



**Ville de Pantin**  
**84/88 avenue du Général Leclerc**  
**93 500 PANTIN**

*Projet d'ECO QUARTIER, rue du Cartier BRESSON (93500 PANTIN)*

**RAPPORT D'ETUDE**  
**GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE**  
**DE SITE**  
**(missions G11)**

DOSSIER : N° C12.5327			Pièce n° 01		
Indice	Date	Observations - Modifications	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
B	25/01/2013	Diffusion après réunion pour les systèmes de récupération des eaux pluviales – Modification des conclusions	G.FOLIE		C.GARCIA
A	21/12/2012	Diffusion après contrôle interne.	L. FENECH	G. FOLIE	M. JM GALLET DE ST AURIN
0	18/12/2012	Contrôle interne - relecture.			

Nbre de pages	31	Nbre d'annexes	10	Nbre de plan(s)	2
---------------	----	----------------	----	-----------------	---

---



---

# SOMMAIRE

---



---

<b>1 - Généralités .....</b>	<b>3</b>
1.1 - Objet du rapport .....	3
1.2 - Description du projet – Eléments de base .....	3
<b>2 - Etude Géotechnique préliminaire (Mission G11) .....</b>	<b>4</b>
2.1 - Site et contexte géologique .....	4
2.1.1 - Description sommaire du site .....	4
2.1.2 - Contexte géologique .....	6
2.1.3 - Contexte hydrogéologique.....	8
2.1.4 - Risque et aléas.....	9
2.2 - Investigations géotechniques.....	11
2.2.1 - Généralités.....	11
2.2.2 - Résultats des investigations.....	12
2.3 - Hydrogéologie.....	19
2.4 - Anomalies de compacité et de dissolution du gypse Anté-ludien .....	20
2.5 - Coupe synoptique de tous les sondages réalisés lors des deux campagnes de sondages.....	21
2.6 - Contexte lié à la présence de dissolutions antéludiennes.....	22
<b>3 - Recommandation géotechniques .....</b>	<b>25</b>
3.1 - Recommandations vis-à-vis des démolitions.....	25
3.2 - Recommandations vis-à-vis des fondations .....	25
3.3 - Recommandations vis-à-vis de la protection contre l'eau.....	27
<b>4 - Recommandations concernant les ouvrages d'infiltration .....</b>	<b>28</b>
4.1 - Généralité.....	28
4.2 - Ouvrages prévus dans le cahier des charges du projet.....	28
4.3 - Examen des solutions envisagées dans le cahier des charges .....	31

## **Annexes :**

**Annexe 1 : Plan de situation**

**Annexe 2 : Plan d'implantation**

**Annexe 3 : Description des techniques de sondages**

**Annexe 4 : Résultats des sondages destructifs et mesures Gamma-Ray de la première campagne de sondages**

**Annexe 5 : Résultats des sondages destructifs, pressiométriques et mesures Gamma-Ray de la deuxième campagne de sondages**

**Annexe 6 : Résultats des sondages carottés de la première campagne de sondages**

**Annexe 7 : Résultats des sondages carottés de la deuxième campagne de sondages**

**Annexe 8 : Coupe synoptique du terrain**

**Annexe 9 : Fiche d'infiltration**

**Annexe 10 : Missions Géotechniques**



# 1 - Généralités

## 1.1 - Objet du rapport

Dans le cadre du marché à bon de commande et pour le compte de la Ville de Pantin 93 – 84/88 avenue du Générale Leclerc à PANTIN (93) –SEMOFI a réalisé une campagne d'investigations géotechniques complémentaire, dans le cadre du projet de réalisation d'un Eco Quartier entre les rues Cartier Bresson et Edouard Vaillant à PANTIN (93).

