distance par rapport au site d'étude (en m)	Position hydraulique supposée /zone d'étude	Etat du site	Activité
IDF9302037 IDF7708196	Ministère de la Défense CEA	Courtry (77) Vaujours (93) Coubron (77)	Au droit du site	Au droit du site	Activité terminée en 1997	Activité d'essais de produits pyrotechniques et stockage de produits explosifs. Début d'activité antérieure à la seconde guerre mondiale. Reprise du site par la poudrerie de Sevran, entre 1947 et 1955. Utilisation du site par le Centre d'Etudes de Vaujours entre 1955 et 1997, date de la cessation d'activité. Décontamination avec l'Office de protection contre les rayonnements ionisants entre 1996 et 1998 Evaluation simplifiée des risques (ESR) : 29/03/2001. Dépollution du site en 2002. Travaux de traitement – 22/09/2005 : Site traité avec restriction, dont la restriction ne concerne pas les eaux souterraines Mise en place de servitudes par arrêté le 22 septembre 2005. Type de pollution : sol - Aucun impact constaté Utilisation actuelle : site industriel en friche
IDF7704043	M Léon Chambroux	Courtry (77)	250 m au sud du site	Aval du site	Non connu	Station service
IDF7705090	Municipalité de Montfermeil	Courtry (77)	300 m au sud du site	Aval du site	Non connu	Collecte et stockage des déchets non dangereux dont les ordures ménagères (décharge d'O.M. : déchèterie)

Tableau 7 : Sites BASIAS référencés à proximité du site d'étude dans un rayon de 300 m

PLACO

Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols

Rapport d'étape au 19/04/2016 - Etude historique et documentaire – Rapport A82646/A

Référence de la fiche ASOL	Raison sociale	Commune	Parcelle cadastrale	Distance par rapport au site d'étude (en m)	Position hydraulique supposée /zone d'étude	Activité / Information sur la pollution
77.0029	Ministère de la Défense et CEA (dernier exploitant)	Courtry Vaujours Coubron	Non indiquée	Au droit du site	Au droit du site	Activité d'essais de produits pyrotechniques et stockage de produits explosifs Début d'activité antérieure à la seconde guerre mondiale. Reprise du site par la poudrerie de Sevran, entre 1947 et 1955. Utilisation du site par le Centre d'Etudes de Vaujours entre 1955 et 1997, date de la cessation d'activité. Décontamination avec l'Office de protection contre les rayonnements ionisants entre 1996 et 1998 Evaluation simplifiée des risques (ESR) : 29/03/2001 Dépollution du site en 2002 Travaux de traitement – 22/09/2005 : Site traité avec restriction, dont la restriction ne concerne pas les eaux souterraines Mise en place de servitudes par arrêté le 22 septembre 2005. Type de pollution : sol Aucun impact constaté Utilisation actuelle : site industriel en friche

Tableau 8 : Site BASOL référencé à proximité du site d'étude

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A

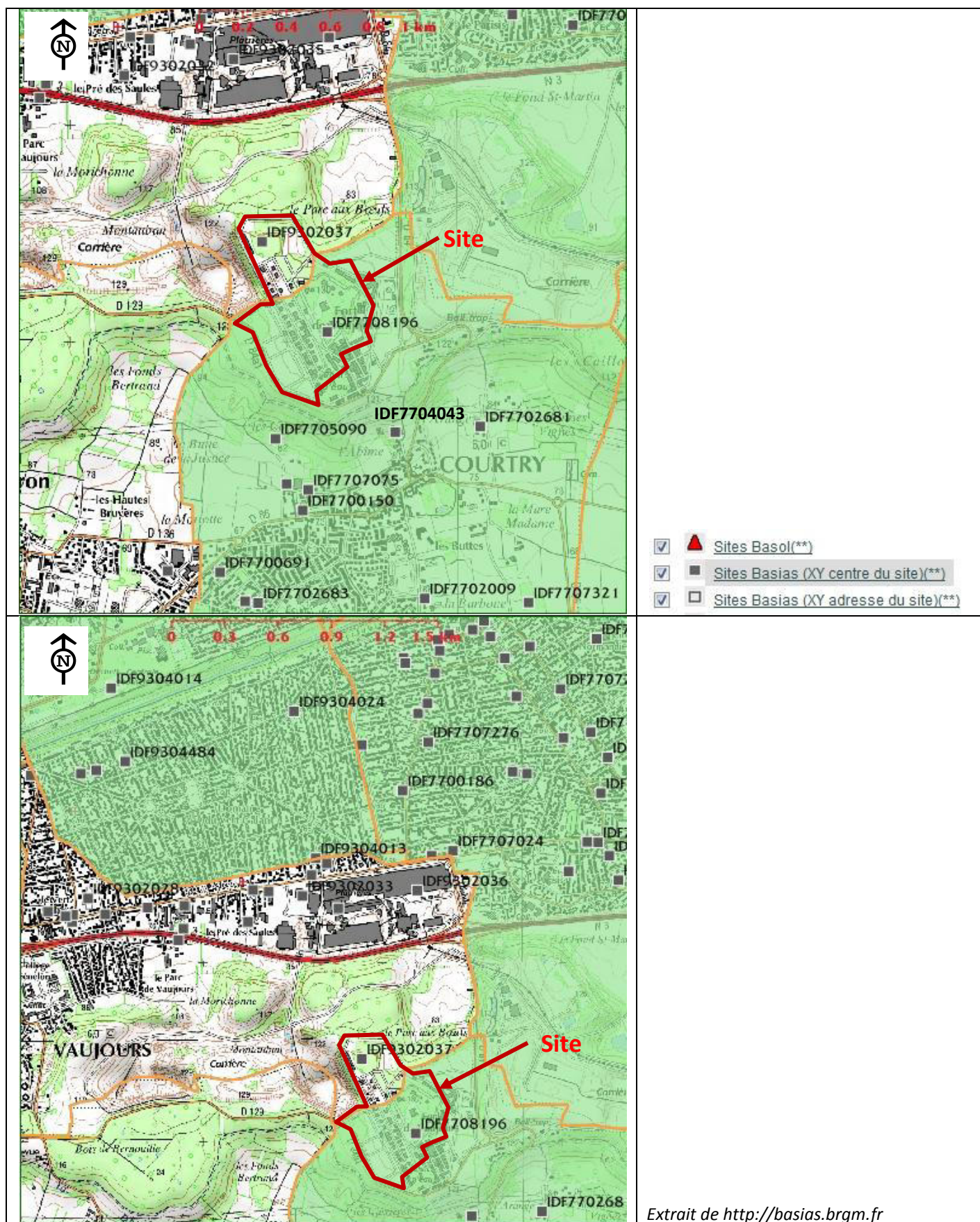


Figure 14 : Carte de localisation des sites BASIAS et BASOL dans le secteur d'étude

2.11. Zones naturelles, remarquables ou protégées

Le site d'étude est localisé en limite des zones suivantes (Figure 15) :

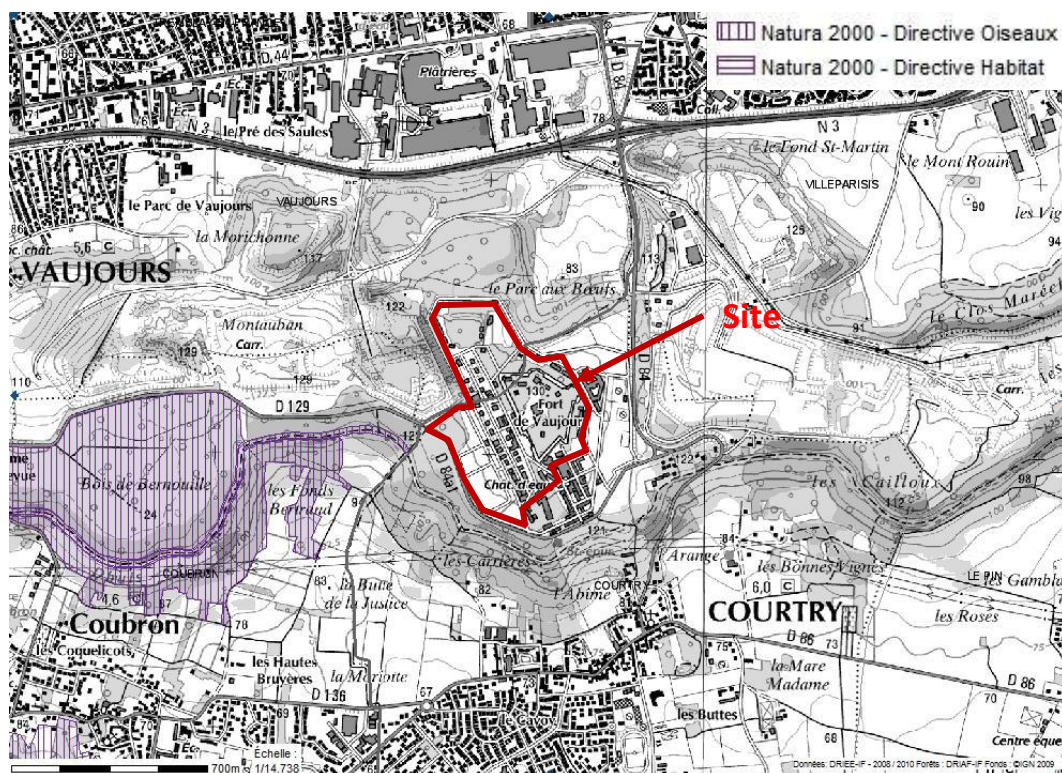
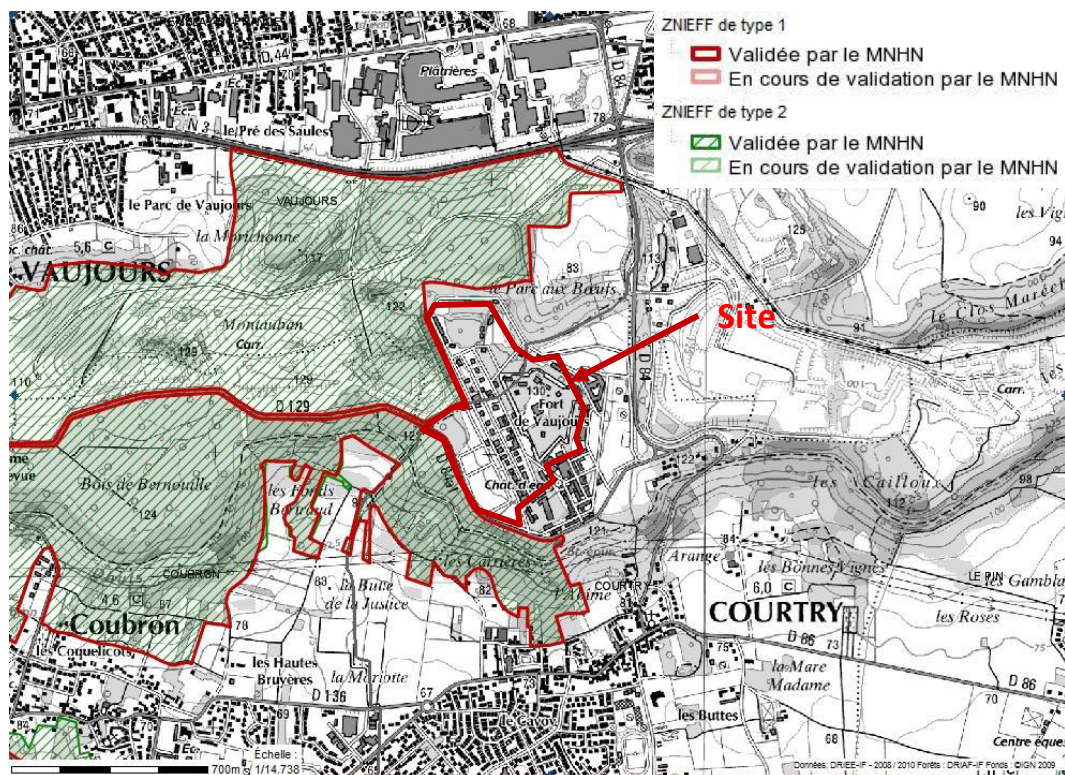
- ZNIEFF de type 1 : Massif de l'Aulnoye - Carrières de Vaujours et Livry Gargan (ID110020463),
- ZNIEFF de type 2 : Massif de l'Aulnoye – Parc de Sevrans et Fosse Maussain (ID110030015),
- Zone de Protection Spéciale Natura 2000 pour les oiseaux - Bois de Bernouille sur la commune de Coubron (référence n° FR 1112013).

2.12. Risques naturels et technologiques majeurs

Les communes de Vaujours et Courtry ne sont pas concernées par :

- le périmètre d'un Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT),
- le périmètre d'un Plan de Prévention des Risques Inondations (PPRI).

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A



Extrait de http://carmen.developpement-durable.gouv.fr/18/Nature_et_Biodiversite.map#

Figure 15 : Localisation des zones naturelles, remarquables ou protégées à proximité du site

2.13. Sensibilité / Vulnérabilité du milieu

• Les sols

Les transferts de polluants par lessivage des eaux météoriques et infiltration depuis la surface vers les sols en profondeur sont essentiellement liés :

- à la présence ou non de surfaces et/ou de structures « imperméables » (bâtiments, enrobé, ...) ;
- à la perméabilité des formations traversées.

Compte tenu de sa position topographique, les sols au droit du site ne sont pas sensibles à des activités industrielles extérieures.

Le site est actuellement occupé principalement par des anciens bâtiments, les dalles anciennes des bâtiments démolis, les voiries et quelques zones végétalisées et des secteurs sans recouvrement (zone d'épandage, secteurs ayant déjà fait l'objet d'opération de dépollution pyrotechnique). D'après les sondages déjà réalisés sur le site, les terres en surface sont représentées par des terrains plutôt argileux. Les sols en surface apparaissent moyennement vulnérables.

• Les eaux souterraines

Les précipitations au droit du site traversent les terrains en surface pour atteindre les Calcaires de Brie.

La nappe des Calcaires de Brie est profonde de 1 à 8 m selon l'altitude au droit du site. Les eaux souterraines de cet aquifère sont donc considérées comme vulnérables du fait de leur faible profondeur. Elles sont considérées comme peu sensibles du fait de l'absence de captages d'alimentation en eau potable à l'aval proche du site.

Les Calcaires de Brie reposent sur des formations du Ludien constituées d'une alternance de niveaux marneux et de niveaux de gypse. Cet ensemble forme un niveau peu perméable d'une épaisseur de l'ordre de 70 m, d'après la coupe hydrogéologique du site (Figure 7).

La nappe des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp, de l'Eocène supérieur, sous-jacente apparaît peu vulnérable du fait de sa profondeur (supérieure à 70 m). Cet aquifère est également peu sensible, puisqu'il est exploité pour l'alimentation en eau potable à 2,5 km en amont du site (captage AEP n° 184-1-166).

• Les eaux de surface

Le réseau de collecte des eaux pluviales du site évacue les eaux de ruissellement, de plusieurs manières :

- par infiltration dans la nappe de Brie ;
- vers le réseau d'eaux pluviales de la commune de Courtry ;
- vers le milieu naturel.

Il n'existe pas de cours d'eau à proximité du site.

Au final, les milieux à prendre en compte sont les sols, notamment dans les zones dépourvues de revêtement ou de revêtement ancien ne satisfaisant pas l'absence de transfert de polluants.

A noter que la première nappe présente au droit du site ; celle des calcaires de Brie, a fait l'objet de mesures piézométriques en 2002 par le biais d'un réseau de 7 piézomètres. Un ouvrage reste actuellement opérationnel.

3. Etude historique

3.1. Objectifs

L'étude historique a pour objectif de répertorier et localiser, de manière aussi exhaustive que possible, les sources potentielles de pollution présentes sur le site. L'étude historique recense, à partir des documents consultés, les évolutions des exploitations, des installations, des pratiques environnementales et les incidents susceptibles d'avoir engendré un impact sur le milieu souterrain.

3.2. Organismes consultés

Les archives départementales ont été consultées dans le cadre de l'étude historique.

Organisme	Date de consultation	Commentaires
Archives Départementales de Seine-Saint-Denis	20/10/2015	Absence d'information sur le Fort de Vaujours à l'exception des plans cadastraux
Archives Départementales de Seine-et-Marne	27/10/2015	Absence d'information sur le Fort de Vaujours

3.3. Sources d'information

La liste des documents consultés sont listés dans le tableau de la page suivante.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

Titre du document	Date	Référence
Si Vaujours m'était conté ou il était une fois dans l'Est Parisien ... Histoire du Centre d'études de Vaujours et de son implication dans le programme des armes nucléaires françaises	1998	Document CEA-DAM
Commissariat à l'Energie Atomique – Centre de Vaujours-Moronvilliers – Dossier D'abandon (volume 1)	Mars 1998	98RRZA000778 diffusé le 09/03/1998
Commissariat à l'Energie Atomique – Centre de Vaujours-Moronvilliers – Dossier D'abandon (volume 2) – Compléments d'information	Mars 1998	
Commissariat à l'Energie Atomique – Centre de Vaujours-Moronvilliers – Dossier D'abandon (volume 3)	25/02/2003	
Commissariat à l'Energie Atomique – Centre de Vaujours-Moronvilliers – Dossier D'abandon (volume 4)	25/02/2003	
Le site CEA de Vaujours dans son environnement – Synthèse documentaire historique et hydrogéologique	Septembre 2001	Rapport BURGEAP R.3288b/A.8314/C.301073
Parc National Forestier de la Poudrerie de Sevran (93) – Etude des risques chimiques et pyrotechniques – Phase 1 – Etude historique et documentaire	03/12/2010	Rapport d'étude INERIS n°DRC-08-91845-06886C
Petite histoire de Vaujours – Ensemble d'articles collectés et mis en page par NAVARRA.	Mai 2011	
Chimie Industrielle. Robert PERRIN, Jean-Pierre SCHARFF	1999	MASSON SCIENCES. DUNOD
Perchlorates : éléments historiques et d'expertise pour une évaluation de l'impact environnemental. Daniel HUBE. BRGM	26/06/2014	Article présent sur le site internet 14-18 Mission centenaire
CEA - Chimie des explosifs : Passé, présent, futur et conditionnel. Eric Pasquinet. CEA Le Ripault – Journées Académiques Physique-Chimie	12/04/2011	Journées Académiques Physique-Chimie – Orléans 12/04/2011

Tableau 9 : Liste des documents consultés dans le cadre de l'étude historique

3.4. Historique du site

3.4.1. Présentation

Les éléments relatifs à l'historique sont déduits :

- des documents transmis par PLACOLATRE et notamment l'analyse historique réalisée par BURGEAP pour le compte du CEA en 2001 (rapport R.3288b/A.8314/C.301073) ;
- du document « Si Vaujours m'était conté... » rédigé par le CEA en 1998 ;
- de la documentation collectée et mise en page en mai 2011 par NAVARRA.

La consultation des archives départementales n'a pas permis de recueillir des informations complémentaires.

Les informations relatives au site sont complétées par des informations générales sur les munitions de guerre et les explosifs.

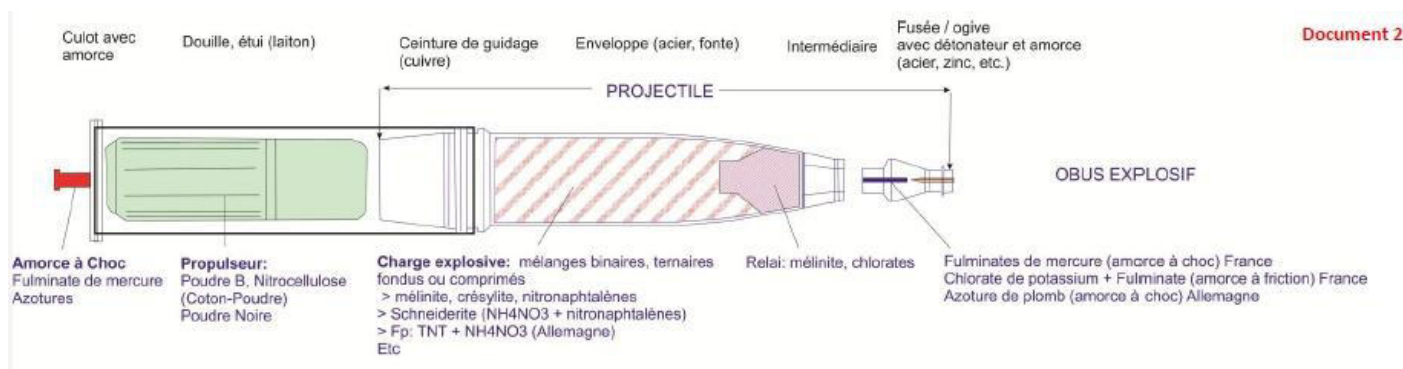
3.4.2. Activités antérieures à la création du Centre d'Etudes de Vaujours (CEV)

3.4.2.1. Dépôt de munitions

Le Fort de Vaujours a été construit par l'armée pendant la période 1876-1883 et a été utilisé par l'armée puis par **la Poudrerie de Sevran comme dépôt de munitions et comme centre d'essais de produits pyrotechniques jusqu'en 1939.**

Avant son départ en août 1944, l'armée allemande qui occupait le Fort, a fait exploser une partie du dépôt de munitions existant. Les secteurs du Fort concernés par cette explosion ne sont pas connus historiquement. Cependant, le diagnostic pyrotechnique réalisé par NAVARA Frères pour le compte du CEA (cf. paragraphe 3.10.1), indique que les secteurs où ont été retrouvés des munitions correspondent à l'emprise Sud du Fort Central, la Batterie Nord et les zones environnant le restaurant d'entreprise du CEA.

