

PLACOPLATRE (Seine et Marne et Seine Saint Denis)

**Fort de Vaujours
Synthèse hydrologique et hydrogéologique**

Par O.GRIERE

Hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique pour le département de la Seine et Marne

O.GRIERE

12, rue Blanche Hottinguer

77600 GUERMANTES

INTRODUCTION

A la demande des Sous-Préfets de Torcy (77) et du Raincy (93) en date du 17 mai, j'ai été chargé de rédiger un avis d'hydrogéologue agréé relatif au contexte hydrologique et hydrogéologique au droit de l'ancien Fort de Vaujours.

Pour émettre cet avis, j'ai disposé de nombreux documents remis par PLACOPLATRE notamment les rapports suivants :

- Bilans environnementaux de novembre 2016 et de novembre 2016 à mars 2017,
- Projet de demande d'autorisation d'exploitation d'une carrière de gypse à ciel ouvert sur le site du Fort de Vaujours, mise à jour de l'état initial, SETEC mai 2017 V1,
- Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours, diagnostic de l'état de pollution des sols, ANTEA juillet 2016 A82646/A,
- Réhabilitation de l'ancien Fort de Vaujours, Plan de gestion, ANTEA 27/01/2017 A86790/A,
- Le site CEA de Vaujours dans son environnement, synthèse documentaire historique et hydrogéologique, BURGEAP 06/09/01 R.3288b/A.8314/C.301073,
- Etude radiologique et hydrogéologique du site de Vaujours, rapport d'expertise à messieurs les Préfets de Seine Saint Denis et de Seine et Marne, R. Guillaumont, J.P. Adloff et L.Dever.

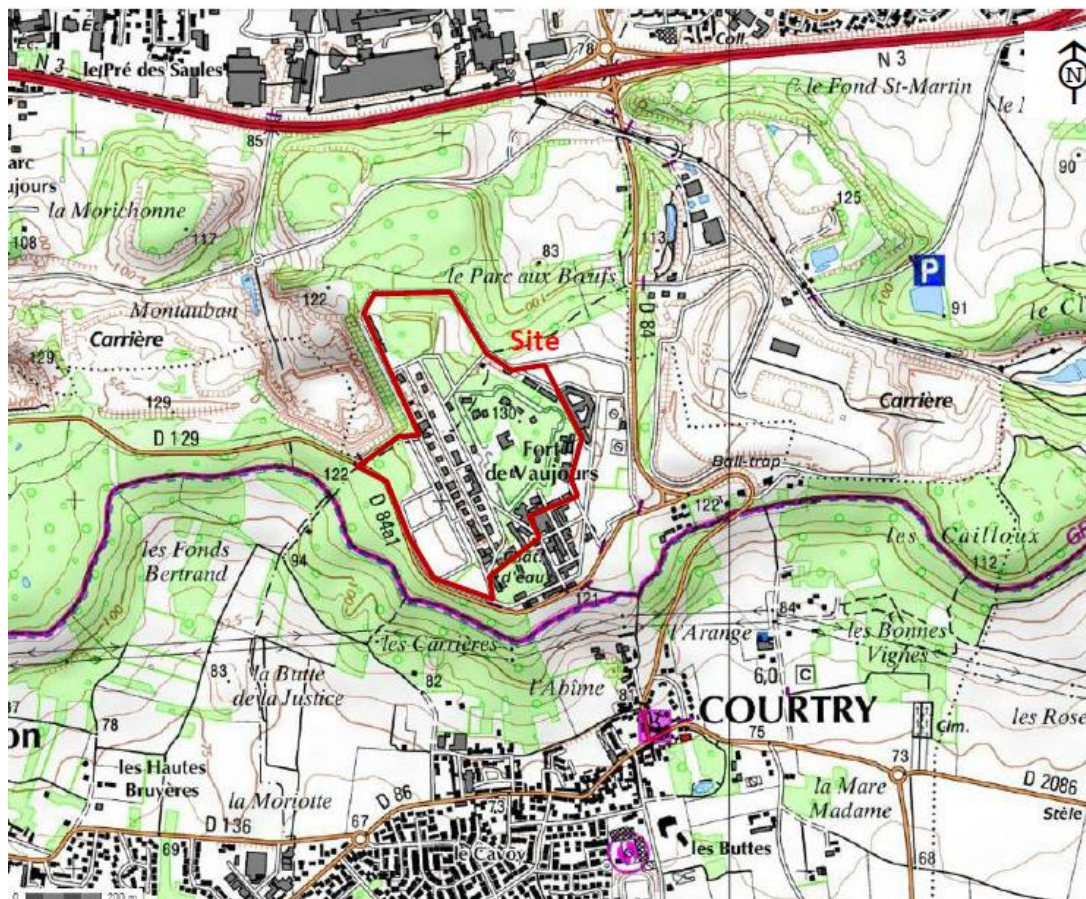
Je me suis rendu sur le site le 12 juin 2017 et ai rencontré notamment messieurs Gilles Bouchet de la société Placoplatre et Eric Flamand conseil de Placoplatre.

Cette intervention est réalisée dans le cadre de la réglementation actuellement en vigueur et en particulier l'article L181-13 du Code de l'Environnement.

I. GENERALITES CONCERNANT LE SITE

1.1 Situation

L'ancien Fort de Vaujours se trouve sur le territoire des communes de Vaujours et de Courtry.



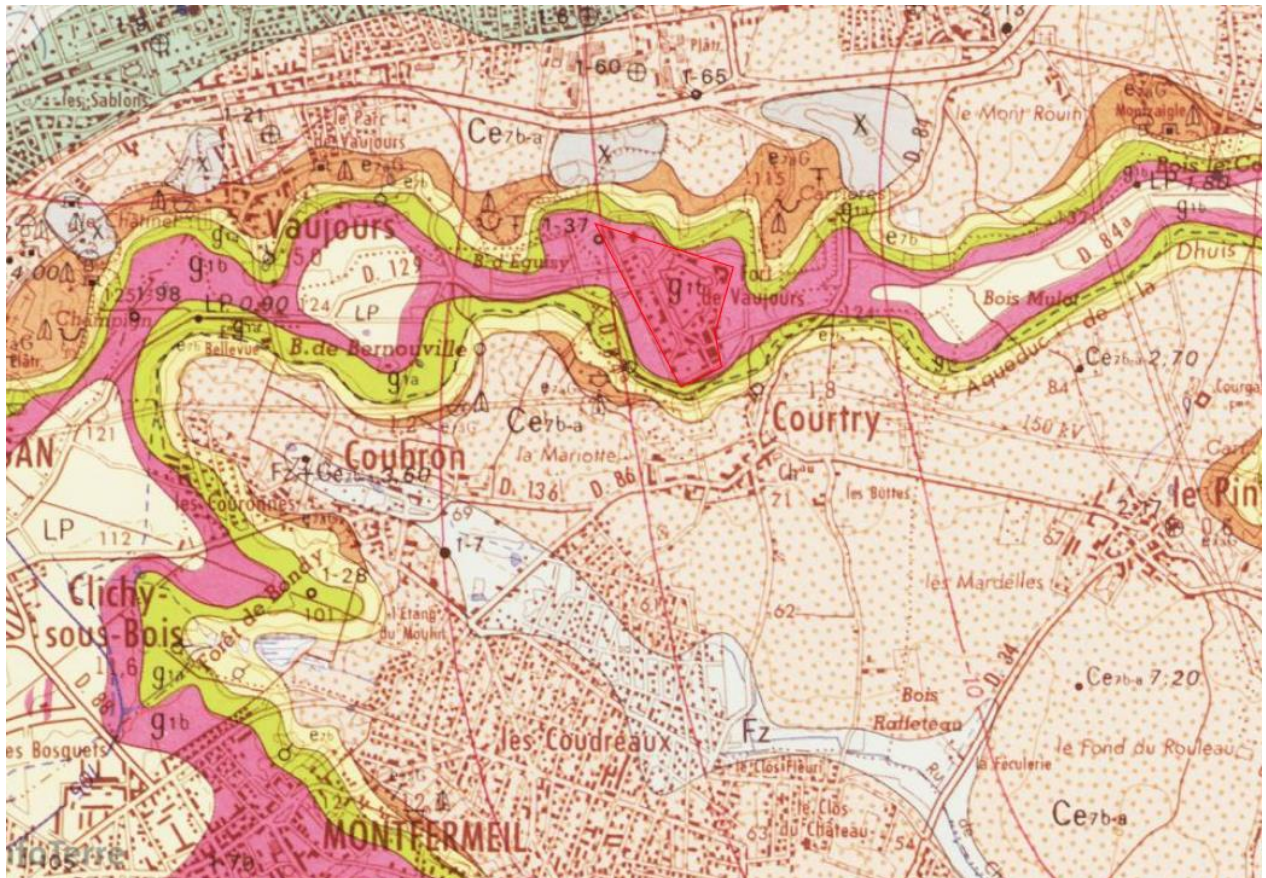
Localisation du site sur fond IGN

II. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Le contexte hydrogéologique est lié à la nature des terrains en présence. C'est pourquoi nous rappellerons l'agencement des terrains au droit du site dans un premier temps.

2.1 Contexte géologique

La carte géologique de Lagny, dont un extrait est reproduit ci-dessous, illustre l'agencement des terrains en présence.



Extrait de la carte géologique de Lagny

Le site se trouve sur les calcaires de Brie du Stampien inférieur.

Le Fort de Vaujours repose sur le plateau du Parisien. La succession des formations géologiques est présentée ci-après.

Age / Etage		cotes (m NGF)		épaisseur	dénomination	description
		de	à			
Quaternaire		126.0	123.0	3.0	Limon des Plateaux et remblais anthropiques	Formations résiduelles
OLIGOCENE	Santonien inf. : Santonien	123.0	121.0	2.0	Calcaire de Brie	<u>Au sommet</u> : très altéré et érodé (blocs siliceux enrobés). <u>A la base</u> : Succession de lits marno-calcaire blanchâtre entrecoupée de niveaux argileux bruns ou de passées sablo-gréseuses
		121.0	114.0	7.0	Argiles vertes	Dans la partie supérieure : « bande blanche » marno-calcaire de 30/40 cm. Vert intense (illite/smectite) très plastique avec parfois des concrétions marno-calcaires
EOCENE	Bartoniens sup. : Ludien	114.0	107.5	6.5	Marnes Blanches de Pontin	Marno-calcaire gris verdâtre à la base. Blanchâtre au sommet +/- induré. Parfois des niveaux oolithiques blanc-rose ou argilo-sableux ; des îlots de calcaire siliceux ou des feuilletés isolés de gypse et d'argile.
		107.5	96.5	11.0	Marnes bleues d'Argenteuil	Très argileuse (illite/smectite) gris-bleu. Structure feuilletée brune ocre avec des niveaux gypseux et dolomitiques. A la base des lits de gypse saccharoïde impurs.
		96.5	76.5	20.0	1 ^{ère} Masse de Gypse	Bancs de gypse saccharoïde
		76.5	73.0	3.5	Marnes d'entre-deux masses	Très litées : succession de bancs de marno-calcaire, dolomitique ou gypseux avec parfois des cristaux de gypse fer de lance ou saccharoïde. Aspect marbré. A la base un niveau de silex brun-noir.
		73.0	64.0	9.0	2 ^{ème} Masse de Gypse	Bancs de gypse saccharoïde et pieds d'alleuilles. Lits marneux
		64.0	62.0	2.0	Marnes à Lucines	Marnes calcareuses grises jaunâtres ou gris-bleutées entrecoupées de gypse saccharoïde ou PA
		62.0	59.0	3.0	3 ^{ème} Masse de Gypse	Gypse saccharoïde sombre riche en PA
		59.0	57.5	1.5	Marnes à pholadomyes	Marnes calcareuses magnésiennes jaunâtres à grisâtres avec des niveaux + argileux gris-bleutés.
	Bartoniens sup. : Ludien inf.					
		57.5	54.5	3.0	4 ^{ème} masse de gypse	Gypse saccharoïde beige à ocre parfois argileux
		54.5	53.0	1.5	Sables de Montceau	Localement passés à des marnes gypseuses et dolomitiques grises sombres.
	Bartoniens moyen : Marneisien					
		53.0	41.0	12.0	Calcaire de St Ouen	Marnes et calcaire crème rosé ou grisâtre. Niveaux de marnes argileuses brunes à violacées, liserés d'argile magnésienne (attapulgite et sépiolite). Accidents siliceux, lentilles de calcaire siliceux et silex → hétérogène