<b><u>Objets et Objectifs de la reconnaissance</u></b>	<b><u>Mission de SEMOFI</u></b>
<p><b><u>Projet :</u></b></p> <p><b><i>Réalisation d'un Eco Quartier.</i></b></p> <p><b><u>Gypse anté-ludien :</u></b>  <b><i>Terrain situé dans le périmètre de protection déterminé par arrêté inter-préfectoral demandant la recherche de poche de dissolution du gypse.</i></b></p> <p><b><u>Objectifs :</u></b></p> <p>Rechercher la présence éventuelle d'anomalies du sol dans les formations antéludiennes.</p> <p>Recherche la présence de banc de gypse.</p> <p>Définir la nécessité ou non d'entreprendre des travaux de consolidations du sol et la nature des travaux.</p> <p>Définir les éventuelles adaptations des fondations pour la réalisation de bâtiments.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaliser des investigations géotechniques afin de reconnaître la nature et les caractéristiques mécaniques des terrains au droit du secteur,</li> <li>• Prélever des échantillons par carottés pour la description géologique des terrains,</li> <li>• Rechercher la présence d'anomalies de compacité au sein des formations antéludiennes (dissolution du gypse),</li> </ul> <p><b>Missions d'étude géotechnique préliminaire de site, de type G11, avec investigations géotechniques sur site. (NF 94-500 de décembre 2006).</b></p>

Le rapport des missions G11 du 17/11/2011, relatif à la première campagne de sondages, est donné dans le dossier n° C11.4531.

**Remarque :** sur ce site, une étude a déjà été réalisée par nos soins en Novembre 2011 (référence du rapport : C11.4531 Indice B du 17/11/2011) :

L'étude avait pour but de déterminer la nature géologique et les caractéristiques mécaniques des sols et d'identifier les risques liés à la dissolution du gypse antéludien, et de définir les éventuelles adaptations des fondations pour la réalisation de bâtiments.

## 1.2 - Description du projet – Eléments de base

Il est prévu la réalisation d'un Eco Quartier sur une surface d'environ 35 hectares. A ce jour aucun projet précis n'a été effectué. Nous avons qu'il sera réalisé plusieurs types de construction :

- Des Immeubles avec ou sans sous-sol,
- Des bâtiments municipaux de type écoles ou piscines,
- Ainsi que la réalisation d'espaces verts.





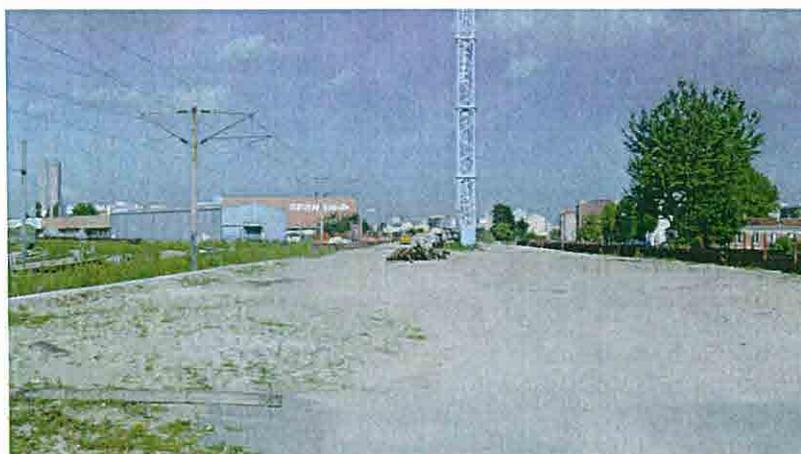
- Une zone située au Nord-Ouest, entre la rue Josserand et la rue Denis Papin et composée de différents immeubles d'habitation généralement sur plus de 3 niveaux.
- Et une zone située au Sud-Est appartenant majoritairement à la SNCF et la RFF où l'on retrouve de nombreux hangars et rails.