Le schéma ci-dessous issu de l'article de Daniel Hubé (BRGM, 26/06/2014) présente la configuration d'un obus explosif pendant la première guerre mondiale.



Source : Perchlorates : éléments historiques et d'expertise pour une évaluation de l'impact environnemental. Daniel Hubé. BRGM. 26/06/2014

Cet article indique que les nitrates utilisés pour la fabrication du nitrate d'ammonium, du salpêtre et de l'acide nitrique provenaient de nitrates chiliens réputés renfermer des perchlorates, des iodates, du borax, des chromates et localement des sélénates. C'est pourquoi, les poudres et explosifs fabriqués à cette période sont susceptibles de contenir des perchlorates.

Les munitions et explosifs fabriqués pendant la période 1873-1945 peuvent contenir les composés suivants :

- Poudre noire fabriquée à partir de soufre, de salpêtre (nitrate de potassium) et de charbon de bois ;
- Poudre B fabriquée à partir de fibres de coton-poudre humide (nitrocellulose) et de solvants ;
- Poudres SD (sans solvant) obtenues à partir de fibres de coton-poudre (nitrocellulose) imprégnées de nitroglycérine ;
- Composés nitrés (mélinite, tolite, pentrite, hexogène (RDX)) ;
- Fulminate de mercure dans les amorces des munitions.

3.4.2.2. Zone de tirs pour la Poudrerie de Sevrans

Le Fort de Vaujours a été l'annexe de la poudrerie nationale de Sevrans-Livry de 1947 à 1957. Il a été utilisé pour tester les tirs, a servi de centre d'accueil et de travail pour un groupe de savants et de techniciens allemands spécialistes des poudres réquisitionnées par l'armée française en 1945 (source : rapport INERIS-DRC-08-91845-06886C).

- Produits fabriqués par la Poudrerie de Sevrans :

L'ancienne poudrerie de Sevrans a débuté son activité en 1873 et s'est arrêtée en 1968. Les informations relatives à la nature des produits fabriqués sont principalement issues du rapport de l'INERIS (rapport INERIS-DRC-08-91845-06886C). Elles sont synthétisées ci-après.

Au début de son exploitation, la poudrerie a fabriqué de la poudre noire synthétisée à partir de soufre, de salpêtre (nitrate de potassium) et de charbon de bois. Cette poudre était utilisée pour des besoins civils et militaires.

A partir de 1886, la poudrerie a fabriqué des poudres de mine ou de chasse (Poudres B et T). Ces poudres étaient fabriquées à partir de fibres de coton-poudre humide (nitrocellulose) et d'un liquide dissolvant capable de gélatiser la nitrocellulose (source rapport INERIS-DRC-08-91845-06886C). Les solvants cités dans le document de l'INERIS sont les suivants : éther, éthanol (alcool éthylique), acétone, acétate d'éthyle.

La poudres B et T se présentent sous différentes formes (petits grains cylindriques ou sphériques, paillettes, petites bandes), elles sont susceptibles de prendre feu sous l'effet d'une contrainte mécanique ou thermique et d'avoir une combustion d'autant plus vive et brutale qu'elles seront plus sèches.

A partir de 1935, l'usine fabrique de la poudre K, également avec solvants.

A partir de 1921, la poudrerie a fabriqué des poudres SD (sans solvant) obtenues à partir de fibres de coton-poudre (nitrocellulose) imprégnées de nitroglycérine.

Un laboratoire balistique est créé en 1945 sur le site de la Poudrerie, il effectue des recherches expérimentales :

- sur les poudres SD des roquettes anti-char,
- sur le fonctionnement des propulseurs à poudre et à ergols liquides,
- sur les nouvelles poudres à fusée (propergol solide à double base nitrocellulose-nitroglycérine).

Pendant la première guerre mondiale, la poudrerie de Sevrans a débuté la fabrication d'explosifs à partir de nitrate d'ammonium et de tolite. Après la 1^{ère} guerre, la Poudrerie a fabriqué des explosifs nitrés à usage civil.

Les activités de tests de munitions sur les zones de tirs sont susceptibles de générer la présence de métaux et notamment celle du mercure, du fait de la présence de fulminate de mercure dans les amorces des munitions (source rapport INERIS).

- Utilisation du Fort de Vaujours par la Poudrerie de Sevrans :

La batterie Nord du Fort a été utilisée par la poudrerie de Sevrans pour réaliser des tirs au banc de blocs de poudre SD (source : Petite histoire de Vaujours).

D'après le document « Si Vaujours m'était conté », les premières expériences de tirs relatives aux explosifs effectuées par la poudrerie de Sevrans ont débuté en 1954 dans des premières casemates de tirs construites ou aménagées dans les installations existantes. Les expériences de tirs se sont prolongées jusqu'en 1957 (période d'un an après le démarrage du Centre d'Etude de Vaujours (CEV).

En l'absence d'informations plus précises, on considérera que l'ensemble des composés cités précédemment au paragraphe 3.4.2.2 ont pu être utilisés dans le cadre des tests de tirs menés sur le site auxquels il convient d'ajouter l'octogène (HMX) découvert après la seconde guerre mondiale.

3.4.3. Centre d'Etudes de Vaujours de 1956 à 1997

3.4.3.1. Présentation

Le Centre d'études de Vaujours (CEV) commence son activité en 1956 et la termine en décembre 1997, il a pour mission d'effectuer des études sur les poudres et explosifs utiles à la réalisation d'armes nucléaires.

Les activités liées à l'étude des poudres et explosifs étaient les suivantes :

- La synthèse d'explosifs en petite quantités comprenant des opérations de mélange et de préparation ;
- Les opérations d'usinage de blocs d'explosifs,
- Les opérations d'essais de fonctionnement d'explosifs (tirs).

Les activités de tirs d'explosifs étaient pratiquées à l'intérieur de casemates localisées à l'intérieur du Fort Central tandis que les activités de fabrication et de stockage d'explosifs étaient implantées à l'extérieur. Le plan de l'annexe 3 transmis par PLACOPLATRE illustre cette répartition des bâtiments.

3.4.3.2. Présentation générale des explosifs

Les explosifs utilisés à des fins militaires sont fabriqués principalement à partir de composés nitrés.

Au cours de la première guerre mondiale, les munitions sont principalement fabriquées à partir de la mélinite (trinitrophénol) et tolite (trinitrotoluène ou TNT). Entre les deux guerres furent découverts le pentrite (tétranitrate de pentaérythrite) et l'hexogène (ou RDX).

L'octogène (ou HMX), également un composé nitré, est découvert après la seconde guerre mondiale.

Le TATB (ou TriAminoTrinitroBenzène) est obtenu par nitration du 1,3,5-trichlorobenzène par de l'acide nitrique. Il est utilisé exclusivement dans l'armement nucléaire (source : Chimie des Explosifs, Eric Pasquinet, CEA Le Ripault).

Ces composés sont obtenus à partir d'acide nitrique ou de mélange acide nitrique - acide sulfurique ou acide nitrique - acétone (source : Chimie Industrielle. Robert PERRIN, Jean-Pierre SCHARFF).

Les procédés de fabrication consistent à fondre l'explosif puis à couler l'explosif fondu dans l'enveloppe de la munition. L'explosif est constitué de tolite, ou de mélanges de la tolite avec le pentrite ou l'hexogène. Des composés thermostables tels que l'Hexanitrostilbène (HNS) et l'Oxynitrotriazole (ONTA), sont parfois ajoutés en petite quantité pour orienter la cristallisation de l'explosif lors du refroidissement.

L'explosif peut également être fabriqué par forte compression d'un mélange d'explosifs pulvérulents à un taux d'environ 98 %, enrobé de 2 % environ d'une substance telle que de la cire ou un polymère thermoplastique.

Par la suite, des explosifs composites constitués d'un explosif pulvérulent enrobé par 10 à 12 % d'un liant élastomérique réticulable ont été fabriqués (source : Chimie Industrielle. Robert PERRIN, Jean-Pierre SCHARFF).

Les poudres propulsives ou propergols sont utilisées pour les fusées. Les matières premières sont broyées puis malaxées puis subissent des opérations de moulage, démoulage et finition par usinage (fraisage, tournage). Les composés sont également nitrés (octogène, hexogène).

Dans les années soixante-dix, des propergols solides composites plus performants ont été développés au stade industriel (nutralanes). Ils se composent d'un liant polyéther plastifié par une huile nitrée (nitroglycérine), chargé par une nitramine (octogène ou hexogène), de l'aluminium et du perchlorate d'ammonium (source : Chimie Industrielle. Robert PERRIN, Jean-Pierre SCHARFF).

3.4.3.3. Historique des explosifs utilisés sur le site du CEV

L'historique des explosifs utilisés sur le site est basé sur le document réalisé par le CEA et la DAM en 1998 (Si Vaujours m'était conté) et notamment du chapitre « L'aventure des explosifs » rédigé par André CACHIN.

Au début de l'expérimentation des explosifs, les composés explosifs liquides étaient placés dans des récipients métalliques ou en plexiglas.

Les explosifs ont ensuite été solides moulables à chaud sous pression modérée.

L'utilisation des microballons en résine phénolique, comme liant, a été importante jusqu'en 1960, après cette date, ce sont des explosifs à liants plastiques (ELP) qui ont été utilisés.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

A partir de 1978, le TATB (TriAminoTrinitroBenzène), fabriqué par l'usine de Sorgues (84), a été utilisé dans les essais de détonique. Ce composé a été utilisé dans les compositions d'explosifs jusqu'en 1988. C'est pour la préparation des explosifs à base de ce composé que l'atelier d'enrobage APFS a été créé en 1985 dans le bâtiment 42.

Le tableau suivant présente une synthèse des différents composés explosifs mis en œuvre.

Période	Descriptif
1951 à 1955 (avant le début de l'activité du CEV)	Explosifs liquides bi-composants : 1-le tétranitrométhane/nitrobenzène dans des récipients à double enveloppe (métallique ou plexiglass) 2-l'acide nitrique concentré / dinitrotoluène liquide dans des récipients en aluminium.
	Explosif solide : Hexogène + DNT liquide + nitrocellulose puis Hexogène + 2.4DNT + nitrocellulose
	Explosif solide : DNT liquide + pentrite + grenaille d'aluminium + mousse d'urée broyée
1955 à 1960	Héxogène + coton poudre
	Héxogène cire graphité + poudre sphérique
	Composition : DNT + nitrocellulose Puis TNT + DNT + coton poudre (composé 22/2/2) Utilisation d'hexocire graphité, de grenaille d'aluminium
	Utilisation d'hexocire graphité, de grenaille d'aluminium, de nitrate de baryum et de microballons en résine phénolique dans la composition des explosifs. L'utilisation des microballons a été importante jusqu'en 1960.
	Etudes sur la recristallisation de la pentrite, définition d'une amorce détonateur à pentrite pure en 1962 (APP62)
	Détonateurs à l'azoture de plomb
	Explosif placé dans une ½ sphère creuse métallique (Cu, Al, Fe, Zn, ...)
1960 à 1965	Composition : Hexogène + PVC
	Octogène + NPC (nitrate de polyvinyle) + dibutylphtalate + graphite + stabilisant ONDA
1965 à 1970	Liant de type polybutadiène
1966 à 1988	Etude développement et industrialisation de compositions à très faible vulnérabilité, à base de TATB (TriAminoTrinitroBenzène)
	Travaux de recherche sur le fluor
	Création du DANTNP : Di Amino Nitro Triazole Nitro Pyrimidine
	Synthèse du polyacrylate d'éthyle utilisé comme liant sur des explosifs en feuilles au laboratoire
	Synthèse de polymères borés à partir de carborane au laboratoire
	Utilisation de solvants pour l'enrobage (acétone citée)
	Etudes d'initiation des explosifs secondaires (pentrite, hexogène, HNS (Hexa Nitro Stilbène) par élément projeté en 1975.
	Découverte d'un nouveau complexe de l'Hexogène + Sulfolane (Solvant)

Tableau 10 : Historique des composés explosifs utilisés

3.4.3.4. Ateliers de fabrication des explosifs

Les premières opérations de fabrication d'explosifs ont eu lieu, à partir des années 1970 dans des petites alvéoles dans la batterie Sud. Les produits étaient fabriqués dans des malaxeurs d'une capacité de 100 à 200 kg (source : Si Vaujours m'était conté, document CEA-DAM 1998).

Dans les années soixante, le procédé de fabrication sur le site de Vaujours consiste en une poudre à mouler, constituée d'un mélange molécule explosive + liant + adjuvant, dont les grains sont de l'ordre du millimètre à la fraction de centimètre qui est versée dans des vessies en élastomère avant d'être comprimée à chaud dans une presse isostatique (source : Petite histoire de Vaujours).

Le processus est piloté à distance, l'installation elle-même étant entourée de merlons. Le matériau est ensuite refroidi, démoulé et usiné, toujours à distance avec des machines (source : Petite histoire de Vaujours).

Un atelier d'enrobage (APFS I – atelier de préparation et de fabrication spéciale) a été implanté dans le bâtiment 43 dans les années 1973-1974 et permettait de produire 20 à 40 kg d'enrobé par préparation, suivant le solvant utilisé, l'enrobage était effectué à froid ou à chaud. Toutes les eaux de lavage étaient filtrées et récupérées, il n'y avait aucun rejet dans les égouts (source : Si Vaujours m'était conté, document CEA-DAM 1998).

En 1985, l'atelier APFS II, d'une capacité de 200 kg/jour a été installé dans le bâtiment 42. Le réacteur d'enrobage avait une capacité de 2000 l et le réacteur de préparation du liant de 250 l. Les solvants d'enrobage étaient stockés dans des cuves de 5000 l (source : Si Vaujours m'était conté, document CEA-DAM 1998).

La liste des bâtiments où se sont exercées des activités de fabrication ou d'usinage d'explosifs est indiquée dans le tableau de la page suivante sur la base de la liste globale des bâtiments transmise à PLACOPLATRE par le CEA.

Les activités de fabrication d'explosifs étaient localisées dans des bâtiments localisés à proximité de la Batterie Nord (zones A2 et A3) et à l'ouest du Fort Central (zones A5, A8 et A9) et ponctuellement à l'intérieur du Fort Central (zone B3).

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment
Fort Central	AT 12	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin - puis atelier de fabrication et contrôle de pièces en explosif
Fort Central	AT 25	45	Fabrications - Montage - Contrôles	Magasin de câbles - Atelier de fabrication et contrôle de pièces en explosif
Hors Fort Central	33	205	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'enrobage - entrepôt - réception - expédition
Hors Fort Central	39	294	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosifs - puis reconversion en locaux de stockage et bureaux
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	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	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	56	385	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse de moulage d'explosif - Fermé en 1991
Hors Fort Central	58	210	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier d'usinage d'explosif (Tour à commande numérique) - Fermé en 1991
Hors Fort Central	62	305	Fabrications - Montage - Contrôles	Ateliers d'usinage d'explosifs - Fermé en 1991
Hors Fort Central	107	55	Services généraux - Utilités	Essais d'usinage sur explosif- puis musée - Fermé en 1991. Rasé par le 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	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

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Typologie de bâtiment	Destination du bâtiment
Hors Fort Central	124	280	Fabrications - Montage - Contrôles	Etuves et moulage isostatique d'explosif - Fermé en 1991
Hors Fort Central	127	55	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de traitement thermique d'explosif - fermé en 1991. Rasé par le CEA
Hors Fort Central	128-129	135	Fabrications - Montage - Contrôles	Préchauffage de poudres d'explosif - Fermé en 1991. Rasé par le CEA
Hors Fort Central	130-131	400	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse isostatique pour explosif - Fermé en 1991. Rasé par le CEA
Hors Fort Central	132	195	Fabrications - Montage - Contrôles	Atelier de moulage isostatique - Fermé en 1991. Rasé par le CEA
Hors Fort Central	142	130	Fabrications - Montage - Contrôles	Presse pour explosif - 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

Tableau 11 : Liste des bâtiments avec une activité de fabrication ou d'usinage des explosifs

3.4.3.5. Stockages et usages de poudres et produits explosifs

L'activité pyrotechnique correspondant aux expérimentations de détonique était réalisée à l'intérieur du Fort central et dans les secteurs de préparation expérimentation. Le stockage de produits pyrotechniques se faisait dans le secteur du Fort Central et dans les secteurs dépôts d'explosifs et préparation expérimentation.

D'après le volume 1 du dossier d'abandon, les produits explosifs stockés dans les différents bâtiments du site sont les suivants :

- Poudres propulsives ;
- Plastic et cordeaux détonants ;
- Engins structurés ;
- Entreposage d'édifices expérimentaux ;
- Entreposage et montage de pièces d'explosif secondaire élémentaires ;
- Détonateurs.

Plus précisément, le dossier d'abandon (volume 1) liste les zones de stockages d'explosifs suivantes :

- Les locaux CA4, AC5 (secteur B4), PN, CA19 (secteur B3), CA18 (secteur B6) et les ateliers 11, 12, 25, 27 et 28 (secteur B3) à l'intérieur du Fort central ;
- Le bâtiment 31 alvéole n°7 (secteur A10) pour l'entreposage d'explosif secondaire (timbrage à 2 kg) ;
- Le local 85 (secteur A4) pour le stockage des détonateurs (timbrage à 450 kg) et les locaux 81 à 84 et 86 à 90 (secteur A4) pour le stockage d'explosif secondaire (pièces élémentaires) ;
- Les ateliers de contrôle et d'assemblage localisés dans les bâtiments 32 bis, 37, 40 et 40E en zone A9 et les bâtiments 34bis et 35 en zone A10.

3.4.3.6. Opérations de tirs

A partir de 1960, les opérations de tirs d'explosifs étaient réalisées à l'intérieur des casemates de tir du fort central. Dans le cadre de ces expériences, dite de détonique, outre divers explosifs, différents métaux, en particulier de l'uranium naturel et de l'uranium appauvri mais aussi du plomb et de l'étain ont été utilisés (source : Rapport BURGEAP R3288b de septembre 2001).

Des tirs ont été effectués à l'air libre entre 1958 et 1960, avant la construction de casemates. Les quantités d'explosifs étaient faibles, en moyenne de 3 kg pour des maxima de 10 kg. La quantité d'explosifs ainsi que les modalités des essais ont plutôt conduit à la production de fragments de taille relativement importante qui étaient récupérés (source Dossier d'abandon – Volume 3 – PV du Groupe de travail technique du 08/02/2001).

A partir de 1958, le site de Moronvilliers, dans la Marne, est utilisé pour effectuer des essais avec des charges d'explosifs plus importantes.

En 1967, une vingtaine de casemates de tirs étaient en service (jusqu'à parfois une cinquantaine de tirs par jour). Elles étaient recouvertes de béton, à la fois pour arrêter les projections métalliques et pour atténuer le bruit des explosions. A partir de 1970, le nombre de tirs diminua considérablement et les casemates furent déséquipées faute d'usage.

La liste des bâtiments transmise à PLACOPLATRE par le CEA indique 27 casemates de tirs toutes localisées à l'intérieur du Fort Central (cf. tableau de la page suivante).

Les premiers postes de tirs utilisés étaient les postes RX1, RX2 et RX3 (source : Si Vaujours m'était conté – document CEA - DAM de 1998).