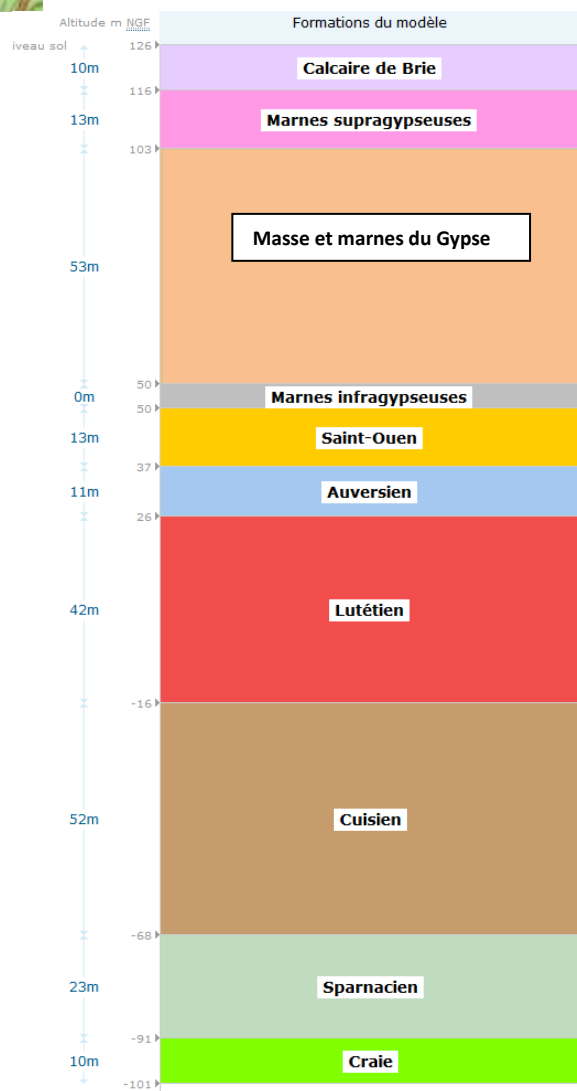
Coupe type des terrains au droit du Fort de Vaujours (Document Placoplatre)

Le cliché suivant donne une coupe géologique de la carrière d'Aiguisy.



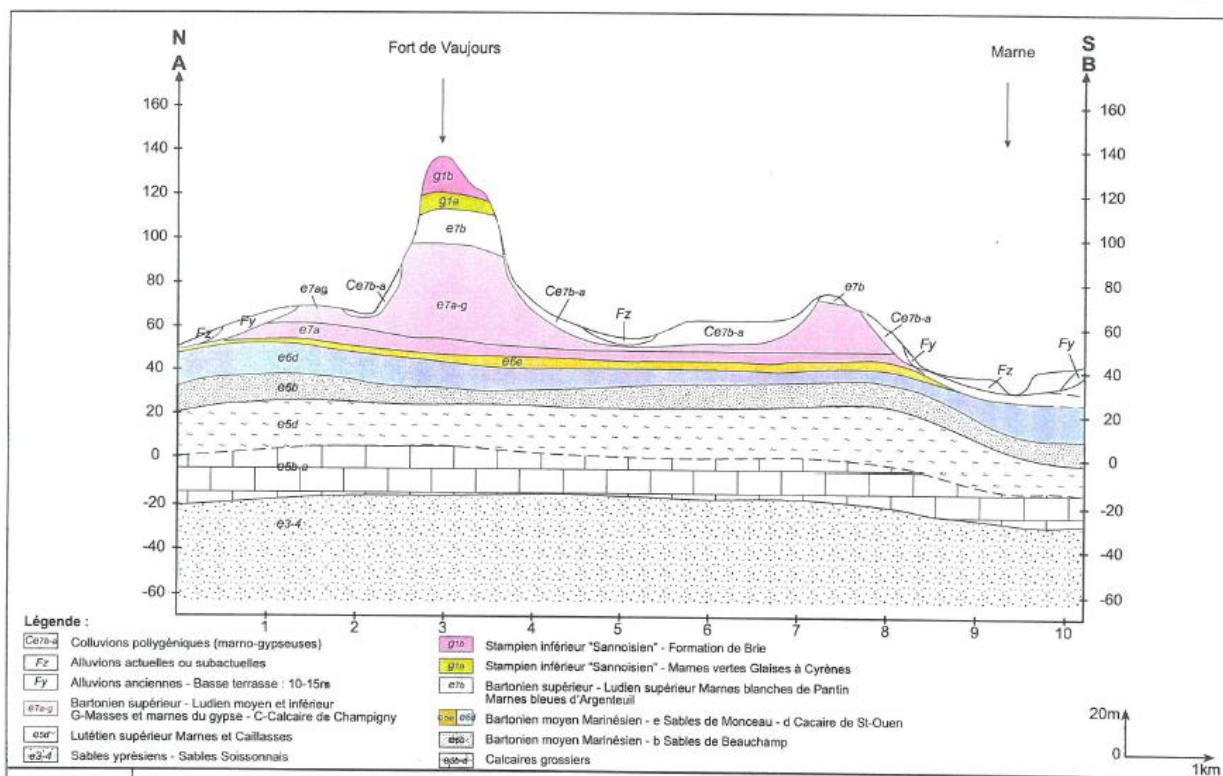
Coupe géologique de la carrière d'Eguisy

En ce qui concerne les formations situées sous le calcaire de Saint Ouen, le SIGES Seine Normandie donne la coupe géologique prévisionnelle suivante pour les formations du Tertiaire.



Coupe géologique au droit du Fort de Vaujours (issue du site SIGES)

BURGEAP a élaboré une coupe géologique Nord-Sud passant par le Fort de Vaujours.



Coupe géologique (document BURGEAP)

2.2 Contexte hydrogéologique

La figure suivante synthétise la série litho-stratigraphique de la région Ile de France ainsi que les différents niveaux potentiellement aquifères.



Série litho-stratigraphique de la région Ile de France (source BRGM/RGF)

Au droit du Fort de Vaujours, la série débute par les calcaires de Brie (indiqués par la flèche), les différents niveaux potentiellement aquifères seraient de haut en bas :

- Les calcaires de Brie,
- Le Champigny sens large (Eocène supérieur),
- Le Lutétien,
- L'Yprésien,
- La craie.

Différents niveaux aquifères peuvent être distingués au droit du Fort de Vaujours, il s'agit :

- De la nappe des calcaires de Brie qui est en position perchée au sommet de la butte. Ses exutoires sont formés par des sources situées sur les flancs de la butte au niveau des argiles vertes ou bien par des écoulements diffus au sein des colluvions,
- De la nappe du Champigny dont seules les assises des sables de Monceau, du Calcaire de Saint Ouen et des sables de Beauchamp sont aquifères. En effet, le Champigny se présente sous la forme de bancs gypseux suite à une variation latérale de faciès, cet aquifère est captif sous les Masses et Marnes du Gypse,
- Du Lutétien avec plus spécifiquement le Calcaire Grossier qui constitue un aquifère,
- De l'Yprésien dont les assises sableuses forment un aquifère captif.

Nous allons examiner plus en détail les caractéristiques hydrogéologiques des différents niveaux aquifères notamment à partir des données acquises au droit du site.

Nous avons volontairement écartés les aquifères de la Craie et du Crétacé inférieur. En effet, la nappe de la craie n'est pas ou peu productive sous recouvrement des formations du Tertiaire. En ce qui concerne les aquifères de l'Albien et du

Néocomien, leur captivité ainsi que la profondeur du toit des aquifères permet d'exclure toute connexion avec les terrains sus-jacents.

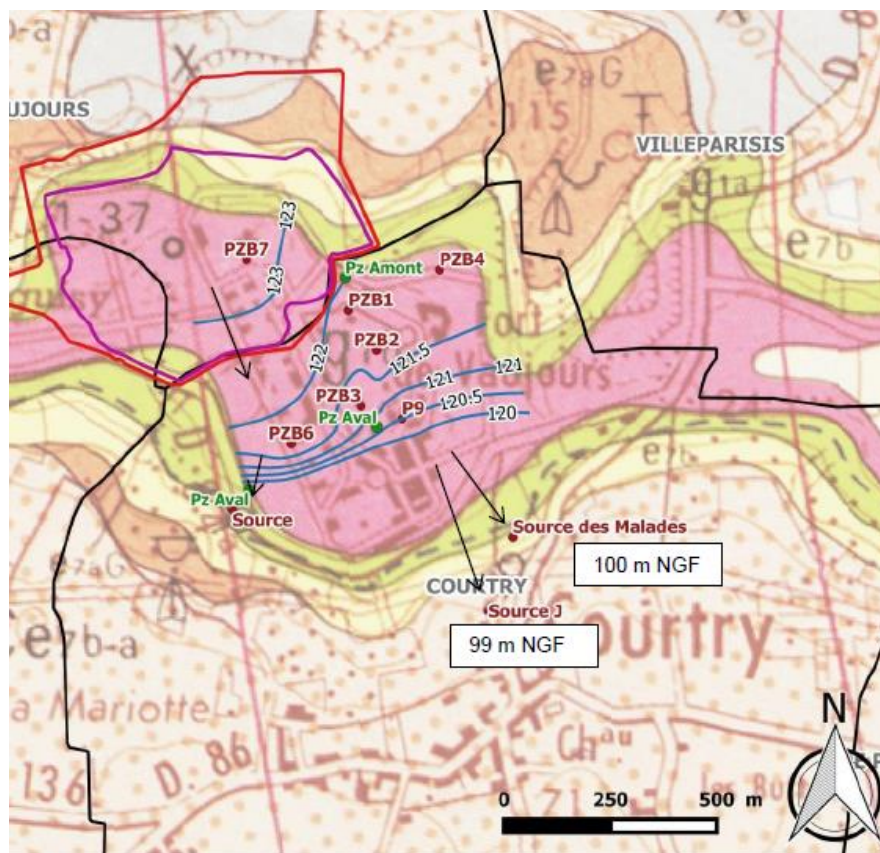
2.2.1 Nappe des calcaires de Brie

Cette nappe est alimentée par les pluies dont une fraction s'infiltré. Le site a disposé d'un réseau piézométrique créé en septembre 2001 avec la réalisation de 7 piézomètres à l'origine. A ce jour ne subsiste qu'un seul piézomètre (PzB6).