Secteur Sud : Site SNCF vue depuis sondage SD2 vers sondage SD1 :



Centre Site SNCF : Vue depuis le sondage SD4 :



Secteur Sud-Est : Site SNCF vers le sondage SD5 :

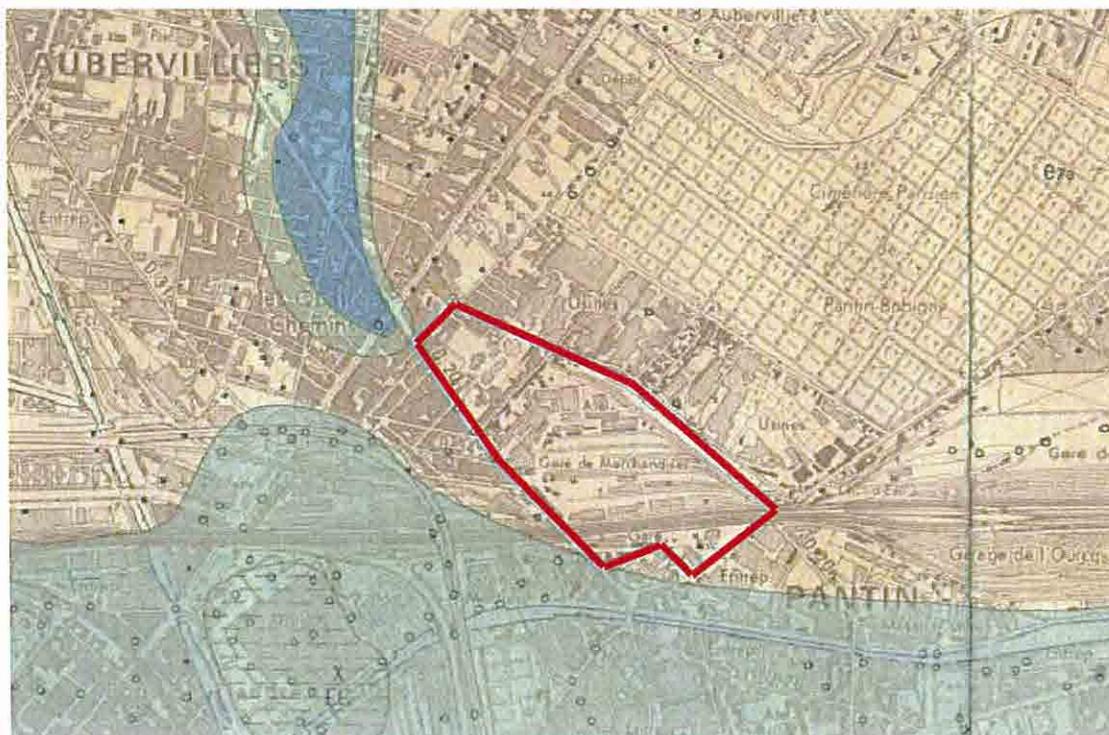


Secteur Nord-Ouest : Rue Josserand vers le sondage SD9 :

### 2.1.2 - Contexte géologique

Le site est situé au Nord de la butte témoin de Romainville composée des Masses et marnes du gypse surmontée des formations antéstampiennes. A la base de ce versant on retrouve des colluvions de pentes et éboulis provenant des formations situées en amont de la butte.

Situé au Nord du canal de l'Ourcq le site est placé à environ 2,5 km au Sud-Ouest de l'axe de la fosse de Saint Denis. Cette proximité pourra entraîner une augmentation de l'épaisseur des couches géologiques antéludienues avec développement des faciès gypseux.