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

Zone du site	Bâtiment	Surface au sol (m²)	Destination du bâtiment
Fort Central	CD	340	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	CG	595	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	CG 1	300	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	CG 2	269	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	CM	145	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	EP	340	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	LG 1	230	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	OS 1	340	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	OS 2	280	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	PH dr.	85	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	PH g.	370	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	PJ 1	270	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	PJ 2	320	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	PJ 3	280	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	RX 1	830	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	RX 2	225	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	RX 3	100	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	ST	600	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	TB	440	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	TC 1	620	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	TC 2	640	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	TP 1	235	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	TP 2	140	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	TP 3	600	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	TR	205	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	TS	245	Casemate de tirs pyrotechniques
Fort Central	US	445	Casemate de tirs pyrotechniques

Tableau 12 : Liste des casemates de tirs pyrotechniques

La localisation des casemates est indiquée sur la Figure de la page suivante.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

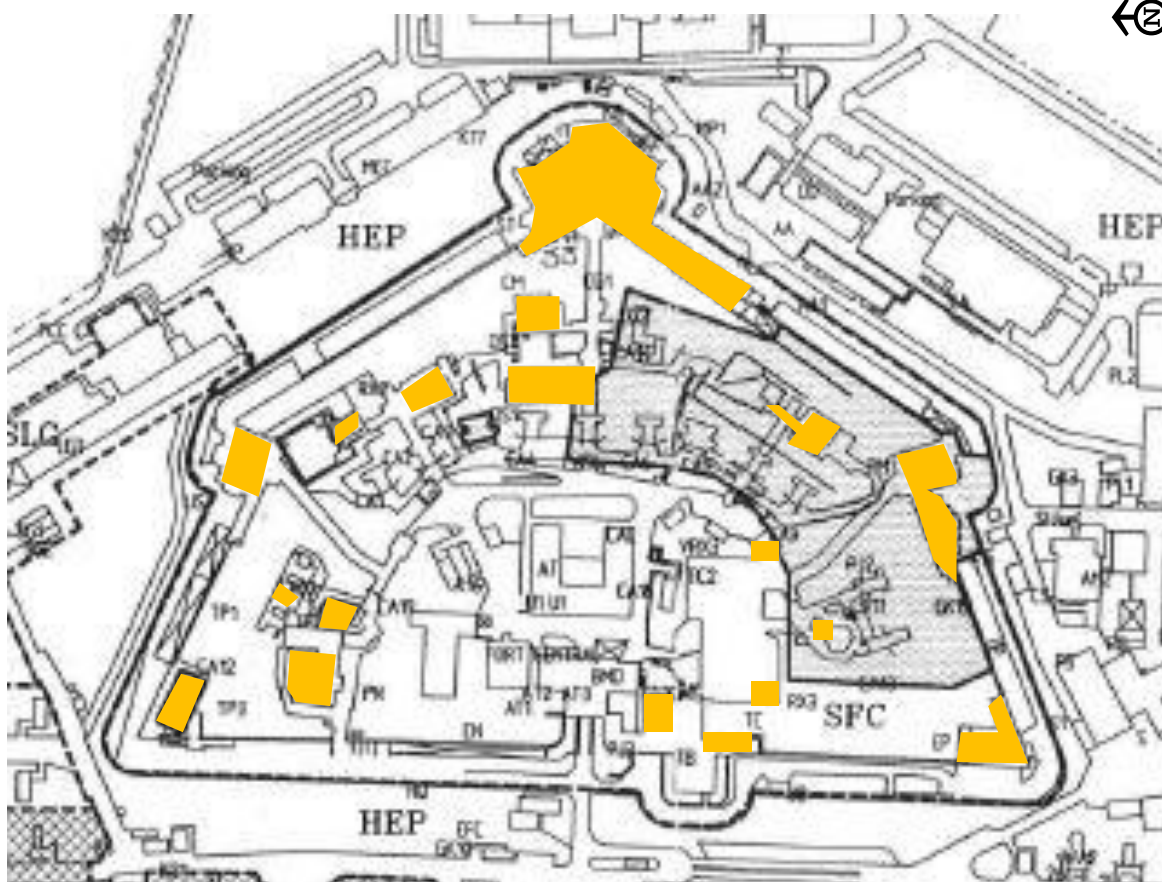


Figure 16 : Localisation des casemates de tirs pyrotechniques

Les eaux de lavage des chambres de tirs étaient collectées dans les puits d'infiltration localisés sur l'emprise du Fort Central. D'après le plan des réseaux de l'annexe 4, les eaux étaient collectées vers les puits P2, P3, P4, P5 et P9.

La figure suivante présente une synthèse des différentes informations disponibles liées à la fabrication des explosifs et aux essais de tirs.



Figure 17 : Carte de synthèse des différentes informations disponibles liées à la fabrication des explosifs et aux opérations de tirs

3.5. Stockage de liquides inflammables

Le Centre d'Etude de Vaujours disposait de plusieurs stockages d'hydrocarbures, destinés à l'alimentation des chaudières ou des véhicules (existence d'un poste de distribution).

Les caractéristiques de ces installations localisées sur l'emprise du site, obtenues à partir des informations transmises dans le dossier d'abandon du CEA (volumes 1 et 2) sont synthétisées dans le tableau suivant.

Zone	Localisation	Description	Commentaires	Type HCT	Année de mise en service des cuves	Elimination
A10	CF2	HCT CF2	1 cuve de 30 m3 simple paroi enterrée (cuve n° 23)	FOD	1960	Maintenu en 1997
A10	CF2	HCT CF2	1 cuve de 100 m3 simple paroi enterrée (cuve n° 26)	FOD	1965	Maintenu en 1997
A10	CF2	HCT CF2	1 cuve de 80 m3 en fosse (cuve n° 24)	Fuel lourd	1982	Maintenu en 1997
A10	CF2	HCT CF2	1 cuve de 80 m3 en fosse (cuve n° 25)	Fuel lourd	1982	Maintenu en 1997
A10	CF2	Chaufferie	Installation de chauffage du fuel. Prof environ 2 m	Fuel lourd		
A11	WA1	HCT WA1	1 cuve de 10 m3 (cuve n°1)	Gasol	1965	Enlèvement en 1997
A11	WA1	HCT WA1	1 cuve de 20 m3 (cuve n°3)	Essence	1968	Enlèvement en 1997
A11	WA1	Poste de distribution	Poste de distribution de carburant. 1 pompe essence de 3m ³ /h et 1 pompe gasoil de 0,6 m ³ /h	Essence et gasoil	1965	
A11	CS	HCT CS	1 cuve de 50 m3 simple paroi enterrée (cuve n°1)	FOD	1968	nettoyage, dégazage et neutralisation en mai 1995.
A11	CS	HCT CS	1 cuve de 50 m3 simple paroi enterrée (cuve n°2)	FOD	1968	Maintenu en 1997
A11	CS	HCT CS	1 cuve de 50 m3 simple paroi enterrée (cuve n°3)	FOD	1974	Maintenu en 1997
A11	CS	HCT CS	1 cuve de 50 m3 simple paroi enterrée (cuve n°4)	FOD	1974	Maintenu en 1997
A3	F	Stockage HCT	1 cuve de 5 m3 enlevée dans une fosse enterrée. Cuve "Four"	FOD	1974	nettoyage, dégazage et neutralisation en nov 1993.
A12	Entrée site	HCT Ouest	1 cuve de 125 m3 enterrée (cuve n° 27)	Fuel lourd	1973	nettoyage, dégazage et neutralisation en juin 1994
A12	Entrée site	HCT Ouest	1 cuve de 125 m3 enterrée (cuve n° 28)	Fuel lourd	1973	Enlèvement en 1997
A12	Entrée site	HCT Ouest	1 cuve de 125 m3 enterrée (cuve n° 29)	Fuel lourd	1973	Enlèvement en 1997
A12	Entrée site	HCT Ouest	1 cuve de 125 m3 enterrée (cuve n° 30)	Fuel lourd	1973	Enlèvement en 1997

Tableau 13 : Caractéristiques des anciens stockages d'hydrocarbures

La localisation de ces zones de stockage d'hydrocarbures est schématisée dans la Figure 18. Celle des stockages qui ont existé à l'extérieur de l'emprise du site PLACO est également indiquée.

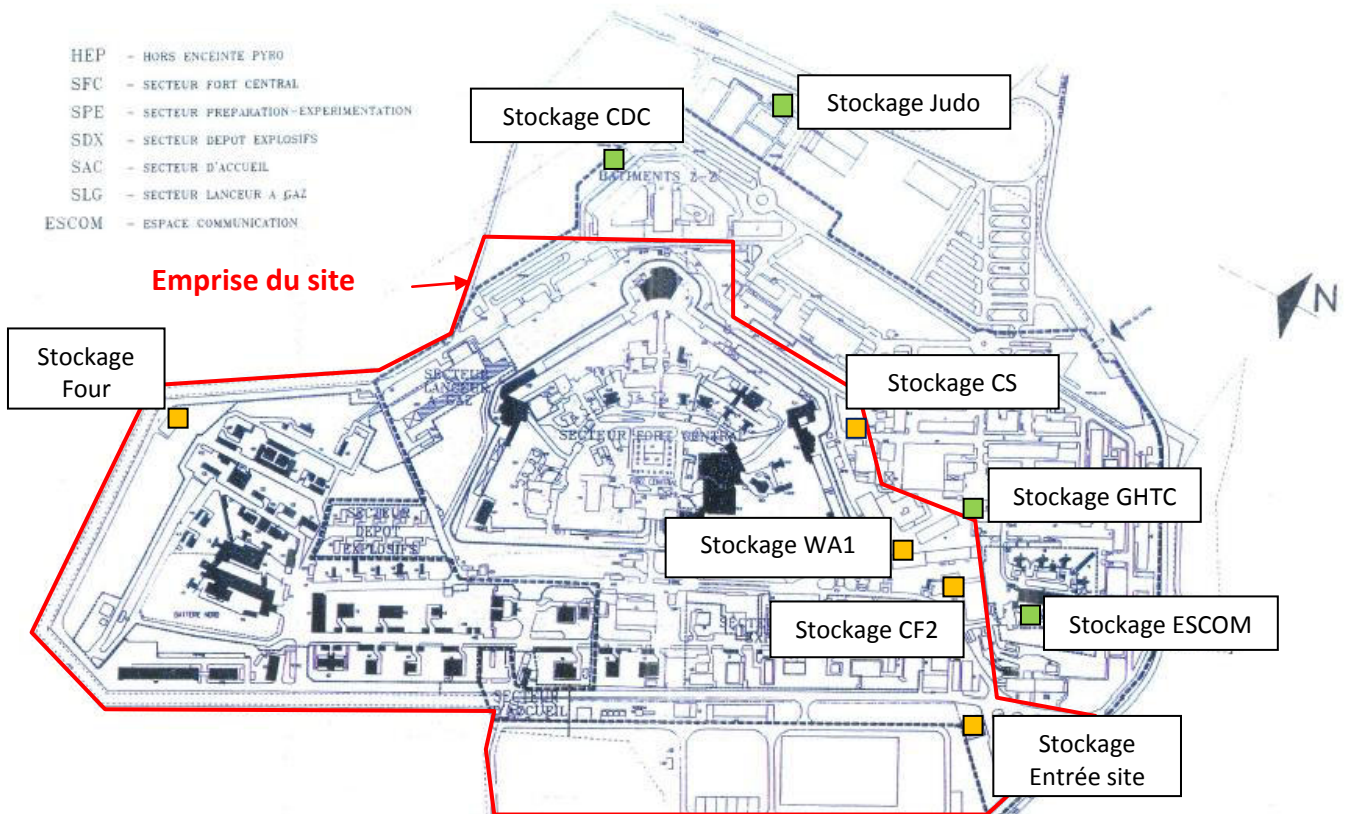


Figure 18 : Localisation des zones de stockage d'hydrocarbures

3.6. Autres stockages

Sur le plan de localisation des transformateurs transmis par le CEA à PLACOPLATRE, une zone de stockage de solvants est mentionnée en zone A8.

Nous ne disposons pas d'informations sur ce type de stockage qui n'est pas cité dans les autres sources (autres plans, dossier d'abandon).

3.7. Transformateurs

La liste des transformateurs utilisés sur le site est indiquée dans le tableau de la page suivante. Les caractéristiques des transformateurs sont issues du dossier d'abandon du CEA.

Le plan de localisation des anciens transformateurs est présenté en annexe 5.

Zone	Localisation	Description	N° Transfo	Année de fabrication	Quantité PCB en kg	Elimination
A10	CF2	Transfo HTF	13977	1967	1250	Maintenu en 1997
A10	K19	Transfo K19	14314	1968	1250	Maintenu en 1997
A11	CS	Transfo CS	120076	1992	huile diélectrique	Maintenu en 1997
A11	CS	Transfo CS	FHL 16215	1981	900	Maintenu en 1997
A11	CS	Transfo CS	FHU 2472	1981	900	Maintenu en 1997
A11	CS	Transfo CS	120077	1992	huile diélectrique	Maintenu en 1997
A11	CS	Transfo CS	120077	1992	huile diélectrique	Maintenu en 1997
A11	K15	Transfo K15	10950	1964	1250	Maintenu en 1997
A11	K15	Transfo K15	25185	1965	huile diélectrique	Maintenu en 1997
A7	K1	Transfo K1	311109	1960	312	Maintenu en 1997
A7	KZ	Transfo KZ	14780	1967	1145	Maintenu en 1997
A7	K17	Transfo K17	13735	1966	1250	Maintenu en 1997
A7	K20	Transfo K20	33035	non connue	450	Éliminé en 1997
A7	K20	Transfo K20	601897	non connue	1250	Éliminé en 1997
A3	K11	Transfo K11	31111	1960	396	Éliminé en 1997
A1	K13	Transfo K13	31112	1960	396	Éliminé en 1997
A3	K12	Transfo K12	HL 9845	1963	345	Éliminé en 1997
A3	K12	Transfo K12	HL 13681	1966	1250	Éliminé en 1997
B3	K16 - Fort	Transfo K16	10041	1963	1250	Maintenu en 1997
B3	K16 - Fort	Transfo K16	12707	1965	à refroidissement naturel	Maintenu en 1997
A8	K10	Transfo K10	9238	1962	à refroidissement naturel	Maintenu en 1997
A8	K10	Transfo K10	FHU 2864	1982	920	Maintenu en 1997
A8	K4	Transfo K4	33034	1961	414 + stock	Maintenu en 1997
A8	K4	Transfo K4	31110	1960	396	Maintenu en 1997
A4	K5	Transfo K5	33036	1961	414	Éliminé en 1997
A4	K5	Transfo K5	HL 7232	1962	440	Éliminé en 1997
A4	K21	Transfo K21	600478	1969	865	Maintenu en 1997
A2	K9	Transfo K9	HL 14759	1967	1250	Éliminé en 1997
A2	K9	Transfo K9	HL 7231	1962	440	Éliminé en 1997
A3	K7	Transfo K7	HL 9237	1962	440	Éliminé en 1997
A1	K14	Transfo K14	HL 9844	1963	345	Éliminé en 1997

Tableau 14 : Liste des transformateurs utilisés sur le site

Les transformateurs ont été démantelés par le CEA jusqu'en 1997. Les transformateurs maintenus en 1997 ont également été éliminés par la suite par le CEA (données relatives à l'élimination non disponibles).

Les transformateurs étaient vérifiés annuellement et disposaient de cuvettes de rétention (source : dossier d'abandon – volume 1).

Lors de la visite du site du 14 octobre 2015, il n'existait plus aucun transformateur sur le site. Lors de cette visite, il n'a pas été relevé de traces d'impacts sur les dalles des bâtiments non démolis, accessibles, qui abritaient d'anciens transformateurs (local K16 et local K20).

3.8. Autres installations

D'après le listing des bâtiments, une station d'incinération existait au Nord du site (zone A3). Il n'existe pas d'informations disponibles sur la période d'activité de cette station et sur la nature des matériaux incinérés.

3.9. Réseaux EU et EP

Le CEV disposait de réseaux séparatifs (eaux usées / eaux pluviales). Les eaux usées étaient acheminées vers la station d'épuration qui était localisée à l'extérieur du site, au sud de la route stratégique (route départementale n° 84a1).

Les eaux de ruissellement étaient évacuées dans le réseau d'eau pluviale puis acheminées vers :

- le milieu naturel ou les puits d'infiltration pour la partie Nord du site ;
- vers le réseau d'eaux pluviales de la commune de Courtry pour la partie Sud du site.

3.10. Synthèse des investigations menées suite à la cessation d'activités du CEV

3.10.1. Diagnostic pyrotechnique

Dans le cadre du diagnostic pyrotechnique réalisé par NAVARRA Frères en décembre 1997 pour le compte du CEA, les zones où ont été retrouvées des munitions sont les suivantes³ :

- l'emprise sud du Fort Central : présence de munitions et d'éclats de munitions sur les merlons au Sud du Fort ;
- la Batterie Nord ;
- les zones environnant le restaurant d'entreprise du CEA.

La localisation de ces zones est indiquée sur la Figure suivante.

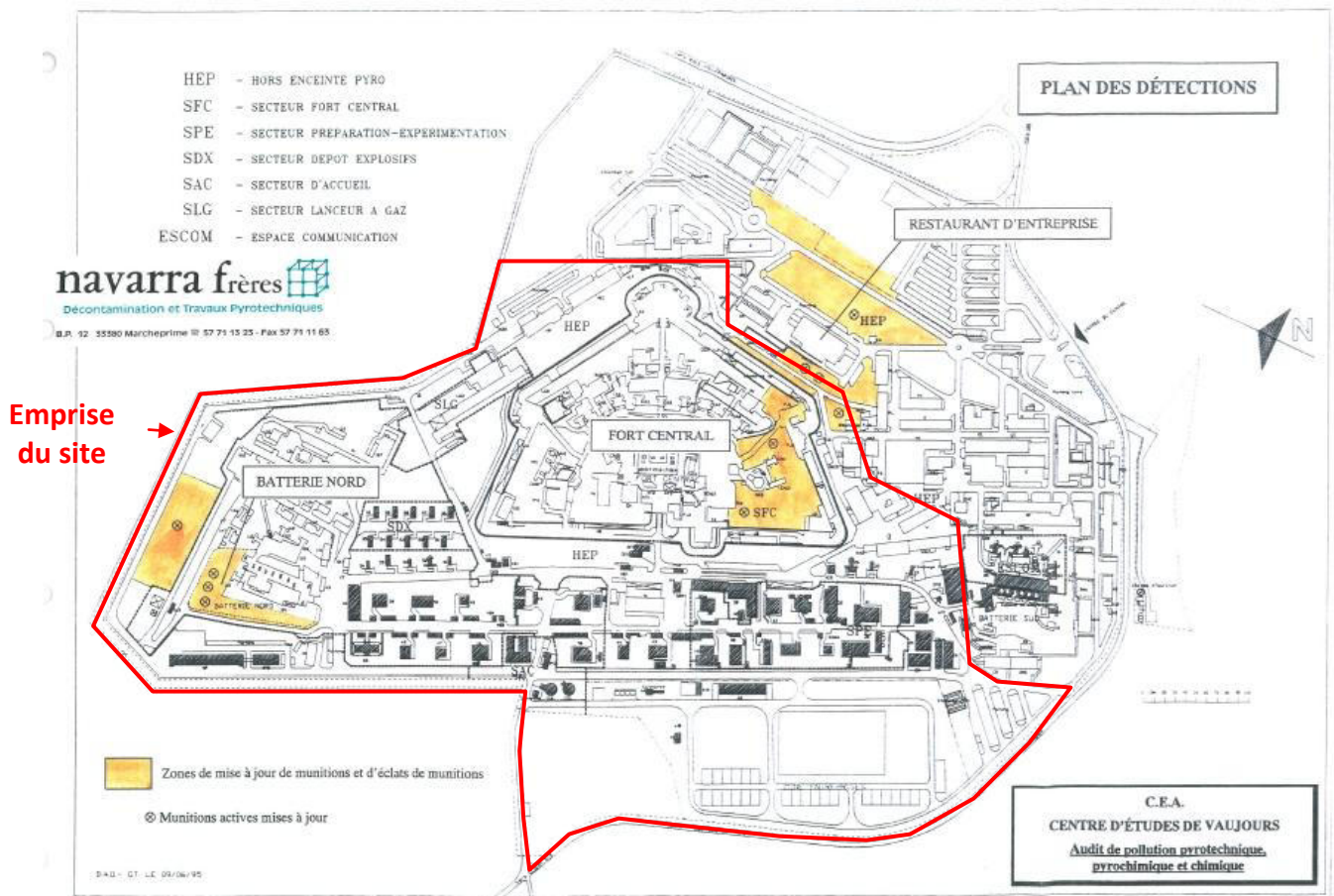


Figure 19 : Localisation des zones où des munitions enterrées ont été retrouvées (source : NAVARRA Frères)

³ CEA. Centre d'Etudes de Vaujours. Audit de pollution pyrotechnique, pyrochimique et chimique. Rapport d'activité. A Vaujours du 1^{er} au 05 décembre 1997. NAVARRA Frères. (Dossier d'abandon du site – Volume 1).