Nous reviendrons sur cet aspect ultérieurement.

L'écoulement de la nappe est fortement influencé par la géométrie de son substratum constitué par les argiles vertes.

La figure suivante illustre la piézométrie d'avril 2002.

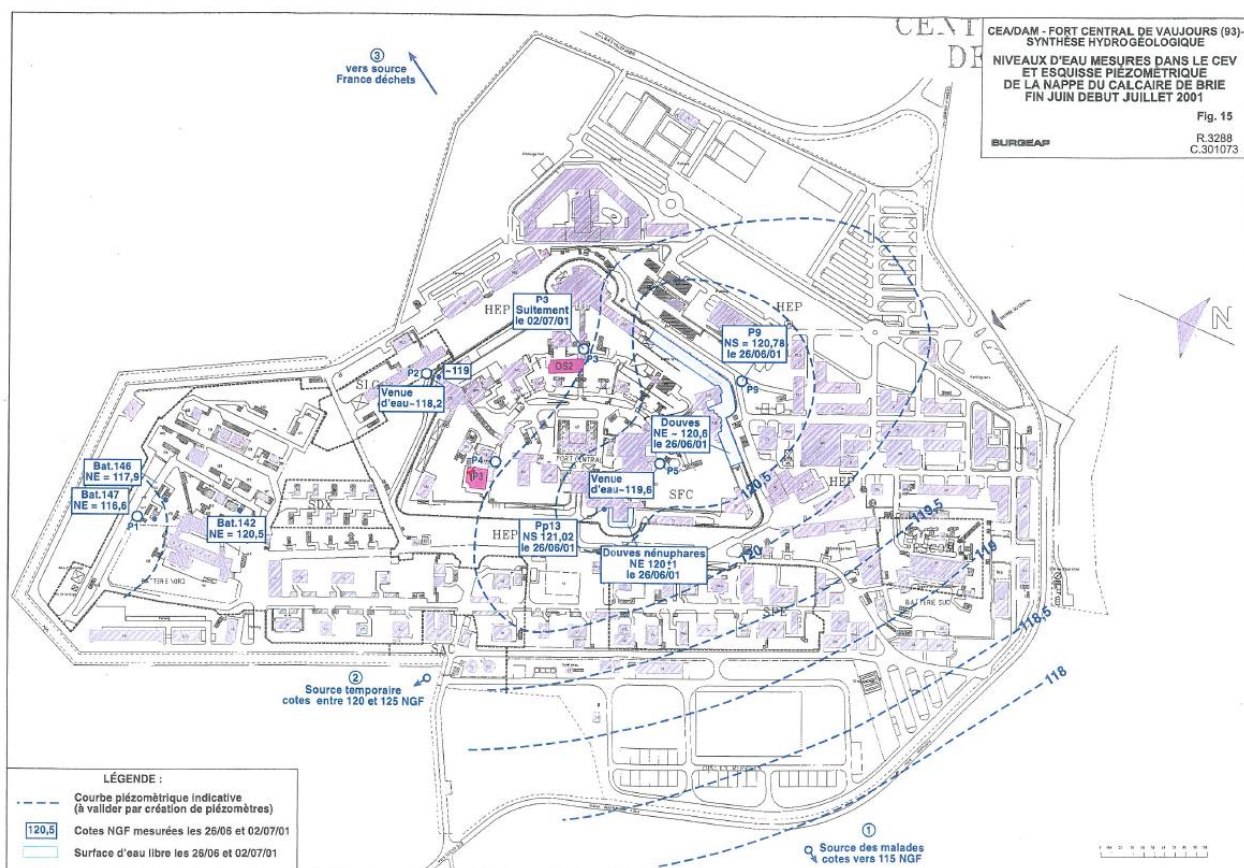


Piézométrie de la nappe des calcaires de Brie en avril 2002 (document Setec)

Selon Setec, l'écoulement de la nappe serait donc orienté du Nord vers le Sud avec des exutoires connus au Sud Ouest et au Sud Est.

Sur la période avril 2015 à juin 2016, les relevés (3 mesures) indiquent un battement de 0,25 m avec des niveaux compris entre 121,6 et 121,85 m NGF.

Burgéap avait établi une carte piézométrique pour la nappe des calcaires de Brie fin juin début juillet 2001 qui indique la présence d'un dôme avec des écoulements divergents.



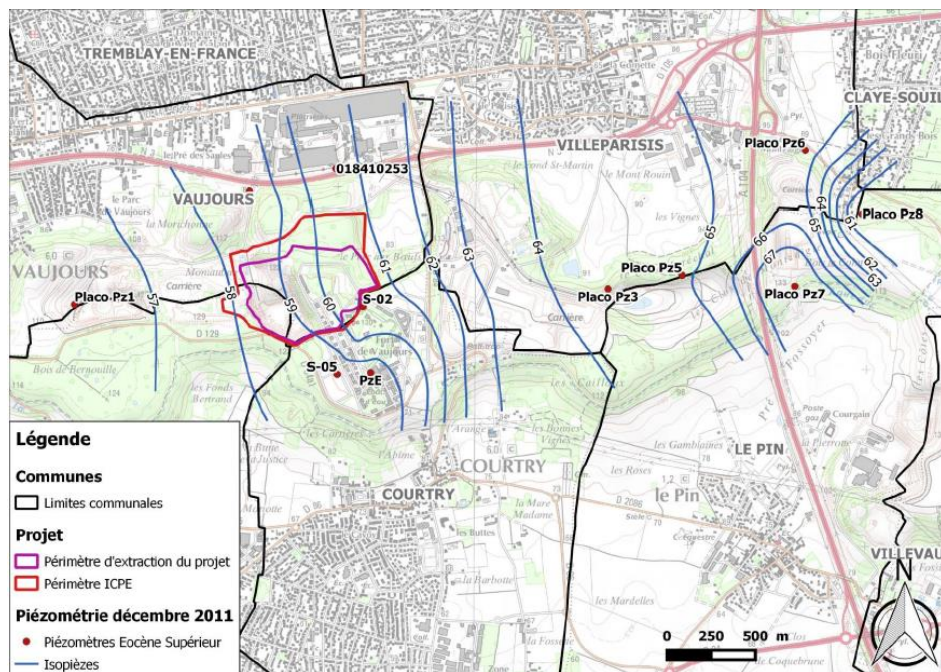
Carte piézométrique de la nappe des calcaires du Brie (document Burgéap)

L'interprétation en dôme de Burgéap n'est pas contradictoire avec l'interprétation de Setec et dépend des données /cotes disponibles ou utilisées ainsi que de la période des mesures.

2.2.2 Nappe de l'Eocène supérieur

Comme indiqué précédemment, il s'agit de la nappe contenue dans les terrains constitués par les sables de Monceau, le calcaire de Saint Ouen et les sables de Beauchamp.

Setec a élaboré une carte piézométrique à partir de la piézométrie relevée en décembre 2011.



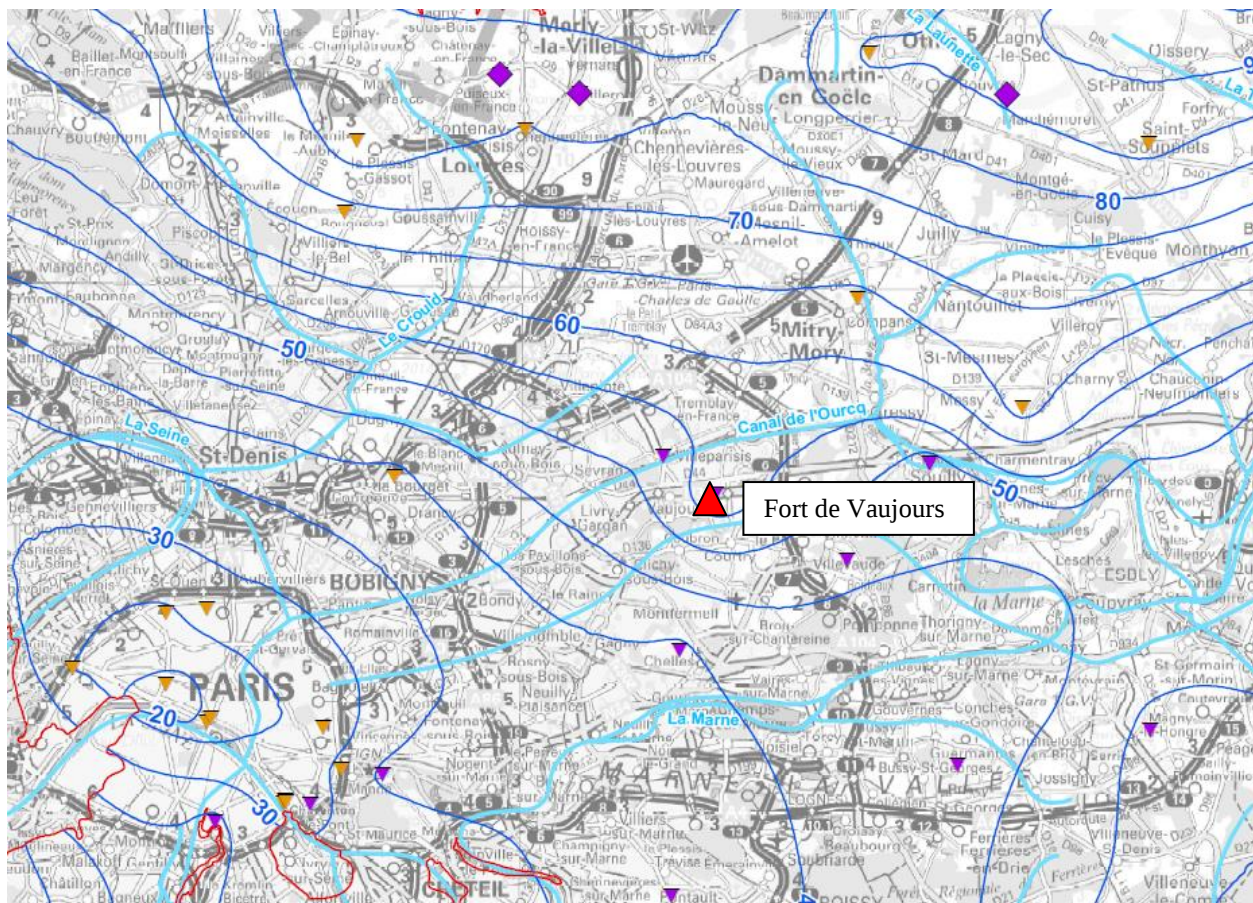
Piezométrie de la nappe de l'Eocène supérieur (document Setec)

La nappe s'écoule de l'Est vers l'Ouest. Il s'agit d'une nappe captive (Nappe généralement à une pression supérieure à la pression atmosphérique car isolée de la surface du sol par une formation géologique imperméable) puisque les niveaux mesurés se situent au-dessus du toit de la formation.

Le suivi piézométrique des ouvrages S-02 et PZE sur la période allant d'avril 2015 à octobre 2016 indiquent des battements de 0,57 m pour S-02 et de 0,83 m pour PZE.

2.2.3 Nappe du Lutétien

Le BRGM a élaboré dernièrement des cartes piézométriques de la nappe du Lutétien, nous avons reproduit un extrait de la carte en hautes eaux d'avril 2014.

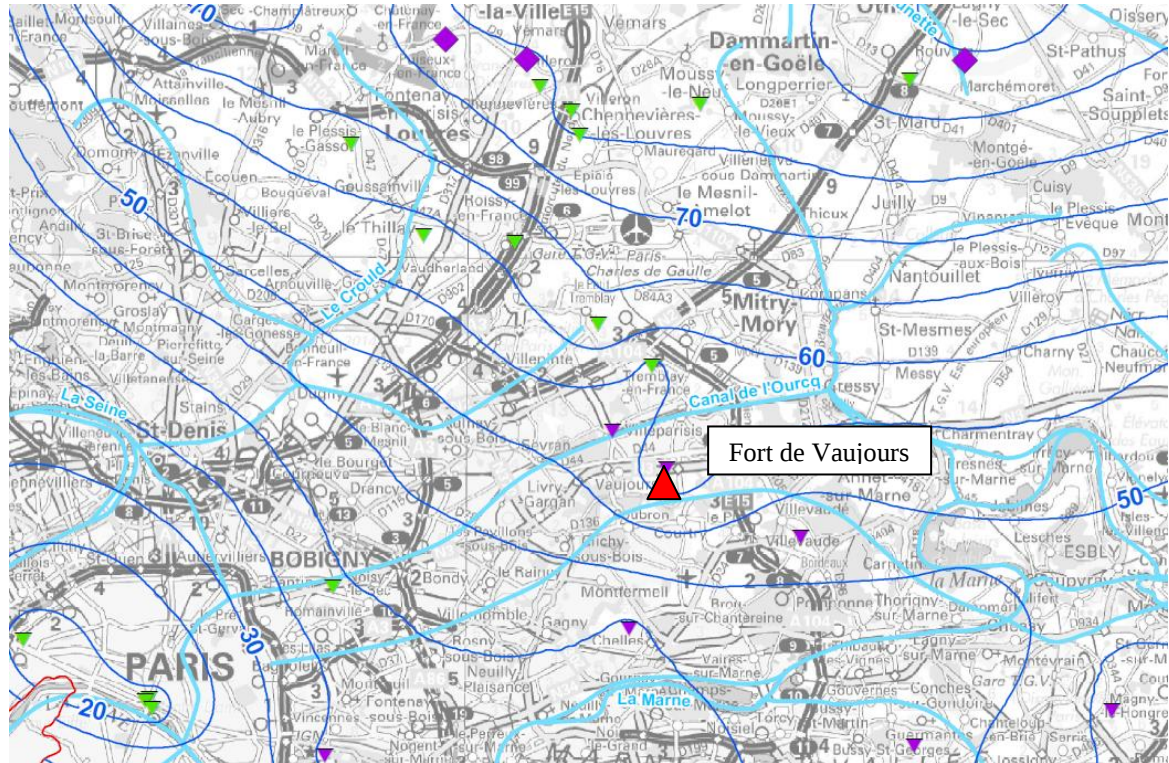


Extrait de la carte piézométrique de la nappe du Lutétien avril 2014 (BRGM rapport BRGM/RP-64887-FR)

Cette carte indique un écoulement Nord Nord Est vers le Sud Sud Ouest avec un niveau piézométrique compris entre 55 et 50 m NGF.

2.2.4 Nappe de l'Yprésien

Le BRGM a élaboré dernièrement des cartes piézométriques de la nappe de l'Yprésien, nous avons reproduit un extrait de la carte en hautes eaux d'avril 2014.



Extrait de la carte piézométrique de la nappe de l'Yprésien avril 2014 (BRGM rapport BRGM/RP-64887-FR)

Cette carte indique un écoulement Nord Nord Est vers le Sud Sud Ouest avec un niveau piézométrique compris entre 55 et 50 m NGF.

Selon ces cartes, il semblerait que les aquifères du Lutétien et de l'Yprésien soient confondus et ne forment qu'une seule nappe. Cette constatation doit cependant être modulée, en effet l'établissement des cartes piézométriques repose sur une faible densité de forages avec de plus des ouvrages mixtes captant indifféremment le Lutétien et l'Yprésien.

D'un point de vue hydrogéologique, il est probable qu'il existe deux aquifères. En effet, les caractéristiques physico-chimiques diffèrent entre la nappe du Lutétien et la nappe de l'Yprésien. De plus, la base du Lutétien est constituée d'un horizon glauconieux perméable avec une perméabilité horizontale plus élevée que la perméabilité verticale. La séparation Lutétien-Yprésien est constituée par les argiles Laon qui ne sont pas systématiquement relevées dans les coupes des forages. Lors de la réalisation de certains forages, des différences piézométriques ont été notées entre les nappes du Lutétien et de l'Yprésien, ce qui autoriserait à considérer deux aquifères et non un seul.

III CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Selon les données du réseau Sandre, les cours d'eau situés à proximité sont localisés sur la figure suivante.

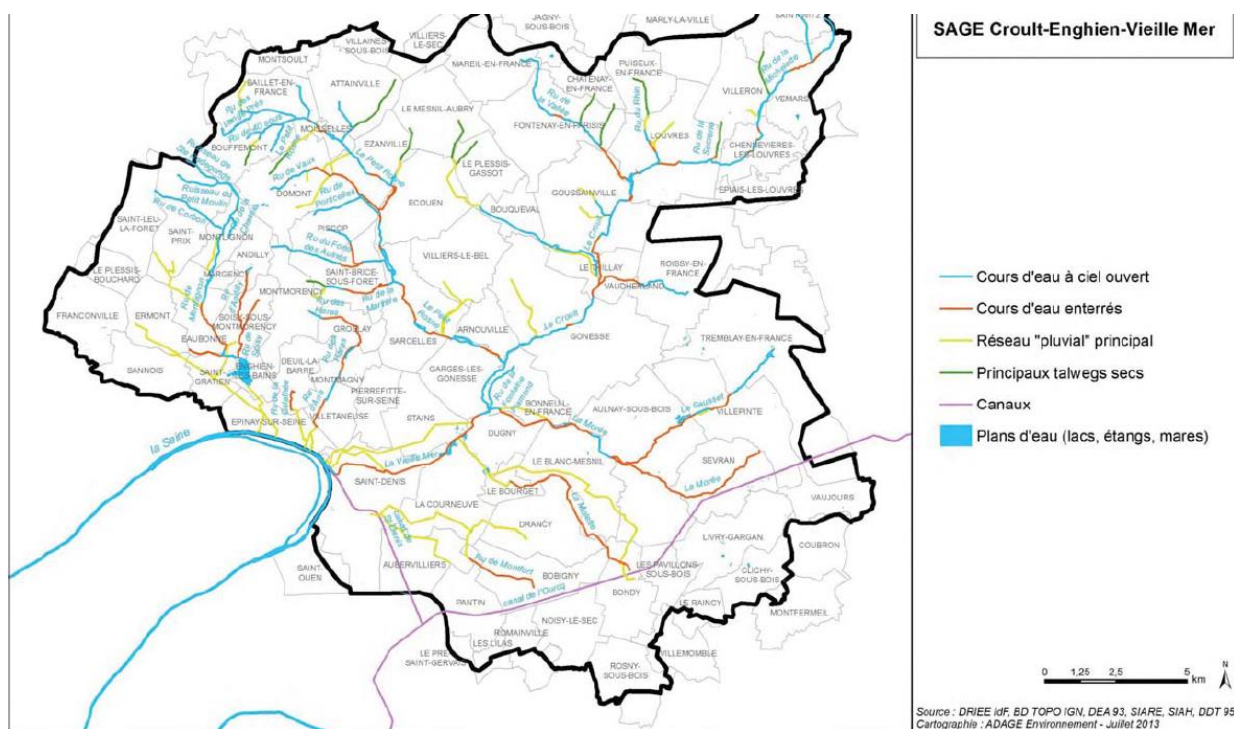


Réseau hydrographique

Le canal de l'Ourcq ainsi que l'aqueduc de la Dhuis correspondent à des ouvrages artificiels créés pour satisfaire des besoins en eau. En ce qui concerne l'aqueduc de la Dhuis, la galerie a été bétonnée à partir d'Annet sur Marne sur une longueur de 700 mètres. Par conséquent, au droit du Fort, il n'y a plus d'écoulement.

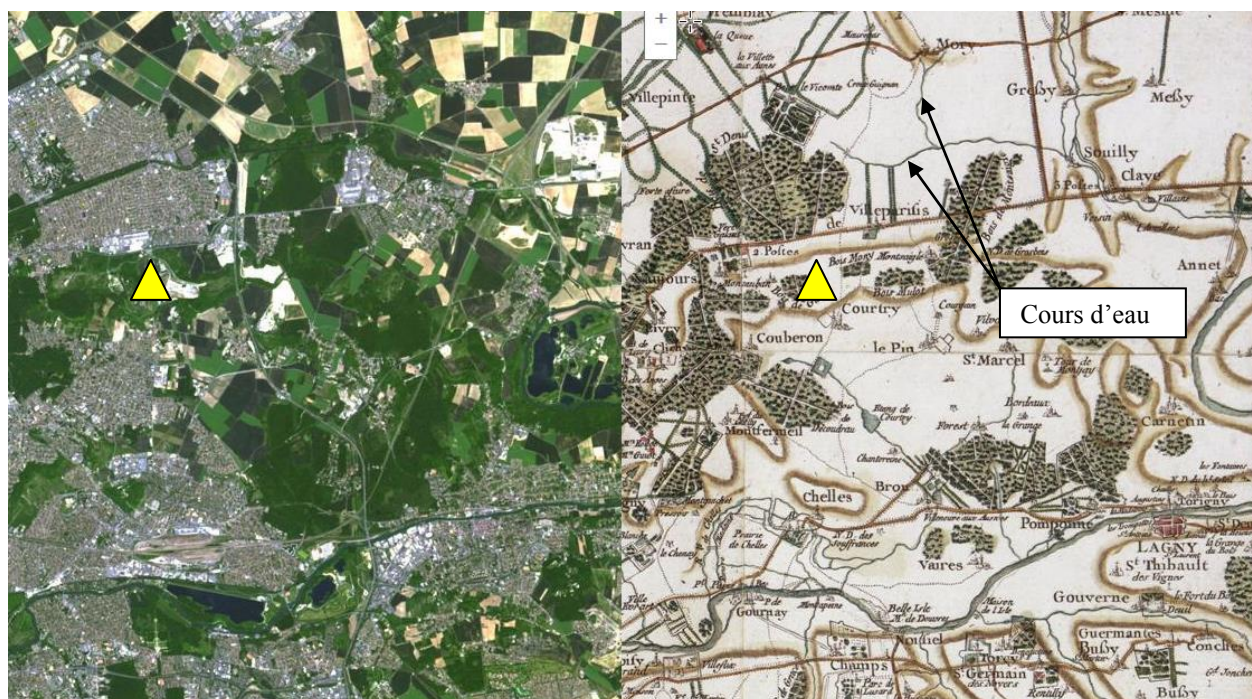
Il n'existe aucun cours d'eau sur le Fort de Vaujours ni à proximité. Ce qui a conduit les militaires lors de la création du Fort à réaliser des puits d'infiltration pour évacuer les eaux pluviales. Ces puits d'un diamètre d'environ 1,20 m et profond d'environ 35 mètres atteignaient le sommet de la première masse de gypse.

En ce qui concerne la Morée, les données issues du SAGE Croult- Enghien Vieille Mer indique la présence d'un bras qui débute sur la commune de Sevran. Il s'agit d'un tronçon enterré.



Réseau hydrographique selon les documents du SAGE Croult-Engbien Vieille Mer

La figure suivante localise le Fort de Vaujours sur photographie aérienne (à gauche) et sur la carte de Cassini (XVIII^e siècle).



Localisation du Fort de Vaujours sur photographie aérienne et carte de Cassini

Les différents cours d'eau ont été cartographiés par Cassini, les seuls cours d'eau référencés à l'époque sont localisés au Nord (affluent de la Marne).

En ce qui concerne les ruissellements, les eaux situées au Sud de la butte rejoignent le réseau d'eaux pluviales de Courtry tandis que celles issues du Nord sont collectées pour partie par la fosse d'Aiguisy, le reste étant diffus.

IV IMPACTS DES ACTIVITES PASSEES

De 1955 à fin 1997, le site de Vaujours a été utilisé par le CEA pour réaliser des expérimentations concernant la mise au point de la force de dissuasion française avec notamment la réalisation de tirs utilisant de l'uranium. Préalablement, le site était occupé par l'Armée (période 1876-1883) puis la Poudrerie de Sevran comme dépôt de munitions et comme centre d'essais de produits pyrotechniques de 1947 à 1955.

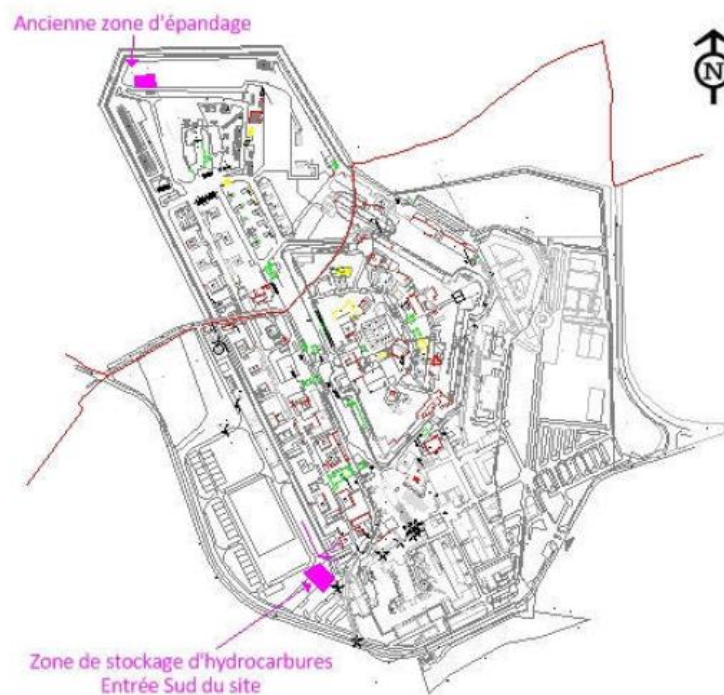
La société Placoplatre désirant exploiter le gisement de gypse sous-jacent a entrepris diverses études depuis de nombreuses années en vue de l'exploitation de ce gypse.

Le diagnostic de l'état de pollution des sols (à l'exception des radioéléments) a été réalisé par ANTEA.

Pour établir ce diagnostic, 97 sondages ont été réalisés et 173 échantillons de sols ont été analysés.

Il ressort de ce diagnostic que deux zones sont impactées :

- La zone d'épandage et plus spécifiquement 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 et traces de PCB),
- L'emplacement des anciennes cuves enterrées localisées à l'entrée Sud du site avec des concentrations en hydrocarbures, HAP et CAV.



Localisation des deux zones principalement impactées

A l'exception de ces deux zones, la campagne d'investigation n'a pas mis en évidence d'impact notable dans les sols. Notons la présence :

- De composés explosifs sur un sondage localisé à proximité des anciens ateliers de fabrication,
- D'hydrocarbures totaux au droit du sondage A5_S3,
- De phtalates à l'état de traces en zone A5 et B3,
- D'anomalies en éléments traces métalliques autour de la batterie Nord et à proximité de l'entrée du Fort Central et ponctuellement dans la zone de fabrication des explosifs.

Ces anomalies devront être traitées conformément à la réglementation en vigueur.

En ce qui concerne les radioéléments, le CEA avait confié à Burgeap une mission visant à définir les zones concernées.

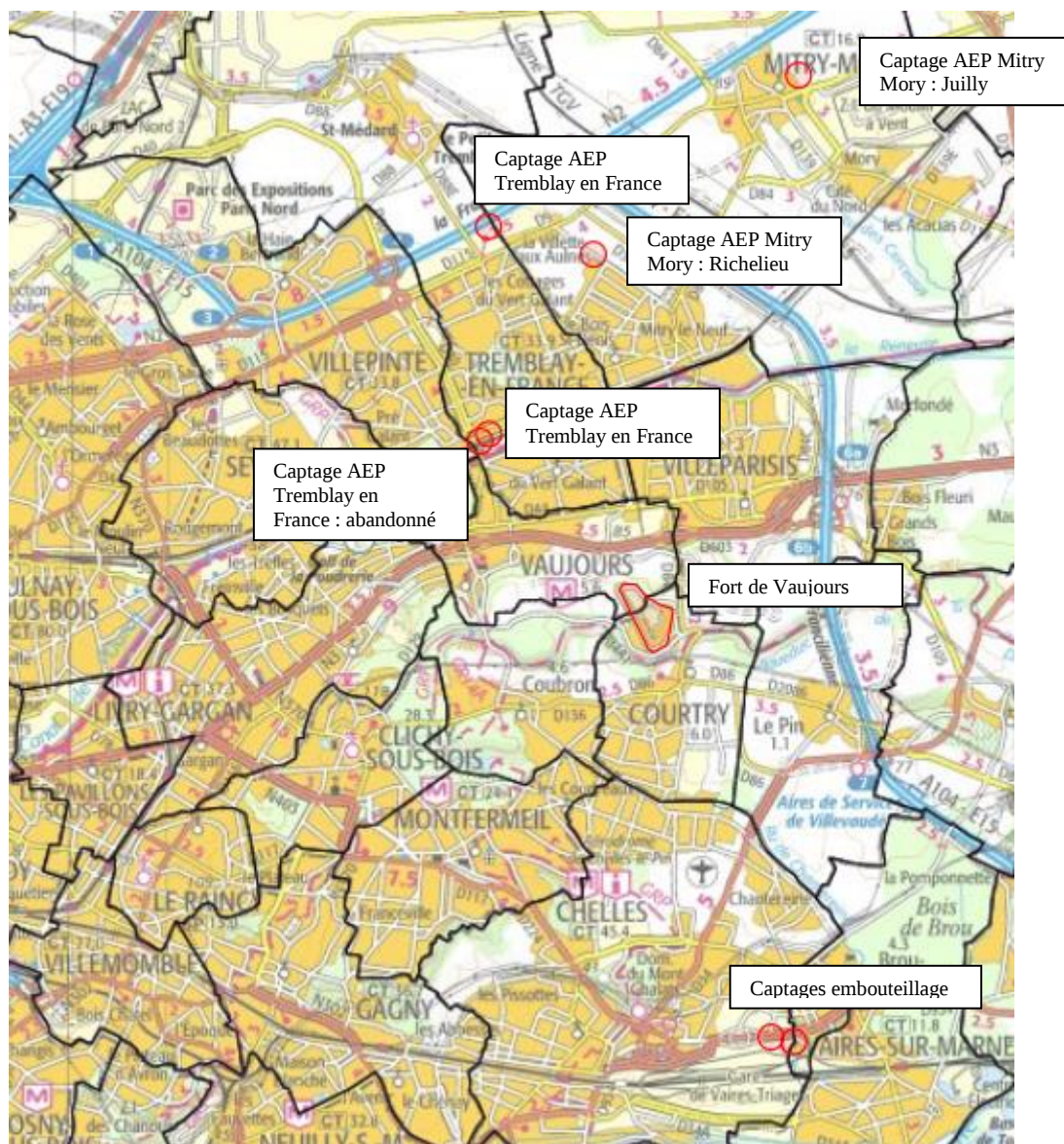
C'est ainsi que les zones de stockage de l'uranium et les zones de tirs ont été localisées.

Dans son étude documentaire et historique, Burgeap indique que le seul radioélément ayant pu potentiellement contaminer le site est constitué par de l'uranium. Des travaux d'assainissement ont été réalisés entre 1996 et 1998 par la société Salvarem.

V DETERMINATION DES IMPACTS SUR LES EAUX

5.1 Les captages AEP et d'embouteillage

Les captages recensés par les ARS de Seine Saint Denis et de Seine et Marne, pour les plus proches, sont reportés sur la carte suivante.

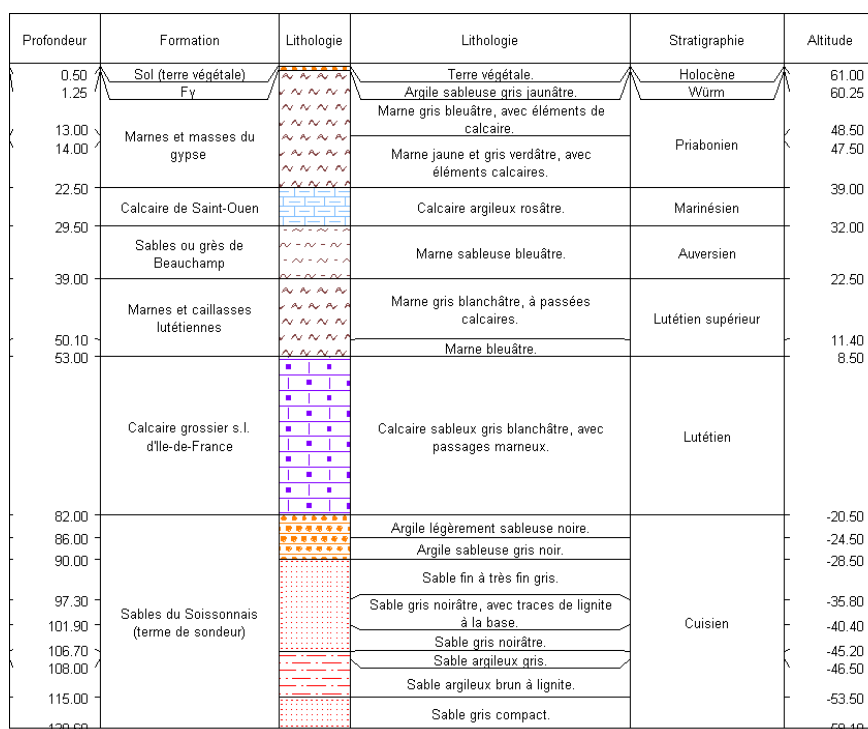


Localisation des captages AEP et d'embouteillage

Les captages AEP exploitent la nappe de l'Yprésien ainsi que ceux destinés à l'embouteillage. Le captage AEP abandonné de Tremblay en France captait la nappe du Saint Ouen.

Ces captages, à l'exception de ceux destinés à l'embouteillage (Chelles), sont situés en amont hydrogéologique. Notons que les captages d'embouteillage sont éloignés et en position latérale d'un point de vue écoulement.

Le captage AEP 01841X0166 de Tremblay en France a fourni la coupe géologique suivante :



Log géologique du forage 01841X0166

Cette coupe indique la présence des argiles de Laon sur une épaisseur de 8 mètres.

5.2 Fonctionnement hydrogéologique au droit du Fort de Vaujours

Comme indiqué précédemment, il existe différentes nappes au droit du Fort. Les eaux météoriques s'infiltrant pour atteindre la nappe des calcaires de Brie.

Le substratum de cette nappe est constitué par les argiles vertes.

Les perméabilités des différentes formations ont été mesurées sur la carrière de Villeparisis. Le tableau suivant résume les valeurs obtenues.

Formation	Epaisseur en mètre	Perméabilité verticale en m/s
Argiles vertes	6 à 8	$8,1 \cdot 10^{-9}$ (double anneau)
Marnes blanches de Pantin	6 à 8	$1,2 \cdot 10^{-6}$ (double anneau)
Marnes bleues d'Argenteuil	10	$9,5 \cdot 10^{-8}$ (double anneau)
Marne d'entre deux masses	6 à 7	Nulle (gonflement, double anneau)
Marnes à Lucines	3 à 4	$1,2 \cdot 10^{-8}$ (double anneau)
Marnes supragypseuses remaniées		10^{-11} à 10^{-12} en laboratoire
Gypse massif Ludien	20 m (première masse)	Nulle à l'air

Burgéap fait remarquer que la perméabilité verticale des argiles vertes apparaît forte. En effet pour que des niveaux puissent être constatés dans la nappe du Brie au droit du Fort, il faudrait une perméabilité inférieure à $4 \cdot 10^{-9}$ m/s. Dans la mesure où des niveaux d'eau sont constatés au droit du Fort, il est nécessaire de retenir cette valeur maximale. Burgéap indique des valeurs comprises entre 3 et $7 \cdot 10^{-10}$ m/s pour cette formation en région parisienne.

Par conséquent, le débit d'infiltration des eaux au travers des argiles vertes sur la base d'une perméabilité de $5 \cdot 10^{-10}$ m/s peut être évalué à 0,35 l/s/km². Cette valeur est très faible.

Il convient de noter la présence du gisement de gypse qui atteste que les circulations d'eau sont très faibles à inexistantes. En effet, ce gypse s'est mis en place il y a 35 millions d'années.

En raison de la topographie du site, les eaux infiltrées dans le calcaire de Brie ressortent au niveau de sources localisées sur les flancs ainsi que de manière diffuse dans les colluvions. Ce mode de circulation a été perturbé par la création de puits d'absorption qui évacuent une partie des eaux de la nappe des calcaires du Brie et les eaux de ruissellement au niveau de la première masse de gypse.

Le schéma conceptuel des écoulements peut être synthétisé par la figure suivante :

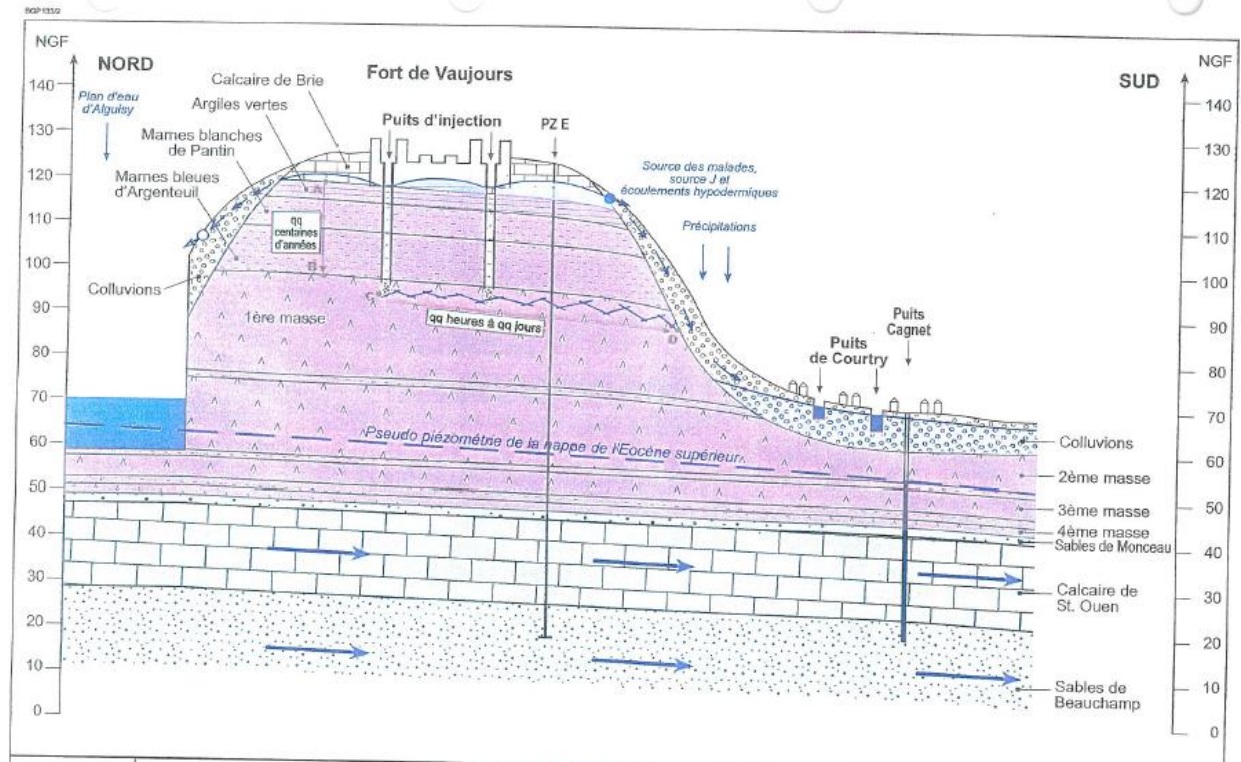


Schéma conceptuel des écoulements au droit du Fort de Vaujours (document Burgéap)

Il ressort de ce contexte que les eaux qui s'infiltrent au droit du Fort de Vaujours ne peuvent atteindre l'aquifère profond du Saint Ouen ainsi que les aquifères sous-jacents.

5.3 Contrôles effectués sur les eaux souterraines

Suite à l'arrêt des activités, le site du Fort de Vaujours a fait l'objet d'évaluations des caractéristiques des eaux souterraines pour appréhender les impacts des activités passées.

5.3.1 Contrôles mis en œuvre par le CEA

Le dispositif mis en place comprenait :

- 7 piézomètres pour suivre la nappe des calcaires du Brie,
- Suivi du puits d'infiltration P2,
- 1 piézomètre à l'Eocène supérieur.

Ce dispositif était complété par :

Pour la nappe des calcaires de Brie par :

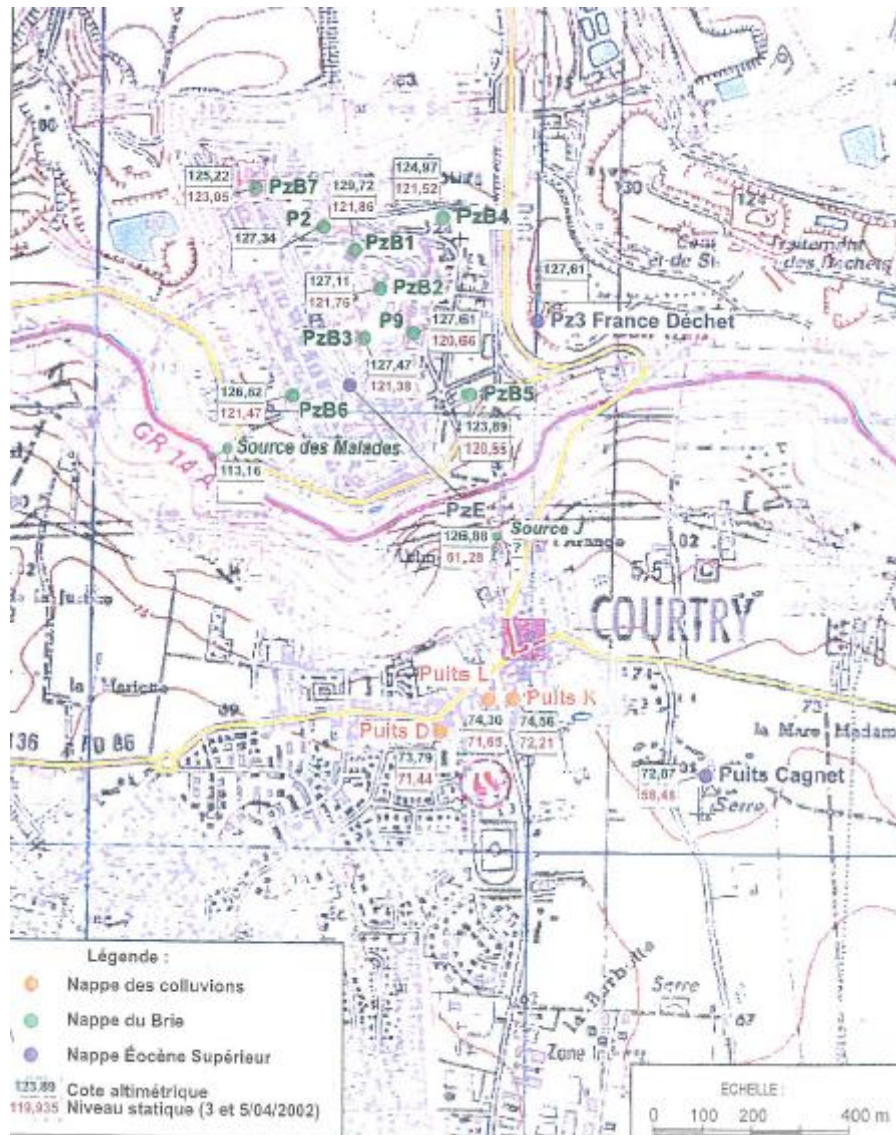
- La source des Malades,
- La source J,
- Le P9,
- Le P2.

Pour les colluvions par :

- Le Puits K,
- Le Puits L,
- Le Puits M.

Pour la nappe de l'Eocène supérieur par :

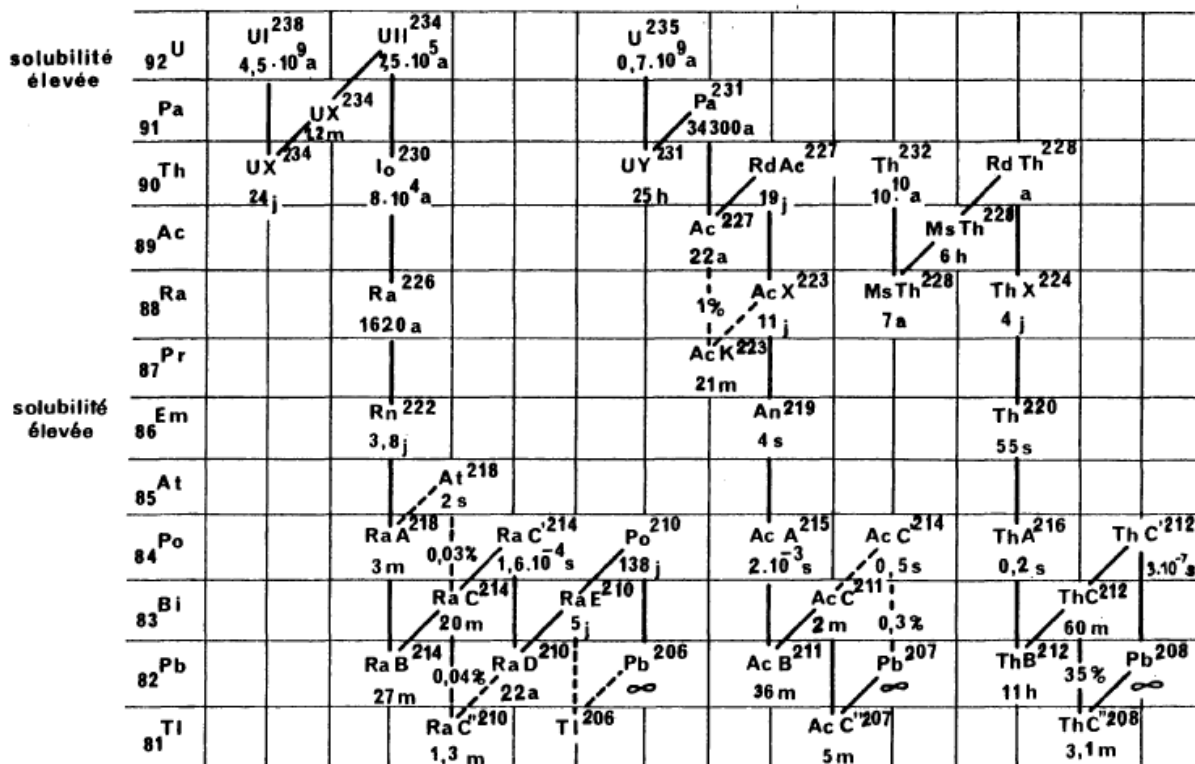
- Le PZ3 France Déchets,
- Le Puits Cagnet.



Localisation des ouvrages (document Burgéap)

Des analyses chimiques et minéralogiques ainsi que le dosage de l'uranium ont été conduites sur des échantillons des terrains traversés par les sondages (piézomètres).

L'uranium utilisé dans les expériences à Vaujours était de l'uranium naturel et des uranium de qualité militaire appauvris en U235. L'uranium naturel a une composition isotopique atomique U235/U238 égal à 0,00725. L'uranium 238 n'émet pas de gamma facilement mesurables mais il est en équilibre avec des radionucléides qui sont ses descendants. Ces derniers ont la même activité que l'uranium 238 et certains d'entre eux sont des émetteurs gamma facilement mesurables. Il s'agit des radionucléides suivants : thorium 234, protactinium 234 métastable et radium 226 avec ses descendants notamment bismuth 214 et plomb 214. L'uranium 235, également en équilibre avec ses descendants est généralement mesuré par ses propres rayonnement gamma.



Chaîne radioactive de l'uranium 238 et de l'uranium 235

Des mesures effectuées lors de l'assainissement du site donnaient un rapport isotopique U235/U238 de 0,0071.

En ce qui concerne l'uranium, les mesures effectuées indiquaient un rapport isotopique U235/U238 conforme au standard connu sauf au droit de PZB1 où l'eau présentait un rapport plus faible. Ce qui laissait penser à un apport anthropique d'uranium appauvri.

Une anomalie avait également été notée au droit du puits d'absorption P2. Les mesures réalisées montrent que l'uranium dispersé à l'époque autour des zones de tir (zone RX1) a marqué le sol superficiellement d'une façon diffuse et que cet uranium était lixivié par les eaux allant au puits P2.

Des dosages au niveau des matériaux de l'interface Calcaire/Argile Vertes ont été réalisés, ces mesures ont confirmé la présence d'uranium anthropique.

D'autres mesures ont été effectuées sur les carottes issues du piézomètre à l'Eocène supérieur, les résultats indiquent des rapports isotopiques conformes au standard.

Burgéap concluait que la percolation de l'uranium depuis les calcaires de Brie aux formations sous-jacentes pouvait être totalement exclue. En effet, les niveaux argileux ont la capacité théorique d'adsorber l'uranium, aucune accumulation n'a été mesurée au droit des argiles vertes sur les analyses réalisées.

5.3.2 Contrôles mis en œuvre par Placoplatre

Dans le cadre du projet d'exploitation du gypse, Placoplatre a repris le suivi depuis avril 2015. Entre 2001 et 2015, le réseau initialement créé a évolué. C'est ainsi que ne subsistent que le PZB6 et le PZE au droit du Fort pour la nappe des calcaires de Brie.

En ce qui concerne les radioéléments présents dans l'eau, les résultats obtenus sont rassemblés ci-dessous.

Radiologie	Unité	PZB6			Source Malades
		19/11/2015	21/04/2016	11/10/2016	21/04/2016
Activité alpha globale	Bq/L	< 0.04	0.07	< 0.12	0.06
Activité beta globale	Bq/L	0.1	0.07	0.57	< 0.05
Uranium total	µg/L		< 1.0	< 1.0	< 1.0
Thallium 208	Bq/L	< 0.35	< 0.013	< 0.026	< 0.024
Plomb 210	Bq/L	< 4.28	< 0.11	< 0.27	< 0.21
Plomb 212	Bq/L	< 0.49	0.015	0.048	0.037
Plomb 214	Bq/L	< 1.76	0.039	0.084	0.136
Bismuth 214	Bq/L		0.045	0.131	0.191
Radium 226	Bq/L	0.06	0.041	0.105	0.153
Radium 228	Bq/L	< 1.35	< 0.056	0.124	0.093
Actinium 228	Bq/L		< 0.056	0.124	0.093
Thorium 230	Bq/L	< 37.9	< 1	< 2.3	< 1.9
Thorium 232	Bq/L	< 0.49	< 0.056	0.124	0.093
Thorium 234	Bq/L	< 3.66	< 0.1	0.3	< 0.19
Uranium 235	Bq/L		0.063	< 0.2	< 0.18
Uranium 238	Bq/L		< 0.1	0.3	< 0.19
Potassium 40	Bq/L	< 4.83	< 0.24	< 0.48	< 0.4

Ces mesures n'indiquent pas de présence anormale en uranium.

Concernant les eaux contenues dans la Fosse d'Aiguisy les mesures sont rassemblées dans le tableau suivant.

Radiologie	Unité	Fosse d'Aiguisy		
		19/11/2015	21/04/2016	11/10/2016
Activité alpha globale	Bq/L	0.28	0.62	0.28
Activité beta globale	Bq/L	1.32	0.88	0.94
Uranium total	µg/L		23.5	12.4
Thallium 208	Bq/L	< 0.30	< 0.015	0.038
Plomb 210	Bq/L	< 4.45	< 0.17	< 0.14
Plomb 212	Bq/L	< 0.46	0.017	0.042
Plomb 214	Bq/L	< 1.80	0.072	0.073
Bismuth 214	Bq/L	< 1.32	0.069	0.13
Radium 226	Bq/L	0.02	0.071	0.087
Radium 228	Bq/L	< 1.14	< 0.062	< 0.13
Actinium 228	Bq/L	< 1.14	< 0.062	< 0.13
Thorium 230	Bq/L	< 37.5	< 1.4	< 1.3
Thorium 232	Bq/L	< 0.46	< 0.062	< 0.13
Thorium 234	Bq/L	< 3.55	0.17	0.22
Uranium 235	Bq/L	< 3.43	< 0.12	< 0.14
Uranium 238	Bq/L	< 3.55	0.17	0.22
Potassium 40	Bq/L	< 4.66	0.63	0.66

Les résultats obtenus sur les eaux de la Fosse d'Aiguisy indiquent une activité α globale systématiquement supérieure à la valeur guide et une activité β globale supérieure à la valeur guide en novembre 2015 et proches de cette valeur guide pour les deux autres mesures.

Ces eaux résultent des ruissellements

La nappe de l'Eocène supérieur est suivie en deux points au droit du Fort de Vaujours.

Radiologie	Unité	PZE			S-02		
		08/12/2015	21/04/2016	20/10/2016	08/12/2015	21/04/2016	20/10/2016
Activité alpha globale	Bq/L	0.43	0.32	0.45	0.51	0.37	0.3
Activité beta globale	Bq/L	< 0.29	0.58	< 0.24	0.45	0.57	< 0.24
Uranium total	µg/L	12.7	14.3		16.2	15.3	
Thallium 208	Bq/L	< 0.19	< 0.028		< 0.02	< 0.026	
Plomb 210	Bq/L	< 0.18	< 0.27		< 0.21	< 0.14	
Plomb 212	Bq/L	< 0.022	0.040		< 0.024	< 0.026	
Plomb 214	Bq/L	< 0.034	0.092		0.043	< 0.046	
Bismuth 214	Bq/L	< 0.042	0.212		0.109	< 0.062	
Radium 226	Bq/L	< 0.042	0.154		0.07	< 0.062	
Radium 228	Bq/L	0.061	< 0.12		0.168	< 0.12	
Actinium 228	Bq/L	0.061	< 0.12		0.168	< 0.12	
Thorium 230	Bq/L	< 1.5	< 2.4		< 2.0	< 1.3	
Thorium 232	Bq/L	0.061	< 0.12		0.168	< 0.12	
Thorium 234	Bq/L	< 0.19	< 0.23		0.21	< 0.12	
Uranium 235	Bq/L	< 0.14	< 0.22	< 0.62	< 0.18	< 0.14	< 0.68
Uranium 238	Bq/L	< 0.19	< 0.23		0.21	< 0.12	
Potassium 40	Bq/L	< 0.33	0.95		< 0.36	< 0.59	

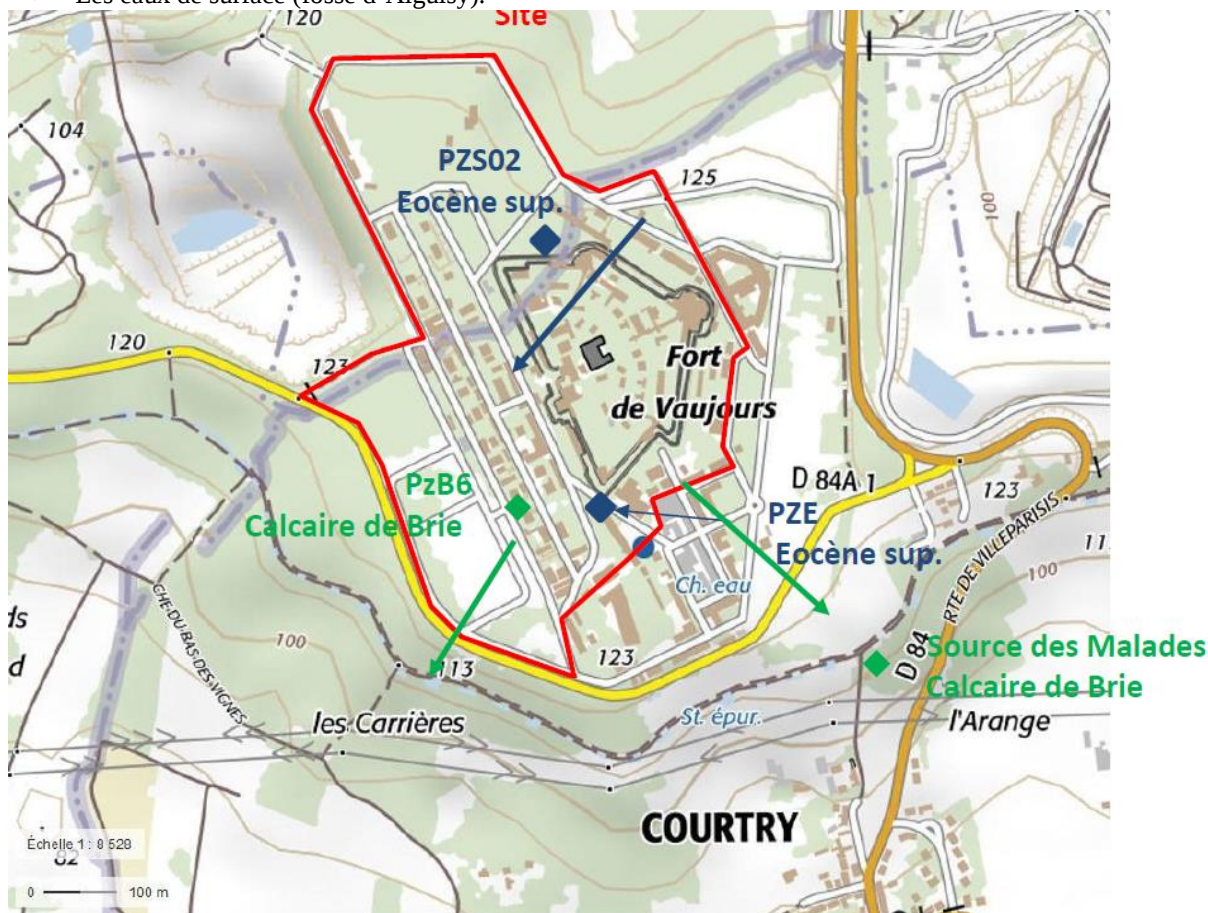
Les résultats obtenus sur les eaux du PZE et S-02 indiquent une activité α globale systématiquement supérieure à la valeur guide.

VI Réseau de surveillance

VI.1 Structure du réseau de suivi :

L'actuel réseau de surveillance porte sur :

- Sur les eaux de la nappe du calcaire de Brie,
- Sur les eaux de la nappe de l'Eocène supérieur,
- Les eaux de surface (fosse d'Aiguisy).



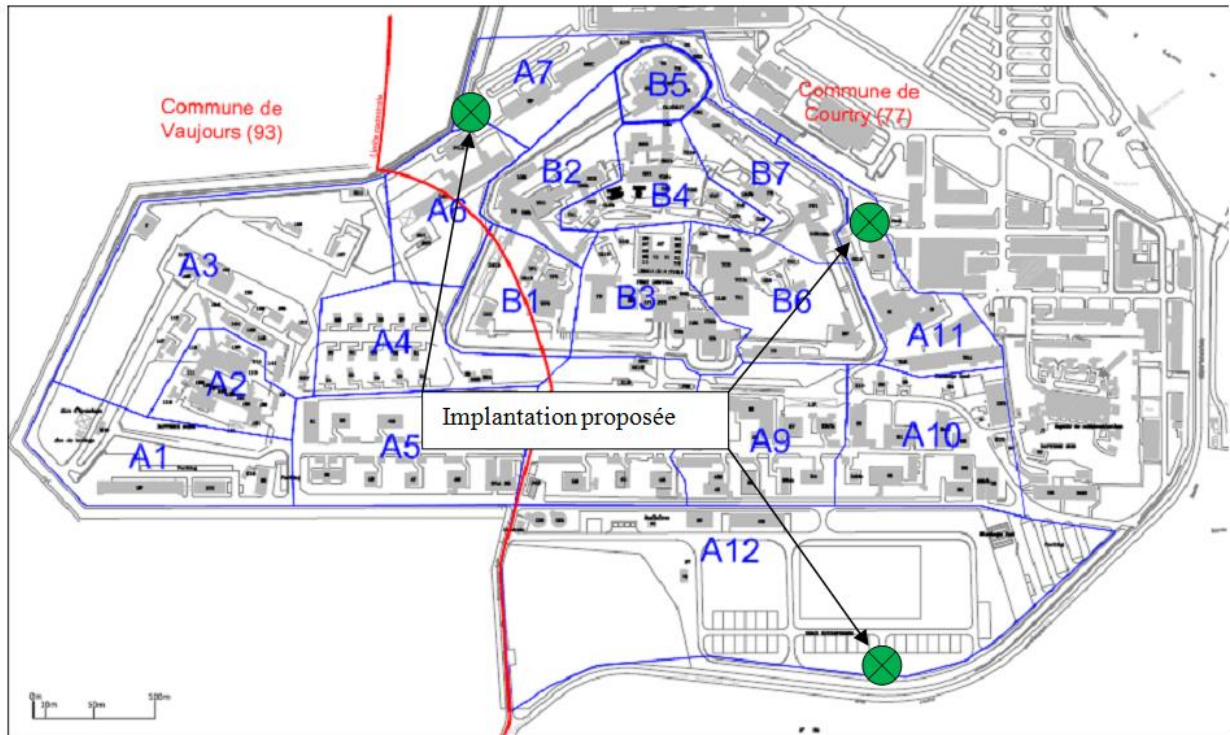
Réseau actuel de suivi

Concernant la nappe du Brie, il s'agit des ouvrages PZB6 et la source des Malades.

Pour la nappe de l'Eocène supérieur, il s'agit des ouvrages PZE et S-02.

Pour les eaux de surface, elles sont suivies au droit de la Fosse d'Aiguisy.

Il est proposé de renforcer le réseau de suivi pour la nappe des calcaires de Brie.



Implantations proposées pour le renforcement du réseau de suivi de la nappe des calcaires de Brie

Ces ouvrages permettront de préciser la piézométrie de la nappe et par conséquent le ou les sens d'écoulement.

De plus, il est proposé de suivre la source des Malades et la source J localisées sur la figure suivante. Ces sources se situent au niveau de colluvions.



Localisation des sources à suivre

La source localisée en bordure de route serait reliée à la source des Malades, par conséquent les eaux seront prélevées uniquement au droit de la source des Malades. En cas d'impossibilité de prélever de l'eau au droit de la source des Malades, les eaux seront prélevées au droit de la source en bordure de route.

Concernant la nappe de l'Eocène supérieur, il n'est pas proposé de point de suivi complémentaire. Il en est de même pour les eaux de surface.

En résumé, la structure du réseau de suivi sera la suivante :

- Eaux de surface : Fosse d'Aiguisy,
- Eocène supérieur : PZE et S-02,
- Calcaires de Brie : PZB6 plus 3 nouveaux piézomètres à créer,
- Colluvions : Source des Malades et source J.

VI.2 Suivi :

Le suivi proposé porte d'une part sur l'évolution des niveaux des nappes et sur les caractéristiques physico-chimiques des eaux.

En ce qui concerne le **suivi piézométrique**, il est recommandé de suivre l'évolution des niveaux pour les piézomètres. Des mesures ponctuelles ne permettent pas d'appréhender au mieux le fonctionnement des nappes ; c'est pourquoi il est préconisé la mise en place de capteurs de pression enregistrant les évolutions piézométriques. Ces capteurs permettent d'enregistrer les fluctuations, le pas d'acquisition sera d'une heure.

Les mesures automatiques seront contrôlées au moins deux fois par an par des mesures à l'aide d'une sonde manuelle.

En ce qui concerne le **suivi qualitatif**, il est proposé la réalisation de deux campagnes annuelles (une en hautes eaux et l'autre en basses eaux).

Les éléments recherchés porteront sur :

La **radioactivité** (activité β globale, activité α globale, Uranium et ses descendants et Tritium)

La physico-chimie :

Faciès de l'eau : pH, conductivité, MES, COT, Indice phénol, les formes de l'azote (nitrates, nitrites et ammonium), chlorures, sulfates, hydrogène carbonates, potassium, magnésium

Autres composés :

Métaux, HAP, Composés aromatiques, COHV, PCB, Hydrocarbures totaux avec recherche des fractions en cas de mesure au-dessus du seuil de détection, acide picrique, dinitrate de diéthylèneglycol, dinitrate d'éthylèneglycol, diphenylamine, hexogène, hexyle, nitroglycérine, octogène, penthrine, tétryle, 1,3 dinitrobenzène, 1,3,5 Trinitrobenzène, 2 Amino 4,6 dinitrotoluène, 2 nitrotoluène, 2,4 dinitrotoluène, 2,4,6 trinitrotoluène, 2,6 dinitrotoluène, 3 nitrotoluène, 4 amino 2,6 dinitrotoluène, 4 nitrotoluène, nitrocellulose N, perchlorates.

VII CONCLUSION

L'analyse des documents transmis ainsi que la consultation des données géologiques et hydrogéologiques confirment le fonctionnement hydrogéologique au droit du Fort de Vaujours.

Les eaux météoritiques s'infiltrèrent pour partie dans le premier niveau aquifère constitué par les calcaires de Brie. Le mur de cet aquifère est constitué par les argiles vertes qui présentent une perméabilité très faible ne permettant pas une percolation vers les horizons sous-jacents.

Les différentes mesures effectuées confirment ce raisonnement.

Les eaux contenues dans l'aquifère du calcaire de Brie s'évacuent par l'intermédiaire de sources localisées sur les flancs de la butte ainsi que de manière diffuse dans les colluvions.

En plus de ces écoulements naturels, les puits d'absorption créés à l'origine du Fort évacuent une partie de l'eau contenue dans la nappe des calcaires de Brie ainsi que les eaux de ruissellement.

Sous le Fort de Vaujours, différents aquifères existent. Les activités passées sur le site ne peuvent impacter ces aquifères dans la mesure où ils sont situés en profondeur et qu'ils ne sont pas en continuité hydraulique avec la nappe des calcaires de Brie. Les horizons situés entre les calcaires de Brie et les calcaires de Saint Ouen sont épais et peuvent être qualifiés d'imperméables (cf. les mesures de perméabilité).

Les pollutions résultant des activités militaires et d'expérimentations conduites par le CEA ont été localisées et ne peuvent atteindre ces différentes nappes.

Les différents captages AEP recensés ne peuvent être concernés par les activités passées du Fort de Vaujours en raison de la non communication hydrogéologique entre les terrains de surface et la formation captée, de plus ils sont situés en amont hydrogéologique.

Sur la base du fonctionnement hydrogéologique au droit du Fort de Vaujours, la mise en évidence de radioéléments dans les eaux notamment contenues dans l'aquifère des calcaires de Brie n'a pu être confirmée. Il est donc possible d'imaginer que les éventuelles pollutions des eaux par de l'uranium ont été évacuées en dehors du site par les exutoires naturels et artificiels.

Les différentes campagnes de mesure sur le site n'ont pas permis de mettre en évidence la présence de radioéléments se démarquant des teneurs habituelles constatées.

Les campagnes de mesure et de suivi de la qualité des eaux devront être maintenues et le réseau de suivi devra être complété par la création de 3 nouveaux piézomètres aux calcaires de Brie. Le suivi sur les eaux de l'Eocène supérieur sera maintenu.

L'ensemble des piézomètres (Brie, Saint Ouen) fera l'objet de deux campagnes d'analyses par an (hautes et basses eaux) selon le programme défini dans le présent avis.

Guermantes, le 12/11/2017



O.GRIERE
Hydrogéologue Agréé pour le
département de la Seine et Marne