

Abrotec

GROUPE HOSPITALIER SAINT JACQUES

**Reconstruction du Centre Hospitalier
ZA de la Route de la Paix**

LES ANDELYS (27)

Rapport n° : RN16 1239-1 indice 1

**ETUDE GÉOTECHNIQUE PREALABLE
PHASE PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION
(mission de type G1 ES + PGC)**

Géotechnique *Diagnostic*
Essais

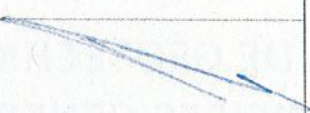
MISSION G1 ES+PGC

ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE

PHASE ETUDE DE SITE ET PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION

Ce dossier comprend :

- 1 rapport
- Annexe 1 : implantation des investigations in situ
- Annexe 2 : coupes des sondages et essais

Agence en charge du dossier : ABROTEC Normandie - Tél : 02 78 01 10 80 - Fax : 02 78 01 10 81				
Courriel : normandie@abrotec.fr				
Indice	Date	Chargé d'affaire / VISA	Contrôle interne / VISA	Observations
1	16/02/2017	Marine CHOUQUET	Jean-Luc BRIARD 	1 ^{ère} émission

SOMMAIRE

SITUATION DE L'ETUDE	4
PRESENTATION DE L'ETUDE	5
I. Définition de l'opération – Mission	5
I.1. Mission	5
I.2. Documents communiqués	5
I.3. Intervenants	6
II. Descriptions générales du projet, du site et de l'existant	6
II.1. Caractéristiques du projet	6
II.2. Existants	6
II.3. Historique du site	6
II.4. Contexte géologique	8
II.5. Risques naturels	9
RECONNAISSANCE DES SOLS	11
III. Programme de la reconnaissance	11
III.1. Sondages de reconnaissance	11
III.2. Essais mécaniques in situ	12
III.3. Equipement des sondages	12
III.4. Essais en laboratoire	13
RESULTATS DES INVESTIGATIONS	14
IV. Analyse géologique du site	14
V. Piézométrie – Niveau d'eau	14
VI. Essais en laboratoire	15
VI.1. Agressivité des sols et de la nappe vis-à-vis des bétons	15
VI.2. Test d'acceptation et Installation de Stockage pour Déchets Inertes (ISDI)	16
VII. Analyse et synthèse géomécaniques	19
VII.1. Analyse géomécanique	19
VII.2. Synthèse mécanique	19
VIII. Fondations des bâtiments démolis	20
RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES	21
IX. Synthèse générale	21
X. Adaptations au projet	21
XI. Réalisation des terrassements	22
XII. Précautions particulières de conception et d'exécution	22
XII.1. Fondations	22
XII.2. Eléments de structure	23
XIII. Protection des ouvrages vis-à-vis de l'agressivité de l'eau et des sols vis-à-vis du béton	23
XIV. Analyses pollution des sols	23
XV. Suites à donner	24
ALEAS GEOTECHNIQUES ET CONDITIONS CONTRACTUELLES	25

SITUATION DE L'ETUDE

Parcelles ZD 151, 152 et 162 et AN 209 – ZA de la route de la Paix – LES ANDELYS (27)

(extrait carte IGN et photographie aérienne - source Géoportail)



PRESENTATION DE L'ETUDE

I. Définition de l'opération – Mission

I.1. Mission

A la demande et pour le compte du GROUPE HOSPITALIER SAINT-JACQUES, ABROTEC a reçu pour mission de réaliser, dans le cadre du projet de « reconstruction du centre hospitalier », une étude géotechnique préalable sur un terrain situé rue de la Paix aux ANDELYS (27).

Cette mission a permis de définir :

- le modèle géologique préliminaire du site avec les risques associés ;
- les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'esquisse ;
- les principes de construction envisageables (ici, terrassements, fondations, assises des dallages, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants) ;
- les incertitudes résiduelles et les suites à donner.

Il s'agit d'une mission de type G1 phases ES/PGC, selon la norme NF P 94-500 (Version de Novembre 2013).

La présente étude ne comprend pas (liste non exhaustive) :

- les études de pollutions éventuelles (sols et nappe) ;
- les études pyrotechniques du sous-sol ;
- la recherche de vestiges anthropiques sur le site ;
- la reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de l'emprise des investigations ;
- le dimensionnement structure des fondations (largeur, ferrailage ...) qui reste à la charge d'un BET structure ;
- l'étude de stabilité des talus et l'étude des ouvrages de soutènements éventuels ;
- l'évolution dans le temps de l'hydrogéologie locale et la détermination des NPHE ;
- la stabilité des remblais existants ou le dimensionnement des ouvrages à mettre en œuvre pour l'assurer.

Elle est par ailleurs limitée par les hypothèses du projet qui nous ont été transmises au démarrage de notre mission.

I.2. Documents communiqués

Les documents afférents à cette étude sont :

Pour l'établissement du devis :

- lettre de consultation ;
- cahier des charges de la consultation.
- programme de l'opération pour les concepteurs.

Au démarrage de l'étude :

- commande basée sur notre devis référencé P-RN16 1239-1 version 1 du 09/11/2016.

1.3. Intervenants

Au moment de notre étude, les intervenants étaient les suivants :

Maitre d'ouvrage	Centre Hospitalier Saint-Jacques
Assistant Maitre d'ouvrage	SOCOFIT SAS

II. Descriptions générales du projet, du site et de l'existant

II.1. Caractéristiques du projet

II.1.a. Description du projet

Le projet consiste en la construction d'un ensemble de bâtiment d'environ 8000 m² sur 2 ou 3 niveaux.

II.1.b. Charges du projet

Les sollicitations ne nous ont pas été communiquées dans le cadre de notre mission. Elles sont estimées aux ELS, sous toutes réserves, par ABROTEC aux charges centrées verticales minimales de 500 kN/poteau et 300 kN/ml pour les murs porteurs ; les surcharges maximales sur dallages sont estimées à 10 kN / m² pour les niveaux bas.

II.2. Existants

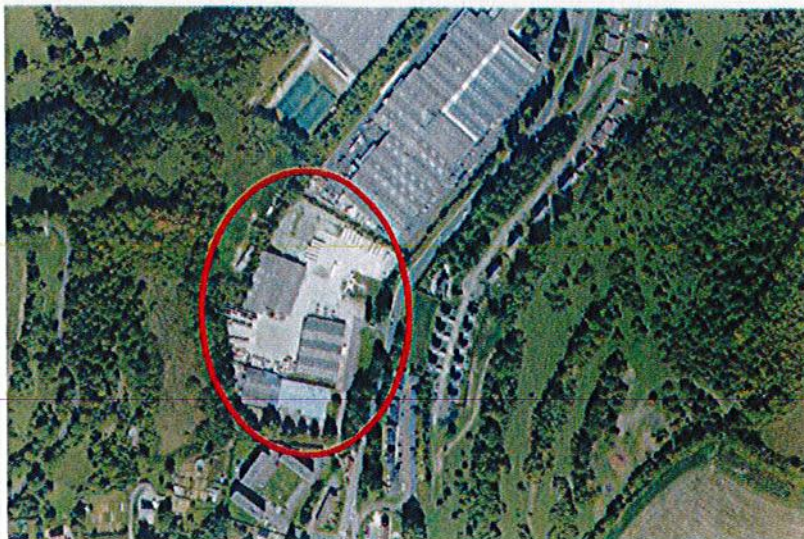
Au moment de notre intervention, l'ensemble des bâtiments avaient été démolis ; cependant des vestiges sont encore présents sur site (dalle, fondations ...).

Le site est relativement plat (cote 28 NGF environ d'après la carte IGN du secteur).

II.3. Historique du site

D'après l'étude des photographies aériennes (voir extraits ci-après issus de Géoportail), on observe que le site a subi d'importants travaux d'aménagements (constructions notamment).

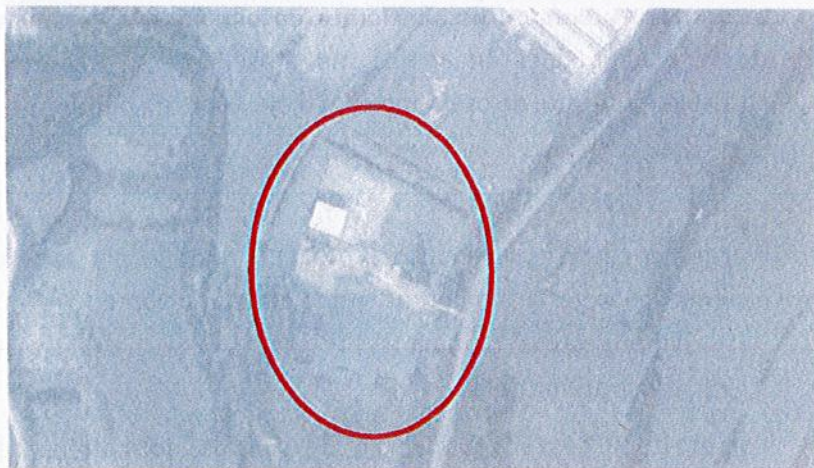
Vue récente



Vue du 12/05/1964
(le site semble partiellement
construit à l'est)



Vue du 22/03/1969
(des constructions sont visibles
en partie ouest de la parcelle)

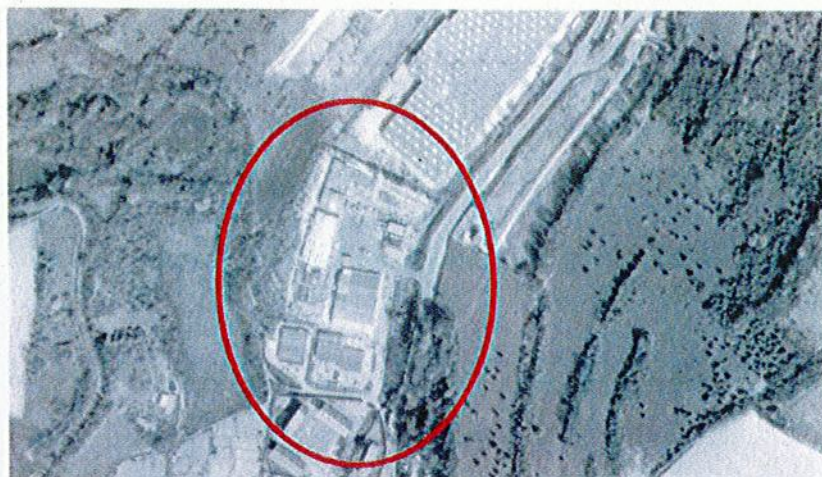


Vue du 06/06/1973
(de nouvelles constructions sont
observables)



Vue du 26/04/1984

(la configuration du site semble similaire à celle présente sur la photo la plus récente)



Il n'est pas référencé de site industriel ou de site pollué à proximité immédiate du projet dans les bases Basias et Basol du BRGM.

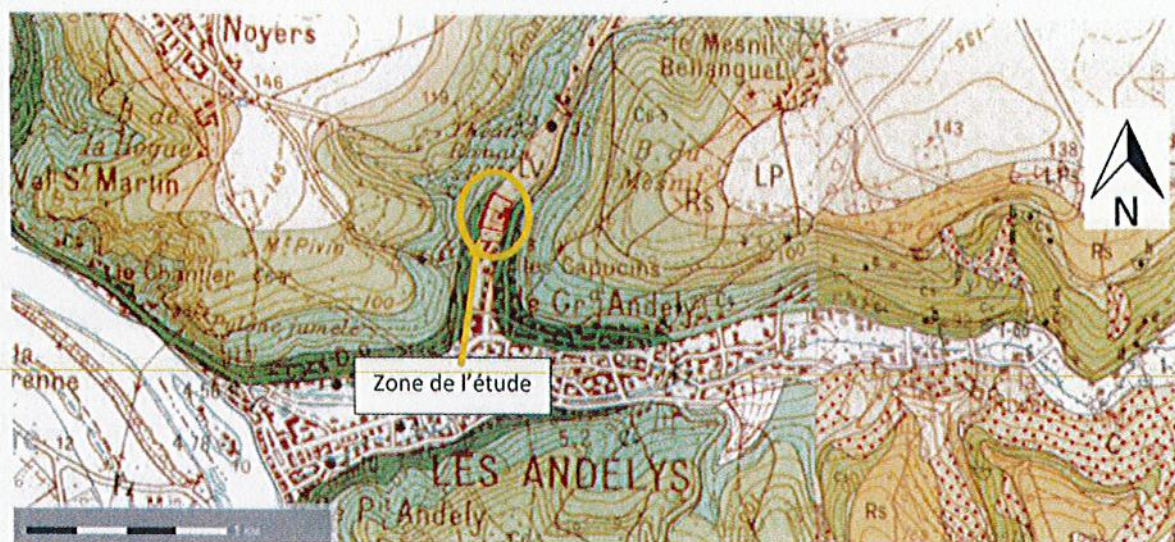
La dernière utilisation du site (outre un parking autocars actuel dans le quart nord-est et un stockage de bennes en limites sud et sud-ouest) était un magasin de bricolage avec, en particulier, une aire de préfabrication d'éléments en béton.

II.4. Contexte géologique

D'après la carte géologique des ANDELYS (éditée par le BRGM, échelle 1/50 000) et notre expérience locale, la géologie attendue était la suivante :

- limons de comblement (LV) ;
- substratum crayeux.

Compte tenu de l'environnement du site, ces formations peuvent être surmontées par des remblais anthropiques.



Extrait de la carte géologique (Infoterre)

II.5. Risques naturels

Ce chapitre est basé sur la consultation de sites internet gouvernementaux (site « Carmen » de la DREAL, DDTM, BRGM).

* Vis-à-vis de la prévention du risque sismique et au sens des décrets n° 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010, la zone d'implantation du projet se situe en zone 1, soit un aléa très faible pour lequel il n'y a pas de préconisations particulières.

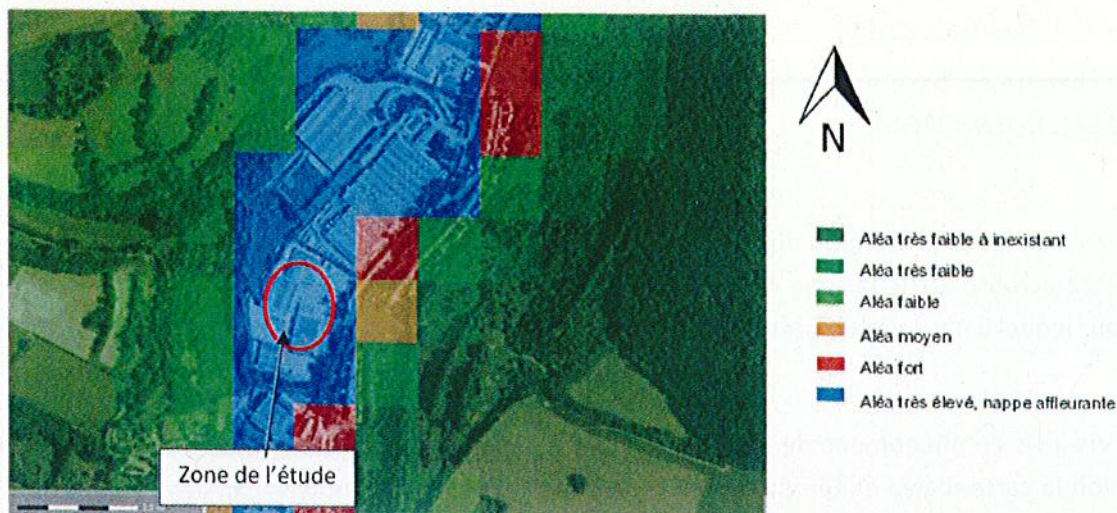
* Vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles, le site se trouve en zone d'aléa faible selon la carte d'aléa éditée par le B.R.G.M. consultable sur le site www.argiles.fr (date de mise à jour des données le 10/09/2013).



* Aucune cavité souterraine anthropique n'est référencée à proximité immédiate du site (source www.bdcavites.fr).

Cependant, il conviendra au Client/Concepteur du projet de s'informer auprès de la commune sur l'existence d'un plan de recensement officiel et de prendre le cas échéant les dispositions adéquates. ABROTEC reste à la disposition du client concernant ce paramètre.

* Vis-à-vis du phénomène de remontées des nappes, le site se trouve en zone d'aléa très élevé, nappe affleurante selon la carte consultable sur le site www.inondationsnappes.fr (date de mise à jour des données le 15/12/2011).



La commune des Andelys est inscrite dans le PPRI de la Seine, toutefois ces données ne sont pas accessibles.

Suivant la carte hydrogéologique du secteur (édité par le BRGM), le niveau de la nappe phréatique est situé vers la cote altimétrique +20 NGF dans le secteur du projet, soit à moins de 8.0 m sous le projet.

RECONNAISSANCE DES SOLS

III. Programme de la reconnaissance

Les investigations réalisées sont conformes à celles prévues initialement au contrat.

Le programme réalisé est présenté dans les tableaux qui suivent.

Le schéma d'implantation des investigations est joint en annexe n°1 et les résultats des sondages et essais sont joints en annexe n°2.

Le terme profondeur utilisé dans le présent rapport prend comme référence le niveau du sol actuel au droit de chacun des sondages.

III.1. Sondages de reconnaissance

Les sondages de reconnaissance suivants ont été réalisés :

Type de sondage	N° de sondage	Profondeur atteinte (m/TN actuel)
Sondage destructif paramétré au tricône de Ø 66 mm	FP1-PZ	20.1
	FP2	20.0
	FP3	20.1
	FP4	25.3
	FP5	20.0
	FP6	20.1
Fouille à la pelle mécanique	PM1	3.2
	PM2	3.2
	PM3	3.0
	PM4	2.5
Fouille pour reconnaissance de fondation (pelle mécanique)	PM4	2.5

Il est indiqué sur les coupes de forages destructifs paramétrés, les éléments suivants :

- coupe approximative des sols (les forages étant du type destructif, l'interprétation a été faite uniquement d'après l'examen des cuttings et des paramètres de forages) ;
- diagraphie des paramètres enregistrés :
 - VIA : vitesse instantanée d'avancement (m/h)
 - PO : pression appliquée sur l'outil de forage (bar)
 - PI : pression d'injection (bar)
 - CR : couple de rotation (bar)

Nota : Les feuilles de sondages peuvent également contenir des informations complémentaires dont les niveaux d'eau éventuels, les pertes de fluide d'injection, incident de forage, etc.

Il est indiqué sur les puits de reconnaissance à la pelle, les éléments suivants :

- coupe détaillée des sols ;
- prélèvements d'échantillons remaniés ;
- observations à l'ouverture de la fouille ;
- photographie du puits.

Il est indiqué sur les relevés des fouilles sur fondation, les éléments suivants :

- la coupe du sol ;
- les dimensions des fondations existantes reconnues sous forme d'un schéma illustré d'une photographie.

III.2. Essais mécaniques in situ

En complément, les essais in situ suivants ont été réalisés :

Type d'essai mécanique in situ	N° de sondage	Nombre d'essais
Essai pressiométrique - norme NF P 94-110-1	FP1-PZ	6
	FP2	4
	FP3	4
	FP4	7
	FP5	4
	FP6	4

Les résultats des essais pressiométriques sont portés sur les coupes de forage, avec pour chaque essai :

- module pressiométrique E_m (MPa)
- pression limite nette pl^* (MPa)
- pression de fluage nette pf^* (MPa)
- rapport E_m/pl^*

III.3. Equipement des sondages

Les sondages notés FP1-PZ ont été équipés de tubes piézométriques pour le relevé du niveau statique de la nappe. Le détail de ces équipements est repris dans le tableau ci-dessous :

Sondage de référence	Dénomination	Profondeur (m)	Diamètre intérieur (mm)	Hauteur tube plein (m)	Hauteur tube crépiné (m)	Type de protection de tête
FP1	PZ	0 à 12	45	0 à 3	3 à 12	bouche à clef

Il est à noter qu'aucun suivi dans le temps du piézomètre installé sur le site n'est prévu dans le cadre de cette étude. Nous restons cependant à la disposition du client pour toute demande particulière sur ce point.

III.4. Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire suivants ont été réalisés, conformément à notre offre :

Analyse chimique	Sondage	Nombre	Norme
Mesure de l'agressivité des sols vis-à-vis des bétons, comprenant : - mesure du dosage en sulfates, mesure de l'acidité Baumann Gully	PM2 FP3	1 1	EN 206-1
Mesure de l'agressivité de la nappe vis-à-vis des bétons, comprenant : - mesure du pH, résistivité, cations, anions, titre alcalimétrique (TA/TAC), CO2 agressif	FP1-PZ	1	EN 206-1
Test d'acceptation et Installation de Stockage pour Déchets Inertes (ISDI) comprenant : - sur brut de l'échantillon : COT (Carbone Organique total), BTEX, PCB (7 congénères), Hydrocarbures totaux (C10 à C40), HAP. - sur lixiviat d'échantillon : 12 métaux lourds (As, Ba, Cd, Cr total, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn), Chlorures, Fluorures, Sulfates, Indice phénol, COT (Carbone Organique Total), FS (Fraction Soluble).	PM2 PM3 PM1	2 2 1	Arrêté du 12 décembre 2014

RESULTATS DES INVESTIGATIONS

IV. Analyse géologique du site

L'ensemble des résultats permet de dresser la coupe géotechnique schématique ci-après (sous la dalle béton d'épaisseur 20 cm environ le cas échéant) :

- R / des **remblais** divers, reconnus jusqu'à 0.6 à 2.7 m de profondeur ;
- H1 / des **limons marron plus ou moins sableux à silex**, reconnus jusqu'à 5.7 à 8.5 m de profondeur ;
- H2 / des **graves limoneuses**, reconnues jusqu'à 7.6 à 10.0 m de profondeur ;
- H3 / le **substratum crayeux**, reconnu jusqu'à l'arrêt des sondages, soit à plus de 25.0 m de profondeur.

Remarques :

- l'épaisseur des différents horizons peut varier notablement d'un point à un autre du terrain étudié ;
- les remblais sont susceptibles de contenir des éléments de toute nature et des blocs de toute taille et des surépaisseurs peuvent être rencontrées en tout point du site ;
- la description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes d'une part à la faible cohésion des sols sous nappe (difficultés de remontée de matériaux) et, d'autre part, au caractère aveugle des sondages pénétrométriques ;
- la description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes d'une part à la méthode de forage en destructif et, d'autre part, à la faible cohésion des sols sous nappe (difficultés de remontée de matériaux) ;
- les sondages destructifs ne permettent pas de caractériser objectivement les remblais et notamment de donner une indication sur les dimensions de blocs éventuels.

V. PIEZOMETRIE – NIVEAU D'EAU

Des niveaux d'eau ont été relevés entre 7.5 et 9.9 m de profondeur au droit des sondages à l'issue de leur réalisation.

Les forages ayant été réalisés avec injection de boue, les niveaux mesurés peuvent être faussés par la présence résiduelle du fluide d'injection.

VI. Essais en laboratoire

VI.1. Agressivité des sols et de la nappe vis-à-vis des bétons

2 échantillons de sols et 1 échantillon de la nappe ont été prélevés à des fins d'analyse en laboratoire concernant l'agressivité des sols et de la nappe vis-à-vis des bétons.

Les analyses sont réalisées pour répondre aux exigences de la norme EN 206-1, comprenant :

- Sur échantillon « Sol », la mesure du dosage en sulfates et de l'acidité Baumann Gully.
- Sur échantillon « Eau », la mesure du pH, résistivité, cations, anions et CO₂ agressif.

Les résultats de ces analyses figurent dans les tableaux ci-après.

→ ANALYSE SUR EAU

Caractéristique chimique	Seuils (Norme NF EN 206-1)			Echantillon FP1-PZ1	
	XA1	XA2	XA3	Résultats bruts	Environnement
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	≥ 200 et ≤ 600	>600 et ≤ 3 000	>3 000 et ≤ 6 000	11	< XA1
pH	≤ 6,5 et ≥ 5,5	≤ 5,5 et ≥ 4,5	<4,5 et ≥ 4,0	7.2	
CO ₂ agressif (mg/l)	≥ 15 et ≤ 40	>40 et ≤ 100	>100 jusqu'à saturation	< 1	
NH ₄ ⁺ (mg/l)	≥ 15 et ≤ 30	>30 et ≤ 60	>60 et ≤ 100	0.19	
Mg ²⁺ (mg/l)	≥ 300 et ≤ 1 000	>1 000 et ≤ 3 000	>3 000 jusqu'à saturation	45	

→ ANALYSE SUR SOL

Caractéristique chimique	Seuils (Norme NF EN 206-1)		
	XA1	XA2	XA3
SO ₄ ²⁻ (mg/kg) ^{a)} total	≥2 000 et ≤3 000 ^{b)}	>3 000 ^{b)} et ≤12 000	>12 000 et ≤24 000
Acidité (ml/kg)	>200 Baumann Gully	N'est pas rencontré dans la pratique	

a) Les sols argileux dont la perméabilité est inférieure à 10⁻⁵ m/s peuvent être classés dans une classe inférieure.

b) La limite doit être ramenée de 3 000 mg/kg à 2 000 mg/kg, en cas de risque d'accumulation d'ions sulfate dans le béton due à l'alternance de périodes sèches et de périodes humides, ou par remontée capillaire.

Caractéristique chimique	Echantillon PM2 0.3-0.7 / formation R		Echantillon FP3 0.2-2.7 / formation R	
	Résultats bruts	Environnement	Résultats bruts	Environnement
SO ₄ ²⁻ (mg/kg) ^{a)} total	8 700	XA2	690	< XA1
Acidité (ml/kg)	7		< 2	

Légende Environnement (=classe d'environnement) : XA1 : faible agressivité chimique

XA2 : agressivité chimique modérée

XA3 : forte agressivité chimique

VI.2. Test d'acceptation et Installation de Stockage pour Déchets Inertes (ISDI)

Les essais de laboratoire suivants ont été réalisés sur les échantillons de sols :

- teneur en substances volatiles (BTEX, hydrocarbure volatils et COHV) ;
- teneur en substances non volatiles (HAP, hydrocarbures totaux et métaux toxiques) ;
- recherche sur un large spectre de molécules.

La liste des produits à analyser sont :

- métaux sur brut (antimoine, arsenic, baryum, cadmium, chrome, cuivre, mercure, molybdène, nickel, plomb, sélénium, zinc) ;
- HCT-CPG – Huiles minérales (C10-C16, C16-C22, C22-C30, C30-C40, huile minérale (somme C10-C40) ;
- Hydrocarbures Aromatiques Aliphatiques (HAP) (naphtalène, acénaphthylène, acenaphtène, fluorène, phenanthrène, anthracène, fluoranthène,...) ;
- polychlorobiphényles (PCB) (PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB180, PCB – somme des 7 composés) ;
- hydrocarbures mono-aromatiques (benzène, ethylbenzène, toluène, o-Xylène, m+p-Xylène, xylènes (somme), styrène..) ;
- COHV (chlorométhane, dichlorométhane, chlorure de vinyle, 1,1 dichloroéthylène, hexachlorobutadiène..) ;
- Chlorobenzènes (monochlorobenzène, 1,2-dichlorobenzène, 1,3-dichlorobenzène..) ;
- autre (chlorure, fluorure, nitrate, nitrite, Orthophosphate, Sulfate, Carbone organique total, indice phénol).

Les analyses chimiques ont été confiées au laboratoire WESSLING agréé COFRAC et basé à Villebon-Sur-Yvette (91).

Les résultats des analyses sont récapitulés dans les tableaux ci-dessous.

Ces analyses ont été réalisées conformément à l'annexe II de l'arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées (test d'acceptation et Installation de Stockage pour Déchets Inertes (ISDI)).

Les tableaux suivants font la synthèse des résultats en mettant en évidence les anomalies (dépassements).

TESTS SUR LIXIVIAT (1/2)

Description		ISDI / Valeur fixée par l'arrêté du 12 décembre 2014	PM1	PM2	PM2	PM3	PM3
			0.2/0.6 m	0.3/0.7 m	0.7/1.0 m	0.4/0.6m	0.6/1.0 m
			R. : Remblais	R. : Remblais	H1. : Limon	R. Remblais	H1. Limon
pH		/	8.8	7.6	8.3	8.0	8.1
Conductivité (25°C)	µS/cm	/	63	1300	140	150	160
COT	mg/kg MS	500	< 27	46	30	100	< 27
Fluorures	mg/kg MS	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Fraction soluble	mg/kg MS	4 000*	< 1 000	17 000	1 100	1 300	< 1 000
Chlorures	mg/kg MS	800*	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Sulfates	mg/kg	1 000*	< 100	11 000	550	460	380
Phénol (indice)	mg/kg	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Antimoine	mg/kg	0.06	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Arsenic	mg/kg	0.5	0.09	< 0.03	0.03	0.08	0.03
Baryum	mg/kg	20	0.07	0.24	0.06	0.13	0.06
Cadmium	mg/kg	0.04	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015
Chrome	mg/kg	0.5	< 0.05	< 0.15	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Cuivre	mg/kg	2	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.06	< 0.05
Mercuré	mg/kg	0.01	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Plomb	mg/kg	0.5	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Molybdène	mg/kg	0.5	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Nickel	mg/kg	0.4	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Sélénium	mg/kg	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Zinc	mg/kg	4	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5

* : si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées par le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.

TESTS SUR BRUTS (2/2)

Description		ISDI / Valeur fixée par l'arrêté du 12 décembre 2014	PM1	PM2	PM2	PM3	PM3
			0.2/0.6 m	0.3/0.7 m	0.7/1.0 m	0.4/0.6m	0.6/1.0 m
			R. : Remblais	R. : Remblais	H1. : Limon	R. Remblais	H1. Limon
Matière sèche	%	/	88.7	81.1	82.2	82.6	82.1
COT	mg/kg	30 000**	4 000	9 600	5 600	12 000	4 800
CAV totaux	mg/kg	6	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
Benzène	mg/kg	/	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Toluène	mg/kg	/	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Ethylbenzène	mg/kg	/	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
m-,p-xylène	mg/kg	/	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
o-xylène	mg/kg	/	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cumène	mg/kg	/	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
m-,p-ethyltoluène	mg/kg	/	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Mésitylène	mg/kg	/	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
o-ethyltoluène	mg/kg	/	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
pseudocumène	mg/kg	/	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Hydrocarbures totaux C10- C40	mg/kg MS	500	200	< 10	< 10	< 10	< 10
HAP totaux (16)	mg/kg	50	+/-	0.18	0.036	+/-	+/-
Naphtalène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Acénaphtylène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Acénaphène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Fluorène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Phénanthrène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Anthracène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Fluoranthène	mg/kg	/	< 0.03	0.074	0.036	< 0.03	< 0.03
Pyrène	mg/kg	/	< 0.03	0.049	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Benzo(a)anthracène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Chrysène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg	/	< 0.03	0.062	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Benzo(a)pyrène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Dibenzo(ah)anthracène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Indémo(123-cd)pyrène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Benzo(ghi)pérylène	mg/kg	/	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
PCB totaux (7)	mg/kg	1	-/-	-/-	-/-	+/-	+/-
PCB n° 28	mg/kg	/	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
PCB n° 52	mg/kg	/	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
PCB n° 101	mg/kg	/	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
PCB n° 118	mg/kg	/	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
PCB n° 138	mg/kg	/	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
PCB n° 153	mg/kg	/	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
PCB n° 180	mg/kg	/	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

-/- : non mesurable

** : pour les sols, une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur lixiviat, soit au pH du sol, soit un pH situé entre 7.5 et 8.0.

Commentaire :

On constate un dépassement par rapport aux seuils fraction soluble et sulfates pour les analyses sur lixiviat pour le prélèvement effectué entre 0.3 et 0.7 m de profondeur en PM2. Il conviendra de procéder à un maillage dans ce secteur afin de réaliser d'autres analyses de ce type permettant de préciser cette anomalie (probablement ponctuelle).

Concernant le reste des analyses, on ne constate aucun dépassement par rapport aux seuils « matériaux inertes » pour les analyses sur lixiviat et sur brut.

VII. Analyse et synthèse géomécaniques

VII.1. Analyse géomécanique

Le tableau qui suit résume, pour chaque faciès testé, les principaux résultats des essais pressiométriques.

Il convient de rappeler que des variations horizontales et/ou verticales inhérentes au passage d'un faciès à un autre sont toujours possibles mais difficiles à détecter en sondage. **De ce fait, les caractéristiques gardent un caractère représentatif, mais jamais absolu.**

Horizon	Base de l'horizon (m/TN actuel)	Nbr d'essais	Pression Limite nette p_l^* (MPa)				Module Pressiométrique E_M (MPa)		
			Min	Max	Moy _{ar}	σ	Min	Max	Moy _{ha}
R – Remblais	0.6 à 2.7	3	0.41	0.90	0.64	0.25	1.8	10.6	3.1
H1 – Limons	5.7 à 8.5	20	0.31	0.95	0.59	0.15	1.2	10.2	4.3
H2 - Graves	7.6 à 10.0	Non testé (assez faible épaisseur)							
H3 – Craie	> 25.0	6	1.31	4.37	2.66	0.99	7.9	57.2	18.5

Moy_{ar} : Moyenne arithmétique Moy_{ha} : Moyenne harmonique σ : Ecart type

VII.2. Synthèse mécanique

On ne retiendra pas de profil géomécanique à ce stade de l'étude car ceci est l'objet des missions G2 ; on peut cependant, sur la base des études ci-avant et de notre connaissance locale, définir le profil simplifié du tableau suivant en tenant compte des qualités des sols et qui nous permettront de guider les choix du projet.

Horizon	Base de l'horizon (m/TN actuel)	« Résistance »	Compressibilité	Cohésion
R – Remblais	0.6 à 2.7	Variable, faible	Variable, élevée	Mauvaise
H1 – Limons	5.7 à 8.5	Assez faible	Variable, élevée localement	Assez faible
H2 - Graves	7.6 à 10.0	A priori élevée	A priori faible	Mauvaise
H3 – Craie	> 25.0	Moyenne à élevée	Faible	Moyenne

VIII. Fondations des bâtiments démolis

Des vestiges de fondations sont présents sur l'ensemble du site ; ils ont été étudiés plus spécifiquement au droit du sondage PM4.

A priori, le bâtiment anciennement présent sur le site était fondé par l'intermédiaire de fondations superficielles de type massif isolé ancré de 1.2m/TN. Le sol d'assise de la fondation correspond à l'horizon limoneux à silex H1.

Il y a été mis en évidence deux plots de 1 m x 2 m accolés (limite entre 2 bâtiments).

RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES

IX. Synthèse générale

De l'analyse des éléments précédents, il ressort les points principaux ci-après :

- le projet consiste en la construction d'un bâtiment de 8000 m² sur 2 ou 3 niveaux ;
- les sollicitations sur les fondations sont estimées au minimum à 50 tonnes sur appuis isolés, 30 tonnes/ml sur appuis continus et 1 tonne/m² sur le niveau bas ; en fonction de l'architecture du bâtiment (et notamment des portées entre appuis), ces sollicitations peuvent être beaucoup plus élevées ;
- les sondages ont mis en évidence des remblais sur une épaisseur variant de 0.6 à 2.7 m. Des limons de faible compacité sont reconnus entre 5.7 et 8.5 m de profondeur. Des graves limoneuses peu épaisses voire absentes mais compactes sont ensuite observées jusqu'à 7.6 à 10.0 m de profondeur. Le substratum crayeux, de compacité moyenne à élevée, est reconnu à partir de 5.7 à 10.0 m de profondeur et jusqu'à l'arrêt des sondages, soit à plus de 25.0 m de profondeur ;
- un niveau d'eau a été observé à une profondeur variant entre 7.5 et 9.9 m/TN ;
- il n'est pas mis en évidence de pollution majeure ; quelques contrôles seront cependant à opérer, la présente étude n'étant pas exhaustive à ce stade.

X. Adaptations au projet

Le projet consiste à construire 1 bâtiment de 8000 m² sur 2 ou 3 niveaux. Pour ce type de bâtiment, des galeries techniques peuvent être envisageables.

La problématique réside dans la recherche d'une assise « homogène et stable » qui pourra faire office de sol d'ancrage des fondations pouvant reprendre les charges, vraisemblablement moyennes à importantes.

Compte tenu de la forte hétérogénéité des sols en tête (présence de remblais sur une épaisseur plus ou moins importante), il conviendra de s'orienter vers une solution de fondations superficielles à semi-profondes de type semelles filantes ou isolées en cas de charges modérées (contrainte admissible aux ELS de l'ordre de 0.15 MPa ou 1.5 bars en première approche).

Dans le cas de charges très importantes, il conviendra de s'orienter vers une solution de fondations profondes de type pieux ancrés dans la craie (à une profondeur d'une douzaine de mètres, à vérifier selon les charges).

La réalisation d'un sous-sol n'est pas recommandée dans cet axe de ruissellement mais une galerie technique enterrée (étanchée) est envisageable. Un suivi piézométrique complémentaire permettra de juger du risque d'inondabilité (temporaire) de cette galerie.

Concernant l'assise du niveau bas, les horizons superficiels peuvent permettre la réalisation d'un dallage sur terre-plein en l'état ou après travaux de plateforme selon le projet.

Il faudra également tenir compte de la présence de vestiges de fondations enterrés et d'une plateforme actuelle constituée majoritairement de dalles béton.

En fonction du calage altimétrique du niveau bas et des voiries, compte tenu de l'historique du site, on pourra envisager la réutilisation partielle de ces dalles comme support (avec grenaillage ou rabotage préalable et rechargement par exemple). La structure pourra également être reconstituée après démolition/concassage.

Il convient de noter l'importance des parties imperméabilisées à ce jour ; un réseau pluvial important paraît être cependant en place et pourrait être réutilisé sous réserve d'un diagnostic préalable favorable.

XI. Réalisation des terrassements

Les travaux de terrassement envisagés consisteront en la réalisation des fouilles de fondation.

Compte-tenu de la nature du sol, les terrassements pourront être réalisés avec des moyens traditionnels. Toutefois, la présence de vestiges de fondations ou la présence de dalle en béton nécessitera l'emploi d'un BRH.

Les remblais ont une épaisseur peu importante (moins d'un mètre en général) mais peuvent être localement plus épais (fosses ? ...).

En cas d'arrivées d'eau dans les fouilles superficielles (possibles en périodes pluvieuses), elles devront être pompées et évacuées hors des fouilles.

XII. Précautions particulières de conception et d'exécution

XII.1. Fondations

Si des fondations doivent être fondées à des niveaux différents, on respectera la règle des 3H/2V (condition de redan), à moins de dispositions particulières. Ce paramètre est à respecter entre les arêtes de fondations existantes et celles projetées, ainsi qu'entre deux fondations mitoyennes projetées.

Afin d'assurer la protection contre le gel et la dessiccation des sols, la hauteur minimale d'encastrement sera d'au moins 0.8 m sous le terrain naturel extérieur fini.

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique, si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

XII.2. Eléments de structure

Dans tous les cas où deux parties d'un même bâtiment seraient fondées de façon différente, ou encore présenteraient un nombre de niveaux sensiblement différent, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels qui risqueraient de se produire. Dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage, y compris les fondations elles-mêmes.

Il en sera de même pour les ouvrages construits à des périodes différentes.

Les éventuelles parties du projet de charges différentes devront être séparées par un joint de rupture.

XIII. Protection des ouvrages vis-à-vis de l'agressivité de l'eau et des sols vis-à-vis du béton

D'une manière générale, les résultats des analyses montrent des taux inférieurs aux seuils fixés par la norme EN 206-1. En conséquence, aucune exigence particulière n'est à priori, à entreprendre sur la formulation du béton (classe d'environnement inférieure à XA1) pour la majorité des cas.

Cependant, une certaine agressivité des remblais a été observée ponctuellement (PM2, classe XA2). Une substitution ponctuelle peut être une solution le cas échéant (en alternative à l'emploi d'un béton spécifique).

XIV. Analyses pollution des sols

Le prélèvement effectué en PM2 entre 0.3 et 0.7 m de profondeur a montré des traces de pollution aux sulfates.

Cette anomalie paraît ponctuelle mais il conviendra de réaliser quelques vérifications lorsque le projet sera implanté pour prévoir d'éventuelles sujétions.

XV. Suites à donner

La présente étude s'inscrit dans le cadre d'une étude géotechnique préalable phase principes généraux de construction (G1 ES+PGC). Conformément à la norme sur les missions géotechniques, il conviendra de poursuivre les études géotechniques, lorsque le projet sera défini (position, calage altimétrique des niveaux bas, descentes de charges) et à l'appui d'un plan topographique actuel précis, par une mission de type G2 AVP puis PRO permettant de vérifier les éléments suivants :

- affiner les caractéristiques géomécaniques des horizons à prendre en considération pour les calculs de capacité portante des fondations superficielles ou profondes ;
- le dimensionnement des fondations (et la valeur ainsi que l'admissibilité des tassements) selon les descentes de charge réelles ;
- de suivre l'évolution du niveau de nappe dans le temps sur une période représentative dans le but de déterminer le niveau des plus hautes eaux ;
- vérifier de manière complémentaire la présence d'une éventuelle pollution ponctuelle ;
- déterminer la constitution des niveaux bas et des voiries ;
- déterminer le devenir des eaux pluviales (diagnostic du réseau existant notamment).

Abrotec reste à la disposition du maître d'ouvrage pour réaliser cette étude.

Par la suite, toute anomalie (indice de cavité, présence des remblais) devra être signalée à ABROTEC pour d'éventuelles adaptations ou missions de diagnostic supplémentaires. De manière générale, il conviendra de réaliser des contrôles sur tous les chantiers en phase travaux (fond de fouille, remblayage). Ils s'intégreront dans le cadre du suivi de chantier (mission G3 ou G4). Abrotec reste à la disposition du maître d'ouvrage pour réaliser ce suivi.

ALEAS GEOTECHNIQUES ET CONDITIONS CONTRACTUELLES

1. Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite suite à une communication ou reproduction partielle ne saurait engager ABROTEC.
2. Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance de la construction ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie "*Présentation*" du présent rapport peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à ABROTEC afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
3. De même, des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemple : hétérogénéité localisée, venues d'eau, etc.) peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.
4. Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéité locale) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
5. Ce rapport vient clôturer la mission G1 qui nous a été confiée pour cette affaire.
Cette étude géotechnique ne peut en aucun cas être utilisée comme document de conception au stade exécution.
Nous attirons l'attention du Maître d'Ouvrage sur la nécessité de réaliser les missions successives G2 AVP, G2 PRO, G2 DCE/ACT, G3 (à la charge de l'entrepreneur) et G4 dans l'enchaînement prévu par la norme NF P 94-500.
ABROTEC reste entièrement à la disposition du Maître d'Ouvrage pour la réalisation de ces missions en phase de conception puis d'exécution.

ANNEXES