Carte géologique de Paris au 1/25 000<sup>ème</sup> :

#### Légende de la carte géologique :

- |   |   |
|---|---|
| X : Des remblais (Quaternaire),             | - e7b : Masses et Marnes du Gypse (Ludien),             |
| - EC : Eboulis et colluvions (Quaternaire), | - e7a : 4 <sup>ème</sup> masse et Marnes à Pholadomies, |
| - g1a : Argiles Vertes,                     | - e6b2 : Sables de Monceau,                             |
| - e7c : Marnes Supragypseuses,              | - e6b1 : Calcaire de Saint Ouen.                        |

D'après la carte géologique et notre connaissance du secteur, les couches susceptibles d'être rencontrées au droit de nos sondages de haut en bas sont les suivantes :

1. D'éventuels **Remblais**. (Quaternaire) Cet horizon d'origine anthropique est souvent de natures diverses et de caractéristiques diverses selon l'origine des matériaux, leurs conditions de mise en œuvre (blocs ou niveaux résistants de toutes tailles ou à l'inverse des passages meubles et très compressibles). Selon les aménagements passés du site (terrassements pour les constructions enterrés, tranchées de réseaux,...) leur puissance peut être variable et atteindre des épaisseurs importantes. Dans ce secteur de nombreux travaux (enfouissement de réseaux, de cuves, existants avec sous-sol...) ont eu lieu et pourront entraîner des surépaisseurs importantes de remblais.  
Ainsi, lors d'une première campagne de sondage, il a été mesuré entre 1.2 et 6m d'épaisseur de remblais.
  
2. Les **Masses et Marnes du Gypse résiduelles** (Ludien) Composées d'une alternance de bancs marneux et de bancs de gypse, cette formation est retrouvée dans la région parisienne au droit des buttes témoins (proximité de la butte de Romainville). Elle a été exploitée au sud de la commune en carrières souterraines et en carrières à ciel-ouvert (notons que le secteur étudié n'est pas concerné par ces carrières).  
Le site étant positionné en pied de versant, cette formation pourrait ne pas être retrouvée (décapée par érosion) ou être présente à l'état résiduel avec présence seulement de la partie basale de la formation.
  - La 4<sup>ème</sup> masse de gypse est généralement peu exploitée car elle est composée d'une alternance de gypse et de marnes sur 1,5 à 3 m d'épaisseur.
  - Au-dessus nous retrouvons les marnes à Pholadomies. Ces marnes +/- calcaire à la base sont généralement riches en fossiles sur une épaisseur totale inférieure à 2m.
  - La 3<sup>ème</sup> masse de gypse est composée d'une alternance de gypse saccharoïde et de gypse pieds d'alouettes sur environ 2 à 3 m d'épaisseur.
  - Les Marnes à Lucines, plus ou moins feuilletées peuvent également contenir des filets de gypse.
  - La 2<sup>ème</sup> masse de gypse majoritairement composée de gypse saccharoïde on y retrouve quelques filets de gypse pieds d'alouette. La base est composée d'une marne grise à bleue appelée « savon du soldat ». Son épaisseur totale varie entre 4 et 8m.
  - Marnes à Fer de Lance. Ce sont des marnes pouvant être légèrement sableuse et contenant quelques lits de gypse fer de lance (épaisseur : 3 à 5m).
  - La 1<sup>ère</sup> masse de gypse, la plus épaisse (jusqu'à 20m) est composée de gypse saccharoïde relativement homogène.
 Lors de précédents sondages, il a été mesuré entre 2.5 et 8.8m d'épaisseur de cette formation géologique. A noter que l'épaisseur la plus forte (8.8m) a été relevée dans une zone qui présentait une faible épaisseur de remblais (1.2m).
  
3. les **Sables de Monceau** (Bartonien inférieur) Sables très fins verdâtre, marneux à gréseux.  
Dans le secteur du site étudié il a été relevé une épaisseur comprise entre 1.3 et 1.8m de sables de Monceau.



4. Le **Calcaire de Saint Ouen** (Bartonien inférieur) composé d'une alternance de bancs calcaires et marneux, on y retrouve également quelques bancs de gypse pouvant être sujets à des phénomènes de dissolution.  
Les sondages précédents en ont révélé une épaisseur comprise entre 10.1 et 13.7m.
5. Les **Sables de Beauchamp** (Bartonien inférieur) Ce sont des sables verts foncés bleutés relativement fins et devenant plus argileux à la base. Ils peuvent être gréseux et très compacts. Ils peuvent également contenir des lentilles gypseuses.  
Les sondages précédents en ont révélé une épaisseur comprise entre 12 et 16.3m.
6. Les **Marnes et Caillasses** (Lutétien). Ce sont des marnes blanches +/- argileuses au sommet devenant calcareuses et siliceuses à la base et pouvant contenir des niveaux gypseux plurimétriques.  
La première campagne de sondage en a révélé une épaisseur minimale de 12m. Les sondages n'ont cependant pas permis d'atteindre la base de la couche.
7. Le **Calcaire grossier** (Lutétien). C'est un calcaire compact dont les entrebancs sont constitués de sables ou marnes au sommet sur 8 m d'épaisseur, puis un calcaire grisâtre devenant glauconieux à la base sur une épaisseur de 12 m. C'est un calcaire très compact mais pouvant renfermer des bancs sableux et tendres.

### 2.1.3 - Contexte hydrogéologique

En relation avec la problématique de notre étude, les circulations et les niveaux aquifères à considérer sont les suivants :

#### **Circulations superficielles :**

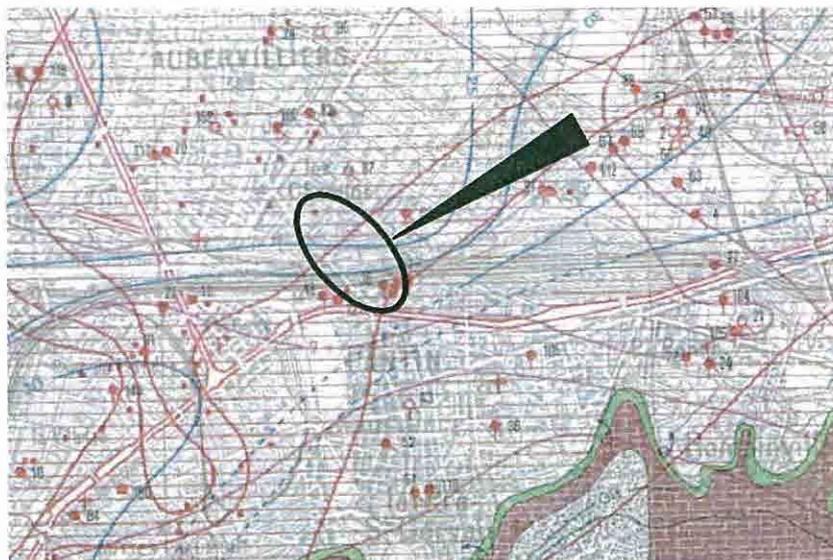
Les remblais peuvent être le siège de circulations anarchiques non pérennes et dépendant des conditions météorologiques. Elles sont essentiellement attendues en périodes pluvieuses et peuvent être absentes en périodes sèches. Des poches d'eau peuvent également être piégées au droit de terrains imperméables.

**Les circulations profondes :** Elles sont liées à l'infiltration en profondeur des eaux de surface, à la faveur des fractures et zones d'altérations.

**La nappe du Calcaire de Saint Ouen :** La nappe présente au sein de cette formation marno-calcaire est de type fissurale. Il est important de rappeler que cette nappe possède des fluctuations importantes du fait des modifications par pompages et des variations de la pluviométrie.

D'après la carte hydrogéologique Delesse de 1862 le toit de la nappe était sub-affleurant (environ 43 NGF). Cette période correspond à une période de forte industrialisation. D'après la carte hydrogéologique de Paris de 1922, le niveau de la nappe est attendu entre 25 et 30 NGF. Aujourd'hui, avec l'arrêt de nombreux pompage depuis les années 1970 cette nappe connaît une remontée générale. Cette nappe peut potentiellement baigner la base des Sables de Monceau. Les bancs gypseux présents au sein du Calcaire de Saint Ouen et des Sables de Monceau pourront alors subir des phénomènes de dissolution.





Carte Hydrogéologique de Paris du BRGM au 1/50 000 de 1922 :

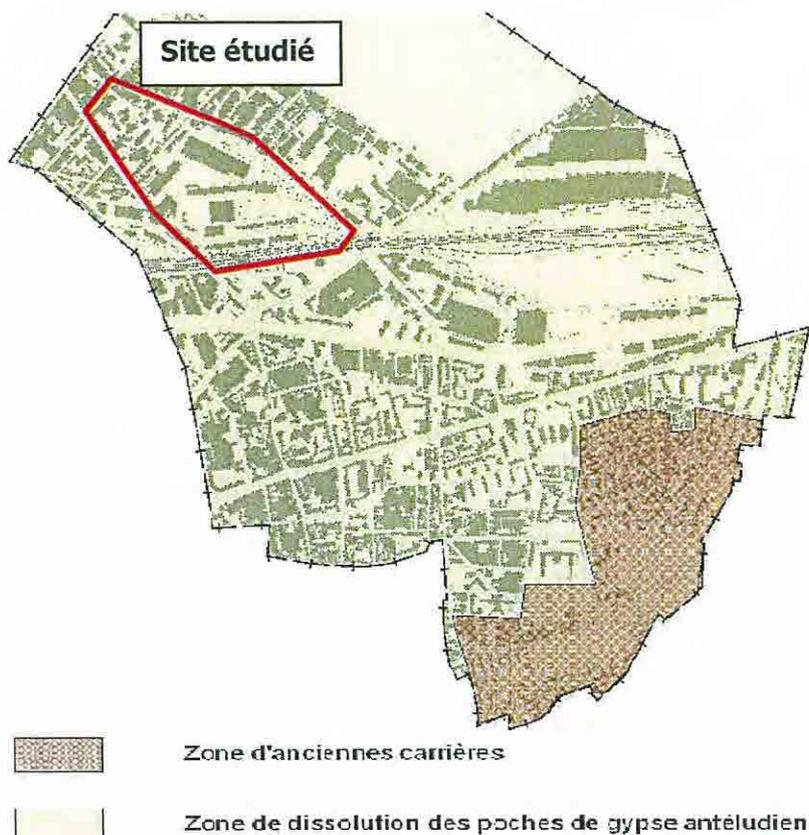
**La nappe du Lutétien** : Cette nappe de type fissurale est présente au sein du calcaire grossier et des marnes et caillasses en charge sous les terrains argileux des Sables de Beauchamp. Ces circulations sont à l'origine des dissolutions antéludiennes. Cette nappe connaît également une remontée de son niveau entraînant une augmentation de sa charge.

#### 2.1.4 - Risque et aléas

Risque	Type d'aléas	Etat	Commentaires	Source
Cavités	<i>Carrières souterraines</i>	Non concernée	-	Pas de carte IGC au droit du site
	<i>Carrières à ciel ouvert</i>	Non concernée	-	
	<i>Dissolution du gypse antéludien</i>	Dans la zone définie par arrêté interpréfectoral du 25/02/1977	-	Atlas des zones soumises à dissolution de gypse
Mouvement de terrain	<i>Glissement, chute, éboulement, effondrement, coulée, érosion</i>	-	2 arrêtés en 1993 et 1999	Cartographie des mouvements de terrain établie par le BRGM ( <a href="http://www.mouvementsdeterrain.fr">www.mouvementsdeterrain.fr</a> ) Portail de la prévention des risques majeurs ( <a href="http://www.prim.net">www.prim.net</a> )
	<i>Retrait-gonflement des argiles</i>	Aléa moyen	1 arrêté en 1992	Portail de la prévention des risques majeurs ( <a href="http://www.prim.net">www.prim.net</a> ) Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles établie par le BRGM ( <a href="http://www.argiles.fr">www.argiles.fr</a> )
Inondations	<i>Inondations par remontée de nappe</i>	Sensibilité faible à moyenne