La probabilité de retrouver d'autres munitions enterrées, encore non découvertes, est grande pour ces 3 zones (source : NAVARRA Frères).

3.10.2. *Audit de pollution pyrochimique*

Un audit de pollution pyrochimique a été effectué par les sociétés BORIE Consultant et GEOCLEAN pour le compte du CEA (source : Dossier d'Abandon volume 1). Les principaux éléments sont repris ci-dessous.

La pollution pyrochimique concerne les zones d'épandage et de brulage de déchets d'explosifs, ainsi que les anciens ateliers de fabrication et d'usinage d'explosifs.

Les zones concernées sont identifiées sur la figure de la page suivante. Elles correspondent à 5 secteurs :

- secteur 1 : l'ancienne zone de moulage ;
- secteur 2 : la batterie Nord ;
- secteur 3 : l'ancienne zone d'usinage ;
- secteur 4 : la batterie Sud et le bâtiment 31 en zone A10 ;
- secteur 5 : le Fort Central.

D'après le dossier d'abandon, BORIE Consultant avait identifié les zones à risques suivantes :

- Zone SDX (Secteur Dépôt Explosifs) : alvéoles de stockage du dépôt SDX ;
- Zone HEP (Hors Enceinte Pyro) : anciens ateliers d'enrobage ;
- Zone butte CR ;
- Zone SFC (Secteur Fort Central) : buttes et chambres de tir, chambre d'explosion,
- Batterie Nord : zones d'épandage et de brûlage.

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A

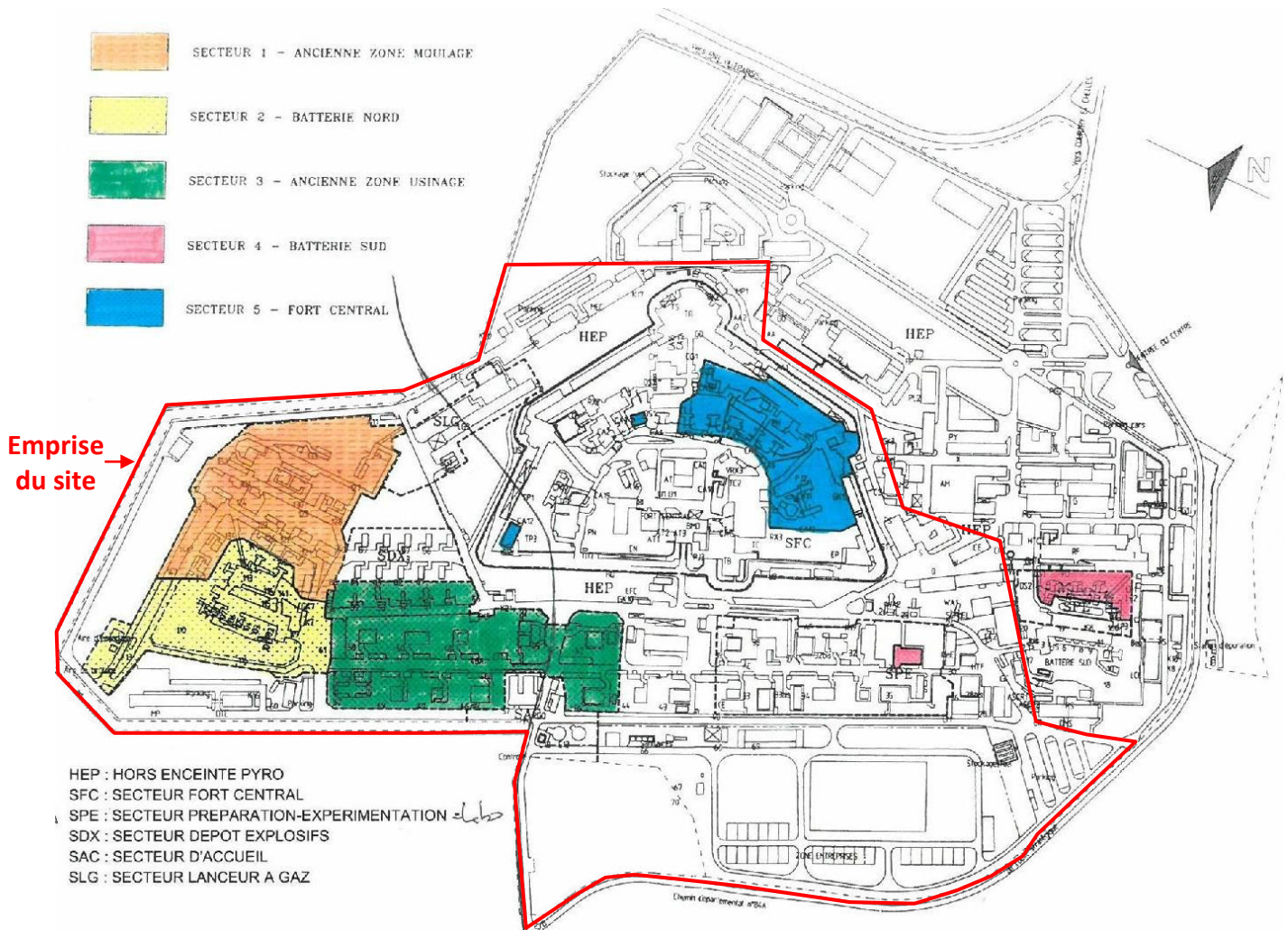


Figure 20 : Localisation des 5 secteurs concernés par l'utilisation d'explosifs

Dans les zones SDX, HEP, SFC et la butte CR, aucune odeur caractéristique n'a été relevée sur l'ensemble des cellules et chambres « suspectes » et les prélèvements effectués ont confirmé l'absence de traces de produits explosifs (Source : Rapport d'intervention du 2 au 4 décembre 1997 sur le site CEA à Villeparisis. BORIE Consultant. Réf. AB 971214 - Dossier d'Abandon volume 1).

Les produits fabriqués de type HMX et RDX ont eu, pour extracteurs, des corps facilement identifiables comme des solvants ou des plastifiants.

Les produits cités par BORIE Consultant sont les suivants : acétate d'éthyle et de butyle, acrylate d'éthyle, cyclohexanone, trichlorobenzène, chlorure de méthylène, méthyléthylcétone.

Leur présence implique celle des composants HMX, RDX ou TATB car ils peuvent être considérés comme des marqueurs de ces derniers dans le contexte de leur emploi sur le site.

Les investigations réalisées n'ont pas mis en évidence la présence de produits explosifs au droit des zones SDX, HEP, SFC et la butte CR.

La présence d'une pollution pyrochimique a été repérée dans le secteur de la Batterie Nord au droit de la zone d'épandage.

3.10.3. Zone d'épandage

Les résultats des investigations menées par GEOCLEAN présentées dans le dossier d'abandon du CEA sont repris dans les paragraphes suivants.

La zone d'épandage correspondait à une zone sans revêtement utilisée comme décharge de produits de fabrication et d'essais du CEA dans les années 1960.

Elle était associée à une aire de brulage dans un bac béton de 1,9 m X 1,9 m, sur une emprise bétonnée de 5 m X 5 m (sondage SE4 localisé sur l'extrait de plan de la page suivante).

La zone d'épandage comprenait également au droit du sondage SE8, un bassin de stockage de terres argileuses contaminées par des composés odorants.

Les composés chimiques suivants ont été mis en évidence au droit de la zone d'épandage :

- COHV : cis-1,2-dichloroéthylène, chloroforme (ou trichlorométhane), 1,2-dichloroéthane, trichloroéthylène, 1,1,1-trichloroéthane, tétrachlorure de carbone, 1,2-dichloroéthane, trichloroéthylène, dichlorométhane (ou chlorure de méthylène)
- Composés aromatiques volatils : toluène, chlorobenzène ;
- Phénols : phénol et méthylphénol ;
- Composés associés aux produits explosifs : acétate d'éthyle.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

Les terres extraites ont été étalées en semaine 52 (22 au 28 décembre) de l'année 1997 sur la voie goudronnée à proximité et remuées mécaniquement tous les jours jusqu'à fin février 1998. L'eau pompée de la fosse a été répandue sur les terres extraites.

GEOCLEAN a effectué le 15 janvier 1998, 4 prélèvements de contrôle sur les terres ventilées issues des zones d'épandage, de brûlage et du bassin. Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous extrait du dossier d'abandon.

Echantillon Composés	Zone d'épandage		Zone de brûlage	Zone de bassin	Valeurs guide
	GEO 2-4	GEO 2-5	GEO 2-6	GEO 2-7	
Hydrocarbures aromatiques :					
- Benzène	< 0,01	1,4*	2,5*	0,02	1
- éthyl benzène	< 0,05	< 0,5	< 0,5	< 0,05	50
- Toluène	< 0,05	9,6	160	< 0,05	130
Phénols :					
- phénol	< 0,02	0,29	8,5	< 0,02	40
- aérosols totaux	1,3	0,55	0,049	0,26	5
Hydrocarbures aliphatiques halogénés :					
- trichlorométhane	0,2	1,0	29	0,6	-
- tétrachlorure de carbone	< 0,1	< 0,5	2,1	< 0,1	Limite de détection
- 1.1.1 trichloroéthane	< 0,1	26	48	< 0,1	90 (Suède)
- 1.2 dichloroéthane	< 0,1	0,8	< 0,5	< 0,1	Limite de détection
Chlorobenzènes volatils :					
- monochlorobenzène	0,02	44*	44*	0,09	-
- chlorobenzènes totaux	n.a.	2,5	5,4	n.a.	30

* Etant donné la présence d'un ou de plusieurs composants à concentration élevée, les limites de détection ont été relevées.

Résultats d'analyses après opérations de correction
 (tableau récapitulatif des analyses menées par le laboratoire hollandais)

A noter, les concentrations en chlorobenzènes non volatils, de l'ordre du centième ou du millième de mg/kg de terre n'ont pas été retenues dans ce tableau de synthèse.

Dans le dossier d'abandon, il est précisé notamment que l'aération des terres à forte odeur de la zone d'épandage et des deux autres zones (brûlage et bassin), par épandage en couche fine entre décembre 1997 et février 1998, a entraîné :

- une diminution sensible de l'odeur ressentie en décembre 1997 à l'ouverture des tranchées de prélèvements ;
- une diminution significative des valeurs des analyses (résultats inférieurs aux valeurs guides utilisées à l'époque par GEOCLEAN) ;
- une diminution des taux de benzène et de chlorobenzène sur la période de 2 mois.

3.10.4. Stockages d'hydrocarbures

Dans le cadre du dossier d'abandon, des investigations ont été menées au droit des différents stockages d'hydrocarbures et notamment ceux présents sur l'emprise du site.

Les investigations ont été exécutées par GEOCLEAN en 1997⁴. Les sondages ont été réalisés à la pelle mécanique, les caractéristiques des investigations sont présentées dans le tableau suivant.

Zone	Localisation	Descriptif	Sondages	Profondeur d'investigation
A10	Dépôt CF2	4 cuves enterrées (FOD et Fuel lourd)	Absence de sondages	-/-
A11	Dépôt WA1	2 cuves enterrées (essence et gasoil) et 1 poste de distribution	Sondages station1 (cuve Nord) et station2 (cuve Sud)	1,5 m après extraction des cuves
A11	Dépôt CS	4 cuves enterrées (FOD)	Sondage S8	3 m
A3	Dépôt Four	1 cuve de 5 m3 dans une fosse enterrée (FOD)	Sondage Four	3 m
A12	Entrée site (Dépôt Ouest)	4 cuves enterrées (Fuel lourd)	Sondages S5, S6 et S7	3 m
A l'extérieur du site PLACOPLATRE	Dépôt GHTC en limite du site)	1 cuve enterrée (FOD)	Sondages S9 et S10	2,5 et 1,4 m

Tableau 15 : Caractéristiques des investigations menées au droit des stockages enterrés d'hydrocarbures

Les observations de terrain n'ont pas décelé de traces d'hydrocarbures au droit des dépôts CS et Four et au droit du dépôt GHTC situé à proximité, à l'extérieur de l'emprise du site.

Sur le dépôt Ouest localisé à l'entrée du site, une pâte noire à aspect de goudron a été décelée de 2,3 à 2,7 m de profondeur au sondage S5.

Sur le dépôt WA1, une forte odeur d'hydrocarbures a été mise en évidence après extraction des 2 cuves. L'une des cuves (cuve Nord) était disposée dans une fosse non bétonnée avec de l'argile en fond de fosse, l'autre cuve (cuve Sud) dans une fosse bétonnée dont le fond était fissuré.

L'emprise des 2 fosses étaient les suivantes :

- Cuve Nord : 3 X 4,5 m ;
- Cuve Sud : 3,1 X 5,2 m.

⁴ CEA. Centre d'Etudes de Vaujours. Audit de pollution chimique et pyrochimique. Rapport d'intervention GEOCLEAN de décembre 1997. Ref. GEO-Q-12/0/30.04.97 présenté dans le dossier d'abandon.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

Les résultats des prélèvements de sols analysés sont repris dans le tableau suivant.

Zone	Localisation	Descriptif	Echantillon	Concentration en Hydrocarbures totaux C10-C40 en mg/kg-MS
A10	Dépôt CF2	4 cuves enterrées (FOD et Fuel lourd)	Absence de reconnaissance	
A11	Dépôt WA1	2 cuves enterrées (essence et gasoil) et 1 poste de distribution	Station1 (cuve Nord) Station 2 (cuve Sud)	130 520
A11	Dépôt CS	4 cuves enterrées (FOD)	S8 - Fond	<15
A3	Dépôt Four	1 cuve de 5 m3 dans une fosse enterrée (FOD)	Four – 2,5 à 3 m	<5
A12	Entrée site (Dépôt Ouest)	4 cuves enterrées (Fuel lourd)	S5 – 2,7 à 2,8 m S4 - 1,2 m	1400 170
Hors site	Dépôt GHTC en limite du site)	1 cuve enterrée (FOD)	S9 – 2,5 m	30

Tableau 16 : Résultats des prélèvements de contrôles réalisés au droit des stockages enterrés d'hydrocarbures en 1997

Ces reconnaissances ont permis de mettre en évidence la présence d'hydrocarbures dans les sols au droit des dépôts WA1 et du dépôt Ouest à l'entrée du site.

Aucune anomalie n'a été révélée au droit des fouilles de 3 m de profondeur réalisées à proximité des dépôts CS et Four ainsi que du dépôt GHTC localisé à l'extérieur à une vingtaine de mètres de la limite du site.

3.11.Examen des photographies aériennes

Les photographies aériennes disponibles auprès des services de l'IGN ont été examinées sur la période 1933-1998. Les commentaires des prises de vue sont indiqués dans le tableau suivant et les vues aériennes sont présentées en annexe 6.

Date	Occupation du site
1933	Fort central associé aux batteries Nord et Sud. L'ensemble du site est nu avec quelques zones de végétation rase. A l'ouest du Fort Central sur l'emprise des zones A5, A8, A9 et A10 actuelles, on observe des points blancs qui pourraient correspondre à des impacts de tirs.
1949	Le site est recouvert par une végétation forestière autour des batteries et du Fort Central et par une végétation rase et des champs à l'ouest du Fort Central (zones A5, A8, A9 et A10). Quelques bâtiments à l'ouest du Fort central le long de la route d'accès au Fort et aux batteries (zone A8 actuelle). Les bâtiments à l'intérieur du Fort ainsi que les poudrières localisées dans les talus ne sont plus visibles. Impacts de bombe à l'est du Fort central en dehors de l'emprise actuelle du site qui correspond à la zone environnant l'ancien restaurant d'entreprise du CEA où des munitions ont été retrouvées par NAVARRA Frères lors du diagnostic pyrotechnique réalisé en décembre 1997.
1952	Configuration proche de 1949. Les zones basses entre les bâtiments et les poudrières apparaissent moins profondes que sur la vue de 1949 d'où la présence potentielle de remblais. Existence d'une mare à l'ouest du site à l'intérieur du bois (zone A12 actuelle).
1959	Construction des casemates au sud-ouest du Fort Central (zones A9 et A10 actuelles) et de nouveaux bâtiments au sud du Fort Central.
1967	Le site est proche de sa configuration actuelle. Les casemates autour de la batterie nord sont construites (zones actuelles A3, A4 et A5). La zone d'épandage au nord de la batterie Nord est visible. La partie ouest du site (zone A12 actuelle) est utilisée pour le stockage de matériaux. Une station de traitement d'eau existe à l'entrée ouest du site (zone A12 actuelle).
1969	Configuration proche de 1967.
1979	Configuration proche de 1967. Le stockage de fuel à l'entrée sud du site à proximité de la zone de parking est implanté.
1981	Configuration proche de 1979.
1989	Configuration proche de 1981.
1998	Disparition des bâtiments localisés à l'est de la batterie Nord sur la partie Est de la zone A3 actuelle. Les dépôts de matériaux en zone A12 n'existent plus. Les installations du stockage de fuel à l'entrée Sud du site ne sont plus visibles.

Tableau 17 : Commentaires des prises de vue aériennes IGN

3.12. Situation actuelle – visite du site

Une visite de site a été réalisée le 14/10/2015. Elle a consisté en un repérage des sources de pollution potentielle (anciens transformateurs, anciennes zones de stockage ou de distribution d'hydrocarbures, ancienne zone d'épandage).

A l'extérieur du Fort Central, les opérations de démolition des bâtiments étaient en cours.

Cette visite ainsi que celles effectuées dans le cadre de l'implantation des sondages de reconnaissance n'ont pas mis en évidence d'autres sources de pollution potentielles que celles listées dans le cadre de l'étude historique.

3.13. Synthèse des sources potentielles de contamination

Sur la base de l'étude historique, les sources de pollution potentielle sur l'emprise de la zone d'étude sont listées dans le tableau de la page suivante.

Pour les activités exercées à l'intérieur (ateliers, casemate de tirs), la pollution potentielle des sols dépend de l'intégrité de la dalle. Les sondages seront implantés à l'intérieur des bâtiments, préférentiellement dans les zones où les dalles présenteraient des traces d'impact, ou au plus près à l'extérieur selon les possibilités d'accès.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

Période	Localisation	Zone du site concernée(*)	Source potentielle de pollution
1883 à 1944 Dépôt de munitions	Zones de stockage et explosion des munitions : partie Sud du Fort Central et Batterie Nord (munitions mises à jour par Navarra Frères en 1997)	B6, B7 A1, A3	Sols potentiellement impactés par des poudres de munitions ou des métaux
IGN 1933	Points blancs qui pourraient correspondre à des impacts de tirs.	A5, A8, A9 et A10	Sols potentiellement impactés par des poudres de munitions ou des métaux
1947 à 1957 Tests de tirs par la poudrerie de Sevrans	Batterie Nord : Zone de tirs à la poudre SD	A2, A3	Sols potentiellement impactés par de la poudre SD (nitrocellulose) ou des métaux
1956 à 1997 CEV	Anciens ateliers de fabrication et d'usinage des explosifs	A2, A3, A5, A8, A9 B3 (ponctuellement)	Sols potentiellement impactés par des explosifs, des métaux, des phénols ou des solvants
	Zones de tirs pyrotechniques : Fort Central	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	Sols potentiellement impactés par des explosifs, des métaux, des phénols ou des solvants
	Zones à risque pyrochimique SDX, HEP, CR, SFC et Batterie Nord identifiées par BORIE Consultant	B4, B6, B7 A2, A3, A5 A4 (en partie) A8 (en partie)	Sols potentiellement impactés par des explosifs, des métaux, des phénols ou des solvants
	Stockages de fuel domestique, de fuel lourd ou d'essence, poste de distribution et station de réchauffage du fuel lourd	A3, A10, A11, A12	Sols potentiellement impactés par des hydrocarbures
	Anciens transformateurs	A1, A2, A3, A4, A7, A8, A10, A11, B3	Sols potentiellement impactés par des PCB
	Zone d'épandage	A1	Sols potentiellement impactés par des solvants, CAV, phénols et produits explosifs
	Zone de stockage de solvants	A8	Sols potentiellement impactés par des solvants
	Zone de dépôts (zone entreprises). Vues aériennes de l'IGN (1967 à 1989)	A12	Sols potentiellement impactés par des métaux, hydrocarbures et COHV
	Concentrations résiduelles en dioxines et furannes en cas d'utilisation de propergols dans les tirs d'essai	Fort Central	Sols potentiellement impactés par des dioxines et furannes

(*) Site divisé en 12 zones définies par PLACOPLATRE

Tableau 18 : Sources de pollution potentielle

4. Campagne de reconnaissance des sols

Méthodes et moyens

4.1. Présentation de la campagne

Il était prévu de réaliser 103 sondages (dont 1 sondage témoin : A12_témoin, implanté à l'extrémité ouest du site) et d'analyser 192 échantillons de sols. Au total, il a été exécuté **97** sondages et 173 échantillons de sols ont été prélevés.

Par rapport au programme prévisionnel :

- 11 sondages n'ont pu être exécutés principalement en raison de la présence de cavités ou de réseaux ;
- 5 sondages complémentaires ont été réalisés en fin de campagne pour contrôler l'extension d'impacts mesurés dans les sols à proximité de l'emplacement des anciennes cuves enterrées à l'entrée sud du site (sondages A12_S6, A12_S7, A12_S8 et A12_S13) et au droit de la zone d'épandage (A1_S8bis).

Les sondages qui n'ont pu être exécutés sont listés dans le tableau suivant :

Numéro	Prof.	Description	Observation
A2_S1	3	A2_explo	cavité > 3m
A3_S8	3	A3_explo	Présence de réseaux enterrés
A3_S9	3	A3_explo	Présence de réseaux enterrés
A3_S10	3	A3_explo_Bat_147	Présence de réseaux enterrés
A8_S7	3	Stockage solvants	Présence de réseaux enterrés
A9_S4	3	A9_Bat_33	sondage inaccessible
A10_S3	5	HCT CF2	structure enterrée
A11_S4	5	Poste distribution	Présence de réseaux enterrés
A12_S9	2	Dépôts divers	Présence de réseaux enterrés
A12_S10	2	Dépôts divers	Présence de réseaux enterrés
B2_S4	3	B2_métaux	cavité – remplacé par B6_S5
B4_S2	3	B4_métaux	sur caniveau – remplacé par B3_S5
B6_S3	3	B6_métaux	inaccessible

Tableau 19 : Liste des sondages qui n'ont pu être exécutés

PLACOPLATRE a souhaité une approche plutôt exhaustive dans le dimensionnement de la campagne de reconnaissance :

- Contrôle systématique de la présence de PCB au droit des anciens transformateurs ;
- Analyse des composés explosifs :
 - o Recherche des perchlorates en plus des composés explosifs les plus courants (liste standard) et de la nitrocellulose ;
 - o Analyse des nitrates, de l'ammonium et des sulfates pour obtenir un indice supplémentaire sur la présence de composés explosifs fabriqués principalement à base de composés nitrés ou de salpêtre.
- Analyse des éléments traces métalliques sur l'ensemble du site, ces éléments sont analysés sur la majorité des sondages et au droit de quelques sondages implantés en dehors de zones sources de pollution potentielle (sondages A6_S3, A7_S1, A11_S1).

PLACOPLATRE a souhaité également disposer de résultats de tests d'acceptabilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI).

4.2. Moyens mis en œuvre

4.2.1. Travaux préparatoires

4.2.1.1. Repérage des points de sondages

La majorité des sondages ont été implantés sur le terrain avant le démarrage de la campagne de reconnaissance du 28 au 30 octobre puis le lundi 16 novembre 2015. Une vingtaine de points ont été implantés au démarrage du chantier, certaines zones n'étant pas accessible pendant la phase d'implantation.

Les coordonnées des sondages sont issues des repérages réalisés au GPS ou sont basées sur le système des coordonnées x, y du plan de localisation.

4.2.1.2. DICT

Il ne subsiste plus aucun réseau actif sur le site, toutefois, les DICT ont été lancées selon la réglementation en vigueur les 29 octobre et 7 mars 2016.

4.2.1.3. Sécurité du chantier

A la suite de la découverte de la présence d'amiante dans des remblais de démolition de bâtiments enfouis dans les sols en plusieurs points du site (zones A3 et A5), l'Inspection du Travail a demandé à PLACOPLATRE que le personnel intervienne en sous-section 4 et a demandé à chaque société intervenante la remise d'un mode opératoire destiné à prendre en compte le risque lié à la présence éventuelle d'amiante dans les sols. Le mode opératoire Antea Group daté du 23/03/2016 est présenté en annexe 7.

Il prend en compte les risques suivants dans le cadre de la campagne de reconnaissance des sols :

- Risque amiante : intervention du personnel en sous-section 4 (port des EPI comprenant notamment un ½ masque à ventilation assistée avec cartouches filtrantes, mise en place d'une unité mobile de décontamination, surveillance de l'empoussièrement) ;
- Risque radiologique : les EPI déjà utilisés pour le risque amiante ont permis de prendre en compte le risque radiologique. Pour les zones non dédouanées vis-à-vis du risque radiologique, les prélèvements de sols ont été exécutés par du personnel habilité au travail sous rayonnement ionisants et la radioprotection des intervenants a été assurée par la société NUDEC BURGEAP missionnée par PLACOPLATRE. Pour les zones dédouanées, un auto-contrôle a été exécuté par Antea Group ;
- Risque pyrotechnique : la prévention du risque pyrotechnique a été assurée par PYROTECHNIS, missionné par PLACOPLATRE pour assurer un suivi ;
- Risque chimique : le port des EPI déjà pris en compte pour le risque amiante ainsi que l'utilisation d'une cartouche filtrante de type ABEK-P3 a permis de prévenir les risques liés au contact ou l'inhalation des substances chimiques identifiées comme potentiellement présentes dans les sols sur la base des données disponibles.

Un plan de prévention a également été élaboré par PLACOPLATRE en présence des différentes sociétés intervenantes le 17 mars 2016.

4.2.2. Sondages

La liste des 97 sondages exécutés est présentée dans le tableau de synthèse n°1 et leur localisation est présentée sur la planche 1. La campagne de sondages s'est déroulée sur 6 semaines du 4 avril au 12 mai 2016. Les sondages ont été exécutés par la société ASTARUSCLE à l'aide d'un atelier de sondages carottés de type GEOPROBE.

Les sondages d'une profondeur moyenne de 3,6 m avec des profondeurs comprises entre 1 et 8,4 m, ont été exécutés à sec par battage à l'aide d'un carottier de diamètre extérieur 56 mm qui permet de recueillir les sols tous les mètres, dans des gaines PVC transparentes.

Les carottes ont ensuite été ouvertes sur place et les échantillons de sols ont été prélevés après description des terrains traversés.

Les photographies de la page suivante présentent des prises de vue du chantier de sondages.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A



Figure 21 : Prises de vue du chantier de sondages

4.2.3. Analyses des échantillons de sols

4.2.3.1. Présentation

En moyenne deux échantillons ont été prélevés par sondage, soit au total 173 échantillons pour 97 sondages. Le tableau de la page suivante présente les analyses prévues selon la source de pollution potentielle investiguée.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

Période	Localisation	Zone du site concernée(*)	Source potentielle de pollution	Analyses
1883 à 1944 Dépôt de munitions	Zones de stockage et explosion des munitions : partie Sud du Fort Central et Batterie Nord (munitions mises à jour par Navarra Frères en 1997)	B6, B7 A1, A3	Sols potentiellement impactés par des poudres de munitions ou des métaux	Produits explosifs, perchlorates, nitrocellulose, métaux, nitrates, ammonium, sulfates
IGN 1933	Points blancs qui pourraient correspondre à des impacts de tirs.	A5, A8, A9 et A10	Sols potentiellement impactés par des poudres de munitions ou des métaux	
1947 à 1957 Tests de tirs par la poudrerie de Sevrans	Batterie Nord : Zone de tirs à la poudre SD	A2, A3	Sols potentiellement impactés par de la poudre SD (nitrocellulose) ou des métaux	
1956 à 1997 CEV	Anciens ateliers de fabrication et d'usinage des explosifs	A2, A3, A5, A8, A9 B3	Sols potentiellement impactés par des explosifs, des métaux, des phénols ou des solvants	Produits explosifs, perchlorates, nitrocellulose, métaux, nitrates, ammonium, sulfates, phénols, phtalates, solvants polaires
	Zones de tirs pyrotechniques : Fort Central	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	Sols potentiellement impactés par des explosifs, des métaux, des phénols ou des solvants	
	Zones à risque pyrochimique SDX, HEP, CR, SFC et Batterie Nord identifiées par BORIE Consultant	B4, B6, B7 A2, A3, A5 A4 (en partie) A8 (en partie)	Sols potentiellement impactés par des explosifs, des métaux, des phénols ou des solvants	
	Stockages de fuel domestique, de fuel lourd ou d'essence, poste de distribution et station de réchauffage du fuel lourd	A3, A10, A11, A12	Sols potentiellement impactés par des hydrocarbures	HCT C5-C10, HCT C10-C40 CAV, HAP
	Anciens transformateurs	A1, A2, A3, A4, A7, A8, A10, A11, B3	Sols potentiellement impactés par des PCB	PCB, HCT, HAP
	Zone d'épandage	A1	Sols potentiellement impactés par des solvants, CAV, phénols et produits explosifs	Produits explosifs, perchlorates, nitrocellulose, métaux, phénols, phtalates, solvants polaires, screening, COHV
	Zone de stockage de solvants	A8	Sols potentiellement impactés par des solvants	HCT, CAV, HAP, COHV
	Zone de dépôts (zone entreprises). Vues aériennes de l'IGN (1967 à 1989)	A12	Sols potentiellement impactés par des métaux, hydrocarbures et COHV	HCT, CAV, HAP, COHV
	Concentrations résiduelles en dioxines et furannes en cas d'utilisation de propergols dans les tirs d'essai	Fort Central	Sols potentiellement impactés par des dioxines et furannes	Dioxines et furannes au droit de 3 sondages

Tableau 20 : Type d'analyses selon la source potentielle de pollution

4.2.3.2. Détail des analyses

Composés explosifs

L'analyse des produits explosifs comprend la recherche des éléments suivants :

- 2-Nitrotoluène, 3-Nitrotoluène, 4-Nitrotoluène, 2,4-Dinitrotoluène, 2,6-Dinitrotoluène, 2,4,6-Trinitrotoluène (TNT), 4-Amino-2,6-Dinitrotoluène, 2-Amino-4,6-Dinitrotoluène ;
- 1,3-Dinitrobenzène, 1,3,5-Trinitrobenzène, Diphénylamine (DPA),
- Ethylèneglycoldinitrat (EGDN), Diéthylèneglycol-dinitrate (DEGN), Hexogène (RDX), Hexyl (HNDP), Nitroglycérine (NG), Nitropenta (PETN), Octogène (HMX), Acide picrique (PA), Tétryl,
- Perchlorates,
- Nitrocellulose.

Les nitrates, l'ammonium et les sulfates sont également recherchés pour obtenir des indices complémentaires sur la présence des explosifs qui sont fabriqués principalement à base de composés nitrés ou de salpêtre.

Eléments traces métalliques

La recherche des éléments traces métalliques comprend la recherche des éléments suivants : Arsenic, cadmium, chrome total, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc, béryllium, baryum, étain.

Composés organiques

Composés aromatiques volatils (CAV) : 8 composés : benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes (para, méta et ortho), cumène, pseudocumène, mésitylène, éthyltoluène.

HAP :

16 substances : naphtalène, acénaphthylène, acénaphtène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(ah)anthracène, benzo(ghi)peryène, indéno(123-cd)pyrène.

COHV :

15 composés : 1,2-dichloroéthane, 1,1-dichloroéthène, cis-dichloroéthène, trans-dichloroéthène, dichlorométhane, 1,2-dichloropropane, 1,3-dichloropropène, tétrachloroéthène, tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone), 1,1,1-trichloroéthane, trichloroéthène, trichlorométhane (chloroforme), chlorure de vinyle, hexachlorobutadiène, bromoforme (tribromométhane).

PCB : Polychlorobiphényles : 7 composés : liste standard : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.

Phénols : Naphtols, Crésols, Ethylphénols, Diméthylphénols, Chlorophénols, Benzylphénol, Isopropylphénols.

Phtalates : Diméthylphtalate, Diéthylphtalate, Di-n-butylphtalate, butylbenzylphtalate, bis-(2-éthylhexyl)phtalate, Di-n-octylphtalate.

Solvants polaires : Acétate d'éthyle, acétate d'isopropyle, acétone, méthyléthylcétone, 4-méthyl-2-pentanone (MIBK), Méthyl-tertiobutyl ether (MTBE), Tétrahydrofurane (THF), 1,4-Dioxane, Diéthyléther, Diisopropyléther, Diéthoxyméthane, Dichlorométhane, Trichlorométhane, Toluène, n-Hexane, cyclohexane, n-Heptane, méthanol, éthanol, isopropanol, 2-Butanol, 1-Butanol.

Un screening des composés organiques volatils (méthode EPA 624) qui permet d'avoir une quantification estimative des composés volatils présents a été effectué sur 12 échantillons prélevés au droit de la zone d'épandage.

Les dioxines et furannes seront recherchés sur 2 sondages répartis autour des zones de tirs (B3_S2 et B6_S4).

Tests d'acceptabilité en ISDI

Les tests d'acceptabilité en installations de stockage de déchets inertes (ISDI) ont été répartis sur l'ensemble du site et plus particulièrement à l'intérieur du Fort Central où les sondages ont traversés des niveaux de remblais. L'échantillonnage a été distribué à des profondeurs différentes.

Ces tests comprennent la recherche des éléments suivants :

- sur brut : COT, BTEX, PCB, hydrocarbures totaux, HAP,
- sur éluat : métaux (arsenic, baryum, cadmium, chrome total, cuivre, mercure, molybdène, nickel, plomb, antimoine, sélénium, zinc), fluorures, indice phénol, COT, pH, chlorures, sulfates sur éluat et fraction soluble.

Notons que le béryllium et l'étain ne sont pas analysés sur lixiviats dans le cadre des analyses standards ISDI. Ces éléments seront ajoutés au pack ISDI.

Le tableau de synthèse n°2 présente la répartition des analyses par sondage.

4.2.3.3. Procédures analytiques

Les procédures analytiques sont les suivantes :

Paramètre	Norme
Nitroaromates	EN ISO 22478 mod.
Résidus d'explosifs sur sol	WEX 529
Perchlorates	WEX 909
Nitrocellulose sur sol	WEX 299
Matières sèches	NF ISO 11465(A)
Indice Hydrocarbures (C10-C40) (Agitation mécanique, purification au fluorisil)	NF EN ISO 16703(A)
Benzène et aromatiques	Méth. interne BTXHS adaptée de NF EN ISO 22155(A)
PCB	Méth. interne HAP-PCB adaptée de NF ISO 10382(A)
HAP (16)	NF ISO 18287(A)
Carbone organique total sur mat. solide (combustion sèche)	NF ISO 10694(A)
Lixiviation	Méth. interne LIXI adaptée de NF EN 12457-2(A)
Lixiviation	Méth. interne LIXI adaptée de NF EN 12457-2(A)
Résidu sec après filtration à 105+/-5°C	NF T90-029(A)
Fraction soluble	Calcul d'ap. résidu sec
Carbone organique total (COT)	NF EN 1484(A)
Carbone organique total (COT)	(calculé d'éluat à solide (1:10))
Phénol total (indice) après distillation sur eau / lixiviat	DIN EN ISO 14402(A)
Indice Phénol total	(calculé d'éluat à solide (1:10))
Métaux sur eau / lixiviat (ICP-MS)	NF EN ISO 17294-2(A)
Métaux sur lixiviat	(calculé d'éluat à solide (1:10))
Mercure	(calculé d'éluat à solide (1:10))
Anions dissous (filtration à 0,2 µ)	Méth. interne ION adaptée de NF EN ISO 10304-1(A)
Anions dissous (EN ISO 10304-1)	(calculé d'éluat à solide (1:10))
Sulfates (SO4)	(calculé d'éluat à solide (1:10))
Métaux sur eau / lixiviat	Méth. interne ICP-MS adaptée de NF EN ISO 17294-2(A)
Minéralisation à l'eau régale	Méth. interne MINE adaptée de NF ISO 11466(A)
Métaux	Méth. interne ICP-MS adaptée de NF EN ISO 17294-2(A)
Composés organohalogénés volatils	Méth. Int. COHV adaptée de NF EN ISO 22155(A)
Alkyl- et Arylphénols sur matière solide	DIN ISO 14154 mod.
Méthode EPA 624 sur sol	EN ISO 10301
Phtalates sur matière solide	EPA 606 mod.
Solvants polaires	DIN EN ISO 10301
BTEX sol	DIN ISO 22155
Alcanes sur sol	DIN 38407 F9 mod.
Alcools	WES 247
Indice hydrocarbures volatils (C5-C10)	Méth. interne C5-C10 adaptée de NF EN ISO 22155(A)

Tableau 21 : Procédures analytiques des analyses des échantillons de sols

4.2.4. Contrôles vis-à-vis du risque amiante

4.2.4.1. Surveillance de l'empoussièrement

Le Laboratoire L3A a procédé au contrôle hebdomadaire suivant :

- Prélèvement individuel sur le foreur ou la personne chargée des prélèvements de sols ;
- Prélèvement dans l'unité de décontamination ;
- Prélèvement dans l'environnement de l'atelier de sondages ;
- Prélèvement dans l'eau de rejet.

Les bordereaux d'analyses du laboratoire L3A sont rassemblés en annexe 8. Les contrôles n'ont pas détecté la présence d'amiante sur ces prélèvements liés à l'empoussièrement.

4.2.4.2. Contrôle de la présence d'amiante dans les sols

Un contrôle de la présence d'amiante dans les sols a été mené sur 15 échantillons de sols prélevés sur des sondages répartis sur l'emprise du site, soit environ 1 prélèvement moyen pour chacune des différentes zones. Les analyses ont été effectuées par le laboratoire Wessling (cf. annexe 10).

Les résultats sont repris dans le tableau suivant.

Désignation de l'échantillon	Sondage correspondant	Matrice	Apparence	Couleur	Amiante	Type de fibre
@A1	S2 (0-3,6m)	sol	matériaux argileux	vert	Négatif	Négatif
@A2	S2 (0-3,6m)	sol	terre+cailloux +argile	marron et vert	Négatif	Négatif
@A3	S12 (0-3,6m)	sol	marron	terre + cailloux	Négatif	Négatif
@A5	S3 (0-3,6m)?	sol	terre + cailloux	marron	Négatif	Négatif
@A6	S1 (0-3,6m)	sol	terre + cailloux	marron	Négatif	Négatif
@A7	S5 (0-3,6m)	sol	terre + cailloux	marron clair	Négatif	Négatif
@A8	S2 (0-3,6m)	sol	terre+cailloux +argile	marron	Négatif	Négatif
@A9	S2 (0-3,6m)	sol	terre+cailloux +argile	vert+orange	Négatif	Négatif
@A11	S6 (0-2m)	sol	terre+cailloux +argile	vert+orange	Négatif	Négatif
@A12	S13 (0-2,4m)	sol	terre+cailloux	marron	Positif	Chrysotile
@B2	S1 (0-2m)	sol	terre + cailloux	marron	Négatif	Négatif
@B3	S3 (1,2-2,4m)	sol	terre + cailloux	marron	Négatif	Négatif
@B4	S3 (0-3,6m)	sol	terre+cailloux +argile	vert+orange	Négatif	Négatif
@B6	S1 (0-2,8m)	sol	terre+cailloux +argile	vert+orange	Négatif	Négatif
@B7	S1 (1-2m)	sol	marron	terre + cailloux	Négatif	Négatif

Tableau 22 : Résultats des contrôles de présence d'amiante réalisés dans les sols

Les recherches se sont avérées négatives à l'exception de l'échantillon prélevé au sondage A12_S13.

5. Résultats de la campagne de reconnaissance

5.1. Nature des terrains

Les fiches de prélèvement de sols sont rassemblées en annexe 9. La nature des terrains traversés est synthétisée dans le tableau de synthèse 3.

La planche 2 présente une cartographie de la nature des terrains rencontrés au droit du site. Les sols sont majoritairement argileux. Les terrains présents en surface correspondent à des remblais argilo-sableux ou des niveaux argileux (argile brune plus ou moins sableuse) qui reposent sur des marnes beiges ou des argiles vertes.

La présence d'un matériau pulvérulent de couleur noire a été repérée au droit des sondages A5_S3 de 1,2 à 3,6 m et A5_S5 de 0 à 0,2m.

Certains sondages ont également atteint sous les remblais des structures en béton enterrée ou des cavités (cf. tableau suivant).

Sondage	Profondeur	Description
A1_S2	3,6 m	Dalle béton de 1 cm d'épaisseur à 0,5 m de profondeur
A2_S2	3,6 m	Dalle béton de 0,4 m à 2,4 m de profondeur
A4_S2	3,6 m	Dalle béton à 1,2 m de profondeur
A4_S3	3,6 m	Dalle béton à 1,2 m de profondeur
A5_S2	3,6 m	Dalle béton à 0,5 m de profondeur
A7_S2	3,6 m	Dalle béton à 1,3 m de profondeur
A8_S2	3,6 m	Dalle béton de 0,4 m à 1,7 m de profondeur
A10_S6	1 m	Refus sur dalle béton à 1 m de profondeur
B6_S1	2,8 m	Deuxième dalle de 0,1 m sous une cavité de 0,4 m

Tableau 23 : Structures en béton enterrées repérées au droit des sondages

Les sondages au droit desquels des résultats positifs ont été mesurés lors des contrôles au PID sont indiqués dans le tableau suivant.

Sondage	Description	Date d'exécution	Profondeur du sondage en m	PID (val maximale mesurée)	Prof de la valeur max mesurée au PID
A1_S3	A1_explo (proche zone)	11/04/16	4.00	0.3	0-1
A1_S4	Transfo K13	11/04/16	4.00	0.3	0-1
A1_S6	Zone d'épandage	11/04/16	3.60	4	1,2-2,4
A1_S8	Zone d'épandage	08/04/16	3.60	20	0-2,4
A1_S8_bis	pollution zone d'épandage	10/05/16	6.00	9999	1,2-2,4
A1_S9	Zone d'épandage	08/04/16	3.60	80	2,4-3,6
A1_S10	Zone d'épandage	08/04/16	3.60	1	0-3,6
A1_S11	Zone d'épandage	08/04/16	3.20	0.1	0-3,2
A10_S7	Chaufferie	11/04/16	1.50	0.5	0-1,5

Tableau 24 : Sondages au droit desquels des résultats positifs au PID ont été détectés

5.2. Analyses de sols

5.2.1. Présentation

Les bordereaux d'analyses sont rassemblés en annexe 10 et les résultats sont repris dans les tableaux de synthèse par type d'analyses (Tableaux de synthèse 4 à 14) et par zones (Tableaux de synthèse 15 à 31).

5.2.1.1. Appréciation de la qualité de sols

Les outils d'appréciation de la qualité des sols s'appuient sur la méthodologie relative aux sites et sols pollués du 08 février 2007, qui ne propose pas de valeurs réglementaires de référence.

Pour appréhender le degré des impacts, les teneurs en éléments traces métalliques mesurées sont comparées :

- aux limites de quantification ;
- aux concentrations maximales mesurées au droit du sondage témoin (A12_Témoin) sur 2 échantillons prélevés ;
- au bruit de fond géochimique des éléments traces métalliques définis par l'INRA (programme ASPITET) et par le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS).

Pour les paramètres organiques, les résultats sont comparés en priorité aux limites de quantification analytiques mais également, à titre indicatif, aux critères d'acceptation en Installation de Stockage de Déchets (ISD).

Il a été retenu pour l'orientation des terres en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI), les valeurs réglementaires fournies par l'arrêté du 12/12/2014.

Rappelons que la réglementation des Installations de Stockages de Déchets fixe ces seuils à partir d'analyses effectuées sur les sols bruts, mais aussi sur l'éluât (éléments traces métalliques, ions majeurs, phénols, COT).

5.2.1.2. Incertitudes analytiques

Les incertitudes analytiques transmises par le laboratoire Wessling pour les paramètres où elles sont définies sont indiquées dans les tableaux de la page suivante.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

Analyses de sols	Incertitude LQ (méthode Gum)
Hydrocarbures totaux	
HCT C10-C40 GC-FID	21%
C5-C10	29%
COHV	
1,1-dichloroéthène	22%
Dichlorométhane	30%
Trans-dichloroéthène	21%
1,1-dichloroéthane	16%
Cis-dichloroéthène	22%
Trichlorométhane	18%
Tétrachlorométhane	20%
1,1,1-trichloroéthane	17%
Trichloroéthène	23%
Tétrachloroéthène	19%
Chlorure de vinyle	43%
1,2-dichloroéthane	22%
CAV	
Benzène	18%
Toluène	22%
Ethylbenzène	18%
m,p-xylène	21%
o-xylène	23%
Cumène	21%
p,m-éthyltoluène	23%
Mésitylène	26%
o-éthyltoluène	23%
Pseudocumène	28%
Chlorobenzènes volatils	
Monochlorobenzène	20%
1,2-dichlorobenzène	21%
1,3-dichlorobenzène	21%
1,4-dichlorobenzène	24%
1,3,5-trichlorobenzène	23%
1,2,3-trichlorobenzène	21%
1,2,4-trichlorobenzène	24%
Chlorobenzènes lourds	
Pentachlorobenzène	14%
Hexachlorobenzène	15%
1,2,3,4-tétrachlorobenzène	14%
1,2,4,5-tétrachlorobenzène	14%
1,2,3,5-tétrachlorobenzène	14%

Analyses de sols	Incertitude LQ (méthode Gum)
7 PCB	
PCB 28	22%
PCB 52	25%
PCB 101	23%
PCB 118	36%
PCB 153	37%
PCB 138	33%
PCB 180	45%
HAP	
Naphthalène	17%
Acénaphthylène	19%
Acénaphthène	18%
Fluorène	16%
Phénanthrène	18%
Anthracène	19%
Fluoranthène	20%
Pyrène	21%
Benzo(a)anthracène	19%
Chrysène	18%
Benzo(b)fluoranthène	21%
Benzo(k)fluoranthène	20%
Benzo(a)pyrène	30%
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	32%
Dibenzo(ah)anthracène	32%
Benzo(ghi)pérylène	25%

Éléments Traces Métalliques	
Arsenic (As)	12%
Baryum (Ba)	23%
Béryllium (Be)	23%
Chrome (Cr) total	12%
Cuivre (Cu)	13%
Etain (Sn)	24%
Mercure (Hg) tot.	24%
Nickel (Ni)	12%
Plomb (Pb)	13%
Zinc (Zn)	12%

Tableau 25 : Incertitudes analytiques sur les analyses de sols

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

ELUATS	Incertitude LQ (méthode Gum)
pH	35.00%
Conductivité	3.80%
Indice phenol total	15%
Résidus sec	1,5 mg/l
COT	10%
Fluorures	12%
Chlorures	9%
Sulfates	9%
Antimoine (Sb)	19%
Arsenic (As)	15%
Baryum (Ba)	13%
Cadmium (Cd)	28%
Chrome (Cr) total	13%
Cuivre (Cu)	13%
Mercure (Hg) tot.	31%
Molybdène (Mo)	19%
Nickel (Ni)	16%
Plomb (Pb)	12%
Sélénium (Se)	12%
Zinc (Zn)	17%

Tableau 26 : Incertitudes analytiques sur lixiviats

5.2.2. Résultats en Hydrocarbures

5.2.2.1. Hydrocarbures volatils C5-C10

Les hydrocarbures volatils C5-C10 ont été recherchés sur les échantillons prélevés au droit des sondages localisés à proximité des cuves enterrées. Les résultats sont repris dans le tableau de synthèse 4.

Le critère retenu pour définir la présence des hydrocarbures C5-C10 dans les sols est la limite de quantification (10 mg/kg-MS).

La répartition du nombre d'échantillons en fonction des concentrations détectées en HCT C5-C10 est la suivante :

Concentrations en HCT C5-C10	Analyses réalisées sur 36 échantillons
< à la limite de quantification du laboratoire soit 10 mg/kg-MS	32 échantillons, soit 89 %
> 10 mg/kg-MS et < 500 mg/kg-MS	4 échantillons, soit 11 %
Concentration maximale mesurée	268 mg/kg-MS (échantillon A12_S2B)

La majorité des échantillons analysés présentent des résultats inférieurs à la limite de quantification.

La concentration maximale est mesurée de 3 à 4 m de profondeur au droit du sondage A12_S2 localisé au droit de l'emplacement des anciennes cuves enterrées implantées à l'entrée sud du site (cf. tableau 13 du paragraphe 3.5).

5.2.2.2. Hydrocarbures totaux C10-C40

Les valeurs d'hydrocarbures totaux (HCT) prennent en compte l'ensemble des hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques présents dans les sols pour les fractions carbonées C10-C40 (hydrocarbures aliphatiques C10-C40 et HAP). Les résultats sont repris dans le tableau de synthèse 5.

Le critère retenu pour définir la présence d'hydrocarbures totaux dans les sols est la limite de quantification (20 mg/kg-MS).

La répartition du nombre d'échantillons en fonction des concentrations détectées en HCT C10-C40 est la suivante :

Concentrations en HCT C10-C400	Analyses réalisées sur 117 échantillons
< à la limite de quantification du laboratoire soit 10 mg/kg-MS	84 échantillons, soit 72 %
> 10 mg/kg-MS et < 500 mg/kg-MS	27 échantillons, soit 23 %
> 500 mg/kg-MS	6 échantillons, soit 5 %
Concentrations supérieures à 500 mg/kg-MS mesurées	40 000 mg/kg-MS (échantillon A12_S2B) 20 000 mg/kg-MS (échantillon A12_S4B) 15 000 mg/kg-MS (échantillon A12_S5B) 8 800 mg/kg-MS (échantillon A5_S3B) 1 800 mg/kg-MS (échantillon A12_S1B) 650 mg/kg-MS (échantillon A12_S4A)

Environ 3/4 des échantillons analysés présentent des résultats inférieurs à la limite de quantification.

Les concentrations supérieures à 500 mg/kg-MS, correspondant à la limite d'acceptabilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI), sont principalement mesurées à l'emplacement des anciennes cuves enterrées à l'entrée Sud du site (sondages A12_S1, A12_S2, A12_S4 et A12_S5). Les concentrations les plus élevées sont mesurées entre 3 et 5 m de profondeur.

L'autre valeur supérieure à 500 mg/kg-MS correspond à l'échantillon prélevé au sondage A5_S3 (8 800 mg/kg-MS), localisé dans la zone de fabrication des explosifs, de 2,4 à 3,6 m de profondeur. Ce sondage était destiné à rechercher la présence de composés explosifs dans les sols, les résultats en hydrocarbures totaux proviennent du test d'acceptabilité en ISDI réalisé sur le remblai traversé (remblai argilo-sableux avec matériau pulvérulent de couleur noire).

La planche 3 présente une cartographie des résultats en hydrocarbures totaux.

5.2.3. Résultats en composés explosifs

Le tableau de synthèse 6 présente l'ensemble des résultats pour les composés explosifs.

Le critère retenu pour définir la présence de composés explosifs dans les sols est la limite de quantification égale à 0,5 mg/kg-MS pour l'ensemble des composés recherchés.

La répartition des concentrations mesurées est la suivante :

Composés explosifs	Analyses réalisées sur 57 échantillons
< à la limite de quantification du laboratoire soit 0,5 mg/kg-MS	52 échantillons, soit 91 %
> 0,5 mg/kg-MS	5 échantillons, soit 9 %
Composés explosifs détectés	Nitrobenzène : A1_S8B, A1_S8C, A1_S8bis_B, A1_S9B 2,4,6-Trinitrotoluène : A8_S3 Héxogène : A8_S3

La majorité des échantillons (91 %) présente des concentrations en composés explosifs inférieurs à la limite de quantification.

Les composés explosifs ont été mesurés au droit des sondages A1_S8, A1_S8bis et A1_S9 de 1,2 à 3,6 m de profondeur sur l'emprise de l'ancienne zone d'épandage pour le nitrobenzène (0,9 à 1,1 mg/kg-MS) et dans le premier mètre de terrain au droit du sondage A8_S3, localisé à proximité des anciens ateliers de fabrication, pour le 2,4,6-Trinitrotoluène (5,8 mg/kg-MS) et l'Hexogène (6,9 mg/kg-MS).

Ces résultats sont illustrés par la planche 4 qui présente une cartographie de la présence des composés explosifs.

5.2.4. Résultats en phénols

Les résultats en phénols sont repris dans le tableau de synthèse 7. Le critère retenu pour définir la présence de phénols dans les sols est la limite de quantification égale à 0,1 mg/kg-MS pour l'ensemble des composés recherchés.

La répartition des concentrations mesurées est la suivante :

Phénols	Analyses réalisées sur 49 échantillons
< à la limite de quantification du laboratoire soit 0,1 mg/kg-MS	44 échantillons, soit 90 %
> 0,1 mg/kg-MS	5 échantillons, soit 10 %
Phénols détectés	Phénol : A1_S8B, A1_S8C, A1_S9A, A1_S9B, A1_S9C

Parmi les phénols recherchés, seul le Phénol a été mesuré au droit des sondages A1_S8 et A1_S9 localisés sur l'emprise de la zone d'épandage, sur les 5 échantillons prélevés de 1,2 m à 3,6 m de profondeur. Les concentrations sont comprises entre 0,14 mg/kg-MS et 9,4 mg/kg-MS.

La carte de synthèse des résultats en phénols, phtalates et solvants (planche 5) présente la répartition de ces différents composés.

5.2.5. Résultats en phtalates

Les résultats en phtalates sont repris dans le tableau de synthèse 7. Le critère retenu pour définir la présence de phtalates dans les sols est la limite de quantification égale à 0,1 mg/kg-MS pour l'ensemble des composés recherchés.

La répartition des concentrations mesurées est la suivante :

Phtalates	Analyses réalisées sur 49 échantillons
< à la limite de quantification du laboratoire soit 0,1 mg/kg-MS	45 échantillons, soit 92 %
> 0,1 mg/kg-MS	4 échantillons, soit 8 %
Phtalates détectés	Di-n-butylphtalate (DBP) : A1_S8B, A1_S8C, B3_S1A Bis-(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP) : A5_S5A,

Au droit du sondage A1_S8, les concentrations en DBP sont égales à 1,3 mg/kg-MS de 1,2 à 2,4 m de profondeur et 0,12 mg/kg-MS de 2,4 à 3,6 m de profondeur.

Au droit des 2 autres sondages, les concentrations sont mesurées à l'état de traces avec des valeurs égales à 0,17 mg/kg-MS pour le sondage A5_S5A (0-1,2m) et 0,11 mg/kg-MS pour le sondage B3_S1 (0-2,4m).

La carte de synthèse des résultats en phénols, phtalates et solvants (planche 5) présente la répartition des différents composés.

5.2.6. Résultats en solvants

Les résultats en solvants sont repris dans le tableau de synthèse 7. Le critère retenu pour définir la présence de solvants dans les sols est la limite de quantification variable selon les composés (0,1 à 5 mg/kg-MS et 100 mg/kg-MS pour le méthanol).

La répartition des concentrations mesurées est la suivante :

Solvants	Analyses réalisées sur 51 échantillons
< à la limite de quantification du laboratoire	46 échantillons, soit 90 %
> 0,1 mg/kg-MS	5 échantillons, soit 10 %
Solvants détectés	Cyclo-hexane, toluène, éthanol, 2-propanol, acetone, méthyléthylcétone, MIBK, Tetrahydrofurane (THF), 1,4-Dioxane, Diéthyléther

Les solvants ont tous été mesurés au droit des sondages A1_S6, A1_S8 et A1_S9 jusqu'à 3,6 m de profondeur, au droit de la zone d'épandage.

Les concentrations les plus élevées concernent les composés suivants :

- Toluène : 21 mg/kg-MS au droit du sondage A1_S9 de 2,4 à 3,2 m de profondeur ;
- Ethanol : 170 mg/kg-MS au droit du sondage A1_S8 de 2,4 à 3,6 m de profondeur ;
- Acétone : 26 mg/kg-MS au droit du sondage A1_S8 de 1,2 à 2,4 m de profondeur ;
- Méthyléthylcétone : 27 mg/kg-MS au droit du sondage A1_S6 de 2,4 à 3,6 m de profondeur ;
- Tétrahydrofurane (THF) : 40 mg/kg-MS au droit du sondage A1_S8 de 1,2 à 2,4 m de profondeur.

La carte de synthèse des résultats en phénols, phtalates et solvants (planche 5) présente une répartition de ces résultats.

5.2.7. Résultats en COHV

Les résultats en COHV sont repris dans le tableau de synthèse 8. Le critère retenu pour définir la présence de COHV dans les sols est la limite de quantification égale à 0,1 mg/kg-MS pour l'ensemble des composés recherchés.

La répartition des concentrations mesurées est la suivante :

COHV	Analyses réalisées sur 31 échantillons
< à la limite de quantification du laboratoire soit 0,1 mg/kg-MS	24 échantillons, soit 77 %
> 0,1 mg/kg-MS	7 échantillons, soit 23 %
COHV détectés	Trichlorométhane, Trichloroéthylène, Dichlorométhane, 1,1,1-Trichloroéthane, Tétrachloroéthylène

Les composés organo-halogénés volatils ont tous été mesurés au droit des sondages A1_S8, A1_S8 bis et A1_S9, localisés au droit de la zone d'épandage, jusqu'à 3,6 m de profondeur.

Les concentrations les plus élevées sont mesurées au droit des sondages A1_S8 de 2,4 à 3,2 m de profondeur et A1_S8_bis de 1,2 à 2,4 m de profondeur avec les valeurs respectives suivantes :

- Dichlorométhane : 13 mg/kg-MS et 2 mg/kg-MS ;
- Trichlorométhane : 23 mg/kg-MS et 19 mg/kg-MS ;
- Trichloroéthylène : 6,3 mg/kg-MS et 37,5 mg/kg-MS ;
- concentration totale en COHV : 43 mg/kg-MS et 61 mg/kg-MS.

5.2.8. Résultats en éléments traces métalliques

Les résultats en éléments traces métalliques (ETM) sont rassemblés dans le tableau de synthèse 9. Ils sont comparés aux concentrations des échantillons témoins et aux bruit de fond local (RMQS) de l'horizon 30-50 cm et, lorsqu'il n'existe pas, à la gamme de valeurs issues des recherches de l'INRA⁵ pour des sols ordinaires (cf. tableau 27).

Les fonds géochimiques nationaux « Programme ASPITET de l'INRA » et locaux « Réseau de Mesure de la Qualité des Sols : RMQS » ainsi que les concentrations des témoins sont repris dans le tableau suivant.

mg/kg	bruit de fond national (INRA) Gamme de valeurs observées dans le cas de sols ordinaires	Bruit de fond local (RMQS) ⁶ horizon 30-50 cm	A12 Témoin A (0,1-1)	A12 Témoin B (1,8-2)
As	1 à 25	/	12	7
Ba			95	21
Be			<5	<5
Cd	/	0,56	<0,5	<0,5
Cr	/	136	34	8
Cu	/	32,13	12	5
Hg	0,02 à 0,10	/	<0,1	<0,1
Ni	/	71,28	24	6
Pb	/	49,175	<10	<10
Zn	/	118,75	36	9

Tableau 27 : Valeurs des bruits de fond géochimique national, local et valeurs du témoin

Les concentrations mesurées sur les échantillons témoins sont inférieures à celles du bruit de fond local.

Le tableau de la page suivante présente pour chaque élément trace métallique, une synthèse des résultats obtenus.

⁵ Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France), références et stratégies d'interprétation, D. Baize, 1997.

⁶ Ces valeurs (vibrisses) jouent un rôle d'indicateur de tendance régionale prenant en compte à la fois le bruit de fond géochimique et les apports d'origine anthropique. Elles correspondent à la teneur limite au-delà de laquelle une valeur peut être considérée comme anormale. Elles permettent de détecter les anomalies ponctuelles tout en s'affranchissant d'anomalies étendues.

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A

Eléments traces métalliques	Synthèse des résultats
<i>Béryllium (Be)</i>	Les teneurs sont toutes inférieures à la limite de quantification égale à 5 mg/kg-MS
<i>Chrome (Cr)</i>	97 % des valeurs inférieures à l'échantillon témoin Concentration maximale en B3_S1A (0-2,4 m) : 53 mg/kg MS
<i>Nickel (Ni)</i>	83 % des valeurs inférieures à l'échantillon témoin Concentration maximale en A1_S1A (0-1,5 m) : 45 mg/kg MS
<i>Cuivre (Cu)</i>	55 % des valeurs inférieures à l'échantillon témoin Concentration maximale en A8_S3B (1,2-2,4 m) : 540 mg/kg MS
<i>Zinc (Zn)</i>	58 % des valeurs inférieures à l'échantillon témoin Concentration maximale en B3_S2A (0-2 m) : 610 mg/kg MS
<i>Arsenic (As)</i>	92 % des valeurs inférieures à l'échantillon témoin Concentration maximale en A5_S1B (2,4-3,6 m) : 41 mg/kg MS
<i>Cadmium (Cd)</i>	98 % des valeurs inférieures à l'échantillon témoin Concentration maximale en A11_S1B (2,4-3,6 m) : 1,5 mg/kg MS
<i>Etain (Sn)</i>	83 % des valeurs inférieures à l'échantillon témoin Concentration maximale en A1_S8A (0-1,2 m) : 230 mg/kg MS
<i>Baryum (Ba)</i>	78 % des valeurs inférieures à l'échantillon témoin Concentration maximale en A1_S11A (1,2-2,4 m) : 1500 mg/kg MS
<i>Mercuré (Hg)</i>	92 % des valeurs inférieures à l'échantillon témoin Concentration maximale en B6_S4A (0-1,2 m) : 1,2 mg/kg MS
<i>Plomb (Pb)</i>	46 % des valeurs inférieures à l'échantillon témoin Concentration maximale en A11_S9B (1,7-5 m) : 200 mg/kg MS

Tableau 28 : Résultats en ETM comparés à l'échantillon témoin et concentrations maximales

Les graphiques des figures 22 et 23 présentent la répartition des résultats pour les différents ETM analysés.

Le graphe de la figure 22 présente la répartition des résultats par élément trace :

- en vert, les échantillons dont la concentration pour le métal concerné est inférieure à la limite de quantification ;
- en bleu, les échantillons dont la concentration est inférieure à la concentration maximale (Tmax) pour ce métal sur les échantillons des parcelles témoins ;
- en orange, les échantillons dont la concentration est supérieure à la concentration maximale (Tmax) pour ce métal sur les échantillons du sondage témoin ;
- en rouge clair, les échantillons dont la concentration est supérieure au fond géochimique pour ce métal (RMQS ou à défaut le bruit de fond de l'INRA) quand il existe.

PLACOPLATRE
 Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
 Rapport A82646/A

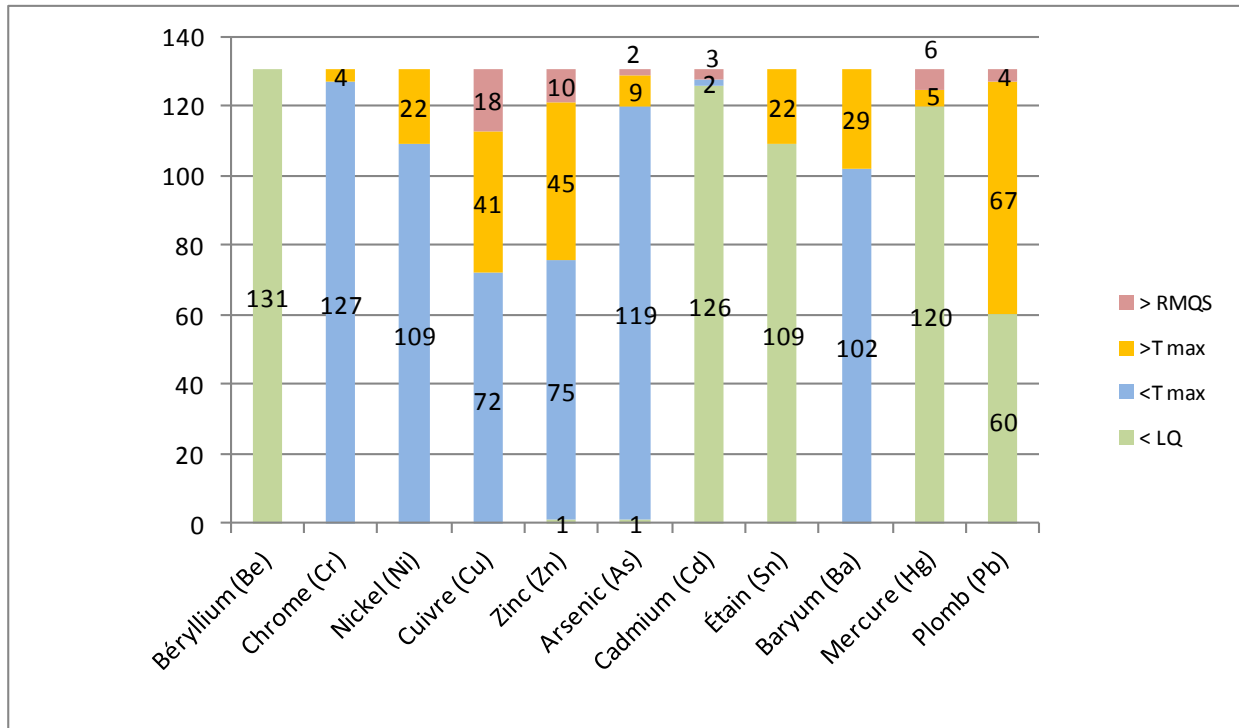


Figure 22 : Répartition des résultats par élément trace métallique

On peut constater que les éléments traces métalliques pour lesquels on observe le plus grand nombre d'échantillons avec des résultats supérieurs au témoin sont : le plomb, le cuivre et le zinc et dans une moindre mesure le nickel, l'étain et le baryum. Des dépassements en chrome, cadmium et mercure sont également observés, mais concernent peu d'échantillons.

Les dépassements par rapport au bruit de fond local sont peu nombreux. En effet, les éléments traces métalliques pour lesquels un dépassement au RMQS est observé sont principalement le cuivre et le zinc et dans une moindre mesure le plomb, le cadmium ainsi que le mercure et l'arsenic par rapport au bruit de fond de l'INRA.

Aucun échantillon ne présente d'anomalies en béryllium, toutes les concentrations sont inférieures à la limite de quantification.

Les graphes de la page suivante représentent pour les zones A12, intérieur et extérieur du Fort la répartition des résultats en éléments traces métalliques.

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

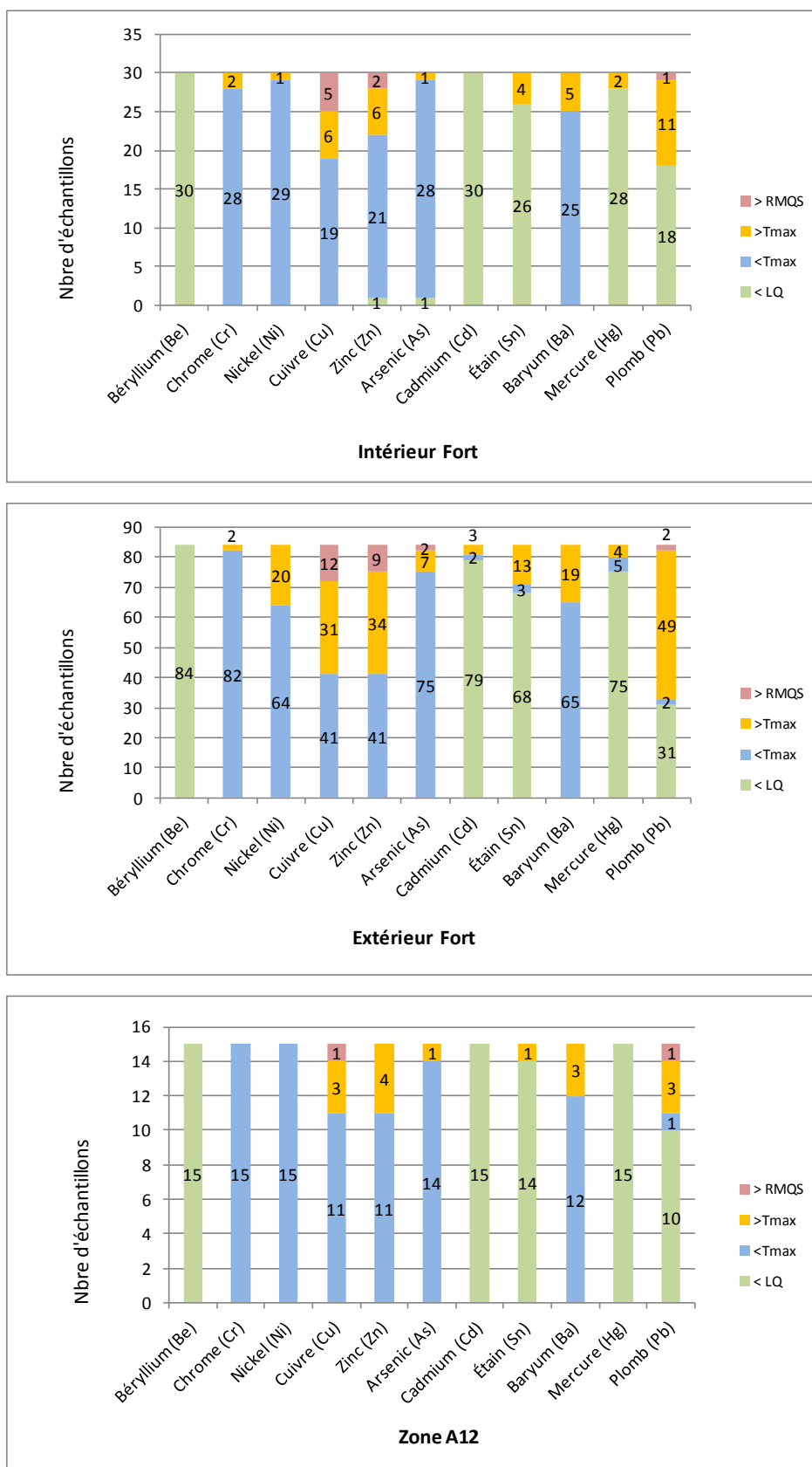


Figure 23 : Répartition des résultats en ETM par zone d'investigation

Le même type d'anomalies est observée sur chacune des zones, cependant proportionnellement, le nombre d'anomalies en éléments traces métalliques est plus important dans la zone extérieure du Fort et le moins important dans la zone A12.

Les planches 6 à 15 présentent une cartographie des résultats pour chaque élément trace métallique.

Parmi les ETM qui présentent peu de dépassement par rapport à la concentration mesurée sur le sondage témoin, les concentrations maximales en arsenic, cadmium, chrome, étain et mercure sont mesurées à l'intérieur du Fort ou à proximité ainsi qu'au droit des zones de fabrication des explosifs (zone A8). Pour le nickel, les concentrations les plus élevées sont localisées au droit de la zone d'épandage.

Les concentrations les plus élevées en plomb sont associées à des concentrations en cuivre, étain et zinc. Les concentrations en plomb supérieures à l'échantillon témoin sont réparties sur l'ensemble du site et sur la zone d'épandage.

Les ETM majoritairement présents au droit de la zone d'épandage à des concentrations supérieures au sondage témoin sont le cuivre, le nickel, le plomb et le zinc et dans une moindre mesure le baryum.

Les sondages présentant les anomalies les plus élevées en métaux, avec des concentrations supérieures au double de la concentration mesurée sur le sondage témoin sont principalement localisés dans les zones suivantes (cf. planches 16 et 17) :

- au droit de la zone d'épandage : A1_S4 à A1_S12 ;
- à l'extérieur du fort, à proximité de la batterie Nord : A3_S11, A3_S14, A1_S1, A1_S2, A1_S5 et A5_S1 ;
- sur le versant sud du Fort, en zone A11 : A11_S1, A11_S9 et A11_S13 ;
- sur le côté Nord du Fort, à l'intérieur et à l'extérieur : sondages B2_S1, B2_S2, A6_S1 et A7_S1 ;
- à l'intérieur du fort, à proximité de l'entrée : B3_S2, B3_S5 et B6_S4 ;
- dans la zone de fabrication des explosifs (zone A8) : sondages A8_S8 et A8_S3.

Ponctuellement des ETM sont également mesurés en zone A12 : présence de cuivre au sondage A12_S11 et de cuivre, étain et plomb au sondage A12_S18.

Ces anomalies s'observent en surface et en profondeur au droit de la zone d'épandage, à proximité de la batterie Nord, à l'entrée du Fort Central (sondage B3_S2) et au droit de la zone de fabrication des explosifs (sondage A8_S3).

Elles ne sont plus visibles en profondeur sur le côté Nord du Fort et en zone A12.

5.2.9. Résultats en PCB

Les résultats en PCB disponibles proviennent des recherches spécifiques au droit d'anciens transformateurs et/ou des résultats issus des tests d'acceptabilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes. Ils sont présentés dans le tableau de synthèse 10.

Le critère retenu pour définir la présence de PCB dans les sols est la limite de quantification égale à 0,01 mg/kg-MS pour chacun des 7 congénères recherchés.

La répartition des concentrations mesurées est la suivante :

PCB	Analyses réalisées sur 61 échantillons
< à la limite de quantification du laboratoire soit 0,01 mg/kg-MS	58 échantillons, soit 95 %
> 0,01 mg/kg-MS	3 échantillons, soit 5 %
Concentrations mesurées	A1_S6A : 0,013 mg/kg-MS A3_S1A : 0,11 mg/kg-MS A5_S3B : 0,098 mg/kg-MS

Les traces en PCB ont été mesurées :

- au droit du sondage A1_S6, localisé sur la zone d'épandage, de 0 à 1,2 m de profondeur à une concentration proche de la limite de quantification compte tenu de l'incertitude analytique (23 %) ;
- au droit du sondage A3_S1, localisé à l'emplacement du bâtiment du transformateur K11 de 0 à 1,2 m de profondeur ;
- au droit du sondage A5_S3 de 2,4 à 3,6 m de profondeur.

A titre d'information, les concentrations mesurées sont toutes inférieures au critère d'acceptabilité en ISDI égal à 1 mg/kg-MS.

5.2.10. Résultats en hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les résultats en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) disponibles proviennent des analyses effectuées conjointement avec les PCB au droit des anciens transformateurs et/ou des résultats issus des tests d'acceptabilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes. Ils sont présentés dans le tableau de synthèse 11.

Le critère retenu pour définir la présence de HAP dans les sols est la limite de quantification (à 0,03 ou 0,05 mg/kg-MS) pour chacun des 16 composés recherchés.

La répartition des concentrations en HAP mesurées est la suivante :

HAP	Analyses réalisées sur 113 échantillons
< à la limite de quantification du laboratoire soit 0,03 ou 0,05 mg/kg-MS	92 échantillons, soit 81 %
> 0,03 ou 0,05 mg/kg-MS et < 50 mg/kg-MS	20 échantillons, soit 18 %
> 50 mg/kg-MS	1 échantillon, soit 1 %
Concentration maximale mesurée	A12_S2B : 74 mg/kg-MS

La majorité des échantillons analysés présentent des résultats inférieurs aux limites de quantification.

Les concentrations les plus élevées ont été mesurées au droit des sondages localisés sur l'emprise des anciennes cuves enterrées implantées à l'entrée Sud du site :

- A12_S2 de 3 à 4 m de profondeur (concentration en HAP égale à 74 mg/kg-MS);
- A12_S4 de 3,8 à 4,4 m de profondeur (concentration en HAP égale à 40 mg/kg-MS).

Ces échantillons sont caractérisés par la présence de naphtalène à des concentrations respectivement égales à 35 et 10 mg/kg-MS.

A titre d'information, à l'exception de la concentration maximale mesurée au droit du sondage A12_S2, les résultats sont inférieurs au critère d'acceptabilité en ISDI égal à 50 mg/kg-MS.

5.2.11. Résultats en composés aromatiques volatils

Les résultats en composés aromatiques volatils (CAV) disponibles proviennent des analyses effectuées au droit des sondages localisés à l'emplacement d'anciennes cuves enterrées et/ou des résultats issus des tests d'acceptabilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes. Ils sont présentés dans le tableau de synthèse 12.

Le critère retenu pour définir la présence de CAV dans les sols est la limite de quantification égale à 0,1 mg/kg-MS pour chacun des 10 composés recherchés.

La répartition des concentrations mesurées est la suivante :

CAV	Analyses réalisées sur 97 échantillons
< à la limite de quantification du laboratoire soit 0,1 mg/kg-MS	90 échantillons, soit 93 %
> 0,1 et < 6 mg/kg-MS	4 échantillons, soit 4 %
> 6 mg/kg-MS	3 échantillons, soit 3 %
Concentration maximale mesurée	A12_S2B : 47 mg/kg-MS

La majorité des échantillons analysés présentent des résultats inférieurs aux limites de quantification.

Les concentrations totales en CAV supérieures à 6 mg/kg-MS sont toutes mesurées au droit des sondages localisés sur l'emprise des anciennes cuves enterrées implantées à l'entrée Sud du site :

- A12_S2 de 3 à 4 m de profondeur (concentration en CAV égale à 47 mg/kg-MS) ;
- A12_S4 de 3,8 à 4,4 m de profondeur (concentration en CAV égale à 13 mg/kg-MS) ;
- A12_S5 de 4 à 4,3 m de profondeur (concentration en CAV égale à 13 mg/kg-MS).

Les autres CAV sont mesurés au droit des sondages A1_S8 et A1_S9 localisés au droit de la zone d'épandage.

A titre d'information, à l'exception des concentrations maximales mesurée au droit des anciennes cuves enterrées, les résultats sont inférieurs au critère d'acceptabilité en ISDI égal à 6 mg/kg-MS.

5.2.12. Critères d'acceptabilité en ISDI

Des tests d'acceptabilité en Installation de stockage de déchets inertes (ISDI) ont été réalisés sur 44 échantillons. Les résultats concernant ces tests complets sur brut et sur lixiviats, hors analyses de HCT, CAV, HAP ou PCB réalisées par ailleurs sur d'autres échantillons, sont repris dans le tableau de synthèse 11.

L'arrêté du 12/12/2014 précise qu'une « valeur de COT sur sol brut supérieure à 30 000 mg/kg (ou 3%) peut être admise à condition que la valeur limite de 500 mg/kg soit respectée pour le COT sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8 ».

Les échantillons dont les résultats en COT sur échantillon brut dépassent la limite d'acceptabilité à 30 000 mg/kg-MS ont donc été considérés comme conformes lorsque la valeur en COT sur lixiviat était inférieure à 500 mg/kg-MS.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tests d'acceptabilité en ISDI	Analyses réalisées sur 45 échantillons
Echantillon conforme : Résultats tous inférieurs aux critères d'acceptabilité	36 échantillons, soit 80 %
Echantillon non conforme : un ou des résultats supérieurs aux critères d'acceptabilité	9 échantillons, soit 20 %
Paramètres à l'origine d'un dépassement	HCT C10-C40 : 1 échantillon Fluorures sur lixiviat : 4 échantillons Antimoine sur lixiviat : 1 échantillon Molybdène sur lixiviat : 1 échantillon Nickel sur lixiviat : 1 échantillon Zinc sur lixiviat : 1 échantillon

Les dépassements aux critères d'acceptabilité ont été mesurés :

- au droit des sondages A1_S1, A1_S3 et A1_S4 localisés à proximité de la batterie Nord, et au droit du sondage A1_S10 localisé au droit de la zone d'épandage pour les fluorures. Les terrains concernés correspondent aux formations argileuses de couleur verte.

- au droit du sondage A2_S2 de 2,4 à 3,6 m de profondeur pour l'antimoine ;
- au droit du sondage A8_S2 de 1,2 à 2,4 m de profondeur pour le zinc ;
- au droit du sondage A12_S1 de 4 m à 5 m de profondeur pour les hydrocarbures totaux ;
- au droit du sondage B2_S1 de 1,2 à 2,4 m de profondeur pour le nickel ;
- au droit du sondage B3_S5 de 2 à 3 m de profondeur pour le molybdène.

La planche 18 présente une cartographie de répartition des différents résultats des tests d'acceptabilité en ISDI comprenant les analyses conjointes sur échantillon brut et sur lixiviat.

Les valeurs supérieures aux critères d'acceptabilité en ISDI, en dehors des 44 tests ISDI réalisés concernent les résultats en HCT, CAV ou HAP mesurés à au droit des anciennes cuves enterrées à l'entrée Sud du site (Sondages A12_S1, A12_S2, A12_S4, A12_S5) et au droit du sondage A5_S3 localisé dans la zone de fabrication des explosifs.

5.2.13. Composés azotés et soufrés

En sus des deux échantillons témoins, 41 échantillons ont fait l'objet d'analyses de composés soufrés (sulfates et soufre) et azotés (nitrates, azote ammoniacal et ammonium).

Les concentrations en sulfates varient de 90 mg/kg-MS à 10 000 mg/kg-MS suivant les échantillons. Seuls 3 échantillons présentent des concentrations en sulfates supérieures à la concentration maximale mesurée sur un échantillon témoin (2100 mg /kg MS, Témoin B) : A11_S13A (0-1,2m), B2_S2A (0,03-1m) et B6_S2A (0,3-1,5m) avec respectivement 10 000, 2 600 et 3 600 mg/kg-MS.

Ces mêmes échantillons présentent les concentrations maximales en soufre avec respectivement 3 500, 880 et 1200 mg/kg MS pour A11_S13A, B2_S2A et B6_S2A, pour une concentration maximale de 700 mg/kg MS sur l'échantillon Témoin B.

Les concentrations en azote ammoniacal et en ammonium sont inférieures à la limite de quantification au droit des échantillons témoins et de tous les autres sondages à l'exception de B2_S2A (concentrations mesurées égales à 4 fois la valeur de la limite de quantification : 0,0067 mg/kg-MS en azote ammoniacal et 86,4 mg/kg-MS en ammonium).

La concentration en nitrates est inférieure à la limite de quantification (20 mg/kg-MS) au droit des deux sondages témoins. 60 % des échantillons analysés présentent des teneurs en nitrates supérieures aux témoins avec des concentrations variant de 12 à 66 mg/kg MS. Les sondages concernés sont situés aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du Fort Central.

5.2.14. Dioxines et furannes

Les dioxines et furannes ont été recherchés sur 2 échantillons prélevés au droit des sondages B3_S2A et B6_S4A. Les concentrations totales en TEQ-OMS-1997, imites de quantification incluses sont respectivement égales à 6,9 et 7,7 ng/kg-MS.

Ces résultats sont représentatifs du bruit de fond pour les sols urbains et les sols sous influence industrielle (Rapport BRGM/RP-63111-FR⁷).

5.2.15. Screening

Des analyses par screening permettant d'identifier 250 composés organiques volatils ou semi-volatils ont été mises en œuvre sur 12 échantillons de sols tous prélevés au droit de l'ancienne zone d'épandage (cf. Tableau de synthèse 13 relatif à la zone A1).

Les composés mis en évidence autre que ceux déjà recherchés (Hydrocarbures totaux, explosifs, CAV, BTEX, HAP, PCB, COHV) et cités précédemment sont les suivants :

- Composés organo-halogénés : 1,2-Dichloroéthane (concentration maximale à 6 mg/kg-MS au droit du sondage A1_S8, de 2,4 à 3,6 m de profondeur) ;
- Composés chlorés : chlorobenzène (concentration maximale à 46 mg/kg-MS au droit du sondage A1_S8, de 2,4 à 3,6 m de profondeur).

⁷ Bodéan F., Michel P. (2013). Dioxines/Furannes dans les sols français : troisième état des – analyses 1998-2012. Rapport final. BRGM/RP-63111-FR, 56 p., 16 ill., 4 ann.

6. Interprétation des résultats

6.1. Nature des terrains

Les terrains sur l'emprise du site sont de nature argileuse.

Les formations rencontrées sont majoritairement représentées par une argile brune plus ou moins sableuse qui repose sur une marne grise et correspondent au Calcaire de Brie (Sannoisien).

Des argiles vertes (Argiles vertes du Sannoisien) sont présentes également dans la partie Nord du site au droit de la zone d'épandage et à proximité de la batterie Nord.

Des niveaux de remblais sablo-argileux ou sablo-limoneux sont également présents. La présence d'un matériau pulvérulent de couleur noire mélangée à ces remblais a été mise en évidence au droit de 2 sondages en zone A5 (sondages A5_S3 et A5_S5).

Des dalles bétons enterrées ont été repérées en zones A2, A4, A7, A8, A10 et B6.

6.2. Résultats des analyses des sols

Les résultats du diagnostic mettent en évidence les principaux points suivants :

- deux secteurs présentent des impacts dans les sols : la zone d'épandage et la zone de stockage des cuves enterrées à l'entrée Sud du site ;
- les composés explosifs ont été peu détectés : au droit de la zone d'épandage (nitrobenzène) et sur un sondage localisé à proximité des anciens ateliers de fabrication (2,4,6-Trinitrotoluène et Hexogène). La nitrocellulose et les perchlorates n'ont pas été détectés ;
- les concentrations en hydrocarbures totaux C10-C40 supérieures à 500 mg/kg-MS sont principalement mesurées au droit des anciennes cuves enterrées à l'entrée Sud du site (valeur maximale mesurée à 40 000 mg/kg-MS). Le sondage A5_S3 présente également une concentration notable en HCT (8 800 mg/kg-MS) de 2,4 à 3,6 m de profondeur ;
- Les résultats en hydrocarbures totaux n'ont pas révélé l'existence d'impact notable sur les sols au droit des autres zones de stockage enterré d'hydrocarbures ;
- Les phénols, solvants et COHV ont été mesurés exclusivement au droit de la zone d'épandage ;
- La présence de phtalates a été mesurée au droit de la zone d'épandage et à l'état de traces en zone A5 (A5_S5A) et B3 (B3_S1) ;

- Les anomalies en éléments traces métalliques concernent principalement le plomb, le cuivre et le zinc et dans une moindre mesure le nickel, l'étain et le baryum. Elles sont principalement localisées au droit de la zone d'épandage, autour de la Batterie Nord, au droit et à proximité de l'entrée du Fort Central et ponctuellement dans la zone de fabrication des explosifs ;
- Les PCB recherchés à l'emplacement des anciens transformateurs ont été quantifiés sur 3 échantillons sur les 61 mesurés à des concentrations comprises entre 0,013 mg/kg-MS et 0,11 mg/kg-MS, inférieures au critère d'acceptabilité en ISDI égal à 1 mg/kg-MS ;
- Les concentrations maximales en HAP et CAV dépassant les critères d'acceptabilité en ISDI respectivement égales à 50 mg/kg-MS et 6 mg/kg-MS sont exclusivement mesurées au droit des anciennes cuves enterrées à l'entrée Sud du site ;
- Sur les 44 tests d'acceptabilité réalisés, hors recherches analytiques effectuées par ailleurs sur échantillon brut, les dépassements vis-à-vis des critères d'acceptabilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes ont été mesurés sur 20 % des échantillons, et concernent principalement les résultats après lixiviation pour les fluorures et ponctuellement certains métaux (antimoine, molybdène, nickel, zinc).

6.3. Zone d'épandage

6.3.1. Composés organiques

Les impacts en composés organiques sont mesurés de 1,2 à 3,6 m de profondeur au droit des sondages A1_S8, A1_S8bis et A1_S9 avec principalement des COHV (trichlorométhane, trichloroéthylène, dichlorométhane, ...), des CAV (benzène, toluène), du phénol, des solvants (éthanol, acétone, tétrahydrofurane, ...) du chlorobenzène et des traces en PCB.

C'est au droit du sondage A1_S8, localisé au droit de l'ancienne aire de brûlage que les impacts les plus élevés ont été mesurés dans les sols. Le sondage complémentaire (A1_S8_bis) plus profond réalisé à proximité indique que les résultats en COHV et chlorobenzène, qui présentent les concentrations les plus élevées entre 2,4 et 3,6 m de profondeur, sont inférieurs aux limites de quantification pour la tranche 4,8-6 m.

Si l'on considère les critères d'acceptabilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes, les dépassements ne concernent que la concentration en toluène en A1_S9 de 1,2 à 2,4 m et celle en fluorures sur lixiviats en A1_S10 (1,2 à 2,4 m).

Le guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement⁸ propose des valeurs seuils dans le cadre de l'utilisation de terres sous couverture, c'est-à-dire lorsqu'elles sont couvertes d'un revêtement bitumineux ou béton ou sous un niveau de 0,3 m de terre végétale ou de remblais sains.

En première approche, ces valeurs guides peuvent fournir un indice sur la possibilité de réutilisation de ces terres au droit du site dans le cadre de travaux de réaménagement (voiries ou espaces verts) avant la mise en œuvre de calculs de risques sanitaires associés à des scénarios spécifiques au site.

Ces valeurs guides sont reprises dans le tableau suivant :

Composé	VS2 : Valeurs seuils pour réutilisation sous couverture	Sondages au droit de la zone d'épandage
Hydrocarbures C ₅ -C ₁₀	400	-
Hydrocarbures C ₁₀ -C ₄₀	500	-
Benzène	0,3	A1_S8 (2,4 à 3,6m)
Somme TEX (Toluène, Ethylbenzène, Xylènes)	6	A1_S9 (1,2 à 2,4m)
Naphtalène	1,5	-
Tétrachloroéthylène	1	-
Trichloroéthylène	5	A1_S8 (2,4 à 3,6m), A1_S8bis (1,2 à 2,4m)
Cis-Dichloroéthylène	2	-
Chlorure de vinyle	1,5	-
PCB (7 congénères)	0,1	-
Phénols et crésols (correspondant à l'indice phénol)	20	-

Par rapport aux valeurs guides disponibles, les dépassements concernent ponctuellement le benzène et le toluène et au droit de 2 sondages le trichloroéthylène.

6.3.2. Eléments traces métalliques

Au droit de la zone d'épandage, les éléments traces métalliques mesurés à des concentrations supérieures à celles du sondage témoin sont principalement le baryum, le cuivre, le nickel, le plomb et le zinc.

Les plus fortes concentrations s'observent pour :

- le cuivre 150 mg/kg-MS (A1_S6A) et 110 mg/kg-MS (A1_S8_bis) de 0 à 1 m de profondeur ;
- le zinc : 140 mg/kg-MS (A1_S6A, de 0 à 1 m), 130 mg/kg-MS (A1_S7, de 2,4 à 3,6 m) et 150 mg/kg-MS (A1_S12, 1,2 à 2,4 m) ;
- l'étain : 230 mg/kg-MS de 0 à 1,2 m en A1_S8 ;
- le baryum : 1500 mg/kg-MS de 1,2 à 2,4 m en A1_S11.

⁸ BLANC C. avec la participation de F. Lefevre (MEDDTL), G Boissard, M. Scamps (BRGM) et B. Hazebrouck (INERIS) – (2012) - Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement, version n°4, Rapport BRGM/RP-60013-FR, 53p.

Il n'apparaît pas de corrélation entre la présence des ETM et celle des composés organiques.

Dans le cadre d'une réutilisation future, les terres impactées en métaux peuvent être réutilisées sous une couverture (revêtement routier, enrobé, terre végétale).

En effet, les risques sanitaires liés aux ETM sont représentés par l'inhalation de poussières du sol et le contact cutané.

6.4. Anciennes cuves enterrées à l'entrée Sud du site

A l'emplacement des anciennes cuves enterrées localisées à l'entrée sud du site, des concentrations notables en hydrocarbures, HAP et CAV ont été mesurées. A titre comparatif, ces concentrations dépassent les limites d'acceptabilité en ISDI, et pour les hydrocarbures totaux, elles dépassent les seuils recommandés par la FNADE pour les Installation de Stockage de Déchets Dangereux (10 000 mg/kg-MS) au droit des sondages A12-S2, A12_S4 et A12-S5 de 3 à 4,4 m de profondeur.

Les 4 sondages complémentaires exécutés à une distance d'une dizaine de mètres dans les directions nord, nord-ouest, ouest et sud-ouest accessibles ont présenté des résultats en HCT, CAV et HAP inférieurs ou proches des limites de quantification.

Les sondages impactés occupent une emprise de l'ordre de 650 m² (24 m X 27 m). L'emprise de la zone impactée pourrait être estimée à une emprise moyenne entre les sondages complémentaires distants d'une dizaine de mètres et les premiers, soit environ 1 000 m².

L'extension en profondeur n'est pas déterminée. Les résultats en HCT, CAV et HAP sont faibles ou inférieurs aux limites de quantification dans le premier mètre et les plus fortes concentrations sont mesurées de 3 à 5 m de profondeur, compte tenu de l'existence des anciennes cuves enterrées.

Les résultats des analyses de sols peuvent être comparés aux valeurs du guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement.

Composé	VS2 : Valeurs seuils pour réutilisation sous couverture	Sondages au droit des anciennes cuves enterrées
Hydrocarbures C ₅ -C ₁₀	400	-
Hydrocarbures C ₁₀ -C ₄₀	500	A12_S1 (4 à 5m), A12_S2 (3 à 4m) A12_S4 (1 à 2m et 3,8 à 4,4m), A12_S5 (4 à 4,3m)
Benzène	0,3	-
Somme TEX (Toluène, Ethylbenzène, Xylènes)	6	A12_S2 (3 à 4m), A12_S4 (3,8 à 4,4m) A12_S5 (4 à 4,3m)
Naphtalène	1,5	A12_S2 (3 à 4m), A12_S4 (3,8 à 4,4m)

Les dépassements concernent principalement les sondages A12_S2, A12_S4 et A12_S5 pour la tranche de profondeur 3 à 4,4 m.

7. Synthèse - Recommandations

Le site du Fort de Vaujours a vu se succéder plusieurs activités depuis sa construction en 1883 :

- dépôt de munitions et centre d'essais de produits pyrotechniques par la Poudrerie de Sevran jusqu'en 1939 ;
- dépôt de munitions pendant l'occupation par l'armée allemande ;
- zone de tirs par la poudrerie de Sevran de 1947 à 1957 ;
- centre d'études sur les poudres et explosifs utilisés dans l'armement nucléaire par le Commissariat à l'Energie Atomique.

Le diagnostic de qualité des sols dimensionné sur la base des sources de pollution potentielles mises en évidence dans le cadre de l'étude historique a été mené du 4 avril au 12 mai 2016 et a consisté en la réalisation de 97 sondages et l'analyse de 173 échantillons de sols.

La nappe des Calcaires de Brie profonde de 1 à 8 m selon l'altitude au droit du site, n'a pas fait l'objet d'investigations.

Les résultats mettent en évidence deux zones impactées au droit du site :

- la zone d'épandage et plus particulièrement l'ancienne aire de brûlage où les plus fortes concentrations sont mesurées pour la tranche 2,4-3,6 m avec de nombreux composés identifiés (COHV, CAV, phénol, solvants, chlorobenzène et éléments traces métalliques, traces en PCB) ;
- l'emplacement des anciennes cuves enterrées localisées à l'entrée Sud du site, où des concentrations marquées en hydrocarbures, HAP et CAV ont été mesurées dans les terres sous-jacentes.

Pour l'ensemble du site à l'exception de ces deux secteurs, la campagne de reconnaissance ne met pas en évidence d'impact notable dans les sols :

- les composés explosifs sont détectés sur un sondage localisé à proximité des anciens ateliers de fabrication (2,4,6-Trinitrotoluène et Hexogène). La nitrocellulose et les perchlorates n'ont pas été détectés sur l'ensemble des échantillons ;
- A l'exception du sondage A5_S3 qui présente une concentration soutenue en hydrocarbures totaux (8 800 mg/kg-MS), les autres résultats sont inférieurs à 500 mg/kg-MS et n'ont pas révélé l'existence d'impact au droit des autres zones de stockage enterré d'hydrocarbures ;
- Les phénols, solvants et COHV n'ont pas été détectés en dehors de la zone d'épandage ;
- Les phtalates ont été mesurés à l'état de traces en zone A5 (A5_S5A) et B3 (B3_S1) ;
- Les anomalies en éléments traces métalliques sont principalement localisées autour de la Batterie Nord, au droit et à proximité de l'entrée du Fort Central et ponctuellement dans la zone de fabrication des explosifs ;

PLACOPLATRE
Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols
Rapport A82646/A

- Les PCB recherchés à l'emplacement des anciens transformateurs et dans le cadre des tests d'acceptabilité en ISDI ont été mesurés à des concentrations inférieures au critère d'acceptabilité (1mg/kg-MS) à l'emplacement du bâtiment du transformateur K11 et au droit du sondage A5_S3 ;
- Sur les 44 tests d'acceptabilité réalisés, hors recherches analytiques effectuées par ailleurs sur échantillon brut, les dépassements vis-à-vis des critères d'acceptabilité en Installation de Stockage de Déchets Inertes ont été mesurés sur 20 % des échantillons, et concernent les résultats après lixiviation pour les fluorures et ponctuellement certains métaux (antimoine, molybdène, nickel, zinc).

Pour compléter ce diagnostic, des investigations complémentaires peuvent être mises en œuvre :

- dans le secteur du sondage A5_S3, où l'origine de la présence des hydrocarbures n'est pas connue ;
- au droit des anciennes cuves enterrées à l'entrée Sud du site pour déterminer l'extension en profondeur des concentrations en hydrocarbures observées de 3 à 5 m.

Les impacts mesurés au droit de la zone d'épandage, à l'emplacement des cuves enterrées à l'entrée Sud du site et ponctuellement au sondage A5_S3, devront être considérés dans le cadre du projet d'aménagement futur :

- vis-à-vis de la protection des travailleurs dans le cadre des travaux d'excavation des terres ;
- vis-à-vis de leur devenir, l'évacuation de terres à l'extérieur du site n'étant pas autorisée, elles devront faire l'objet d'une gestion adaptée (traitement sur site, servitudes d'usage, ...) à l'utilisation finale envisagée (remblais sur voiries, terres de couverture, ...).

La gestion des impacts mesurés sur le site sera encadrée par une évaluation quantitative des risques sanitaires qui constituera un outil d'aide à la décision.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Il est rappelé que les résultats de la reconnaissance s'appuient sur un échantillonnage et que ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité du milieu naturel ou artificiel étudié.

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Conformité avec la norme NFX31-620 Prestations de services relatives aux sites et sols pollués

Antea Group France applique les recommandations de la politique de gestion des sites et sols pollués du Ministère de l'Environnement, initiée en février 2007 et exprimée dans les circulaires de 2007. **Antea Group** France réalise ses prestations dans le respect de la norme AFNOR NFX 31-620 et respecte depuis janvier 2012 les termes du référentiel de certification des prestations de services relatives aux sites et sols pollués.

Antea Group a obtenu le 17 décembre 2013 la certification LNE relative aux :

- Norme NF X 31-620 partie 1 (juin 2011) : Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites pollués – Exigences générales.
- Norme NF X 31-620 partie 2 (juin 2011) : Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites pollués – Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle.
- Norme NF X 31-620 partie 3 (juin 2011) : Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites pollués – Exigences dans le domaine des prestations d'ingénierie des travaux de réhabilitation.

La codification des prestations prévues dans l'offre NIEP130238 selon le référentiel de certification du métier des sites et sols pollués, pour les domaines A et B, est présentée en Annexe 1.

Rapport

Titre : Réhabilitation de l'ancien fort de Vaujours (93) – Diagnostic de l'état de pollution des sols

Numéro et indice de version : A82646

Date d'envoi : 05/07/2016

Nombre de pages : 103

Diffusion (nombre et destinataires) :

1 ex. Client par mail

Nombre d'annexes dans le texte : 0

Nombre d'annexes en volume séparé : 10

Client

Coordonnées complètes : PLACO
354 rue de Meaux
93410 Vaujours

Nom de l'interlocuteur : Monsieur Dominique HAMEL

Antea Group

Unité réalisatrice : Pôle Environnement de la Direction Régionale Paris Centre Normandie

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Interlocuteur commercial : Jean-Charles GASSEAU

Responsable de projet : Claudine DUBOST

Auteurs : Claudine DUBOST avec Anne CHESNEAU, Céline RAZE

Secrétariat : Leila MOUDKHIL

Qualité

Contrôlé par : Cédric BOUR

Date : 05/07/2016

N° du projet : IDFP150376

Références et date de la commande : lettre de commande n°4400575015 du 15/09/2015

Mots clés : *étude-historique, étude-documentaire, diagnostic, sols*

Commune : Vaujours (93)

Codification : CPIS, A100, A110, A120, A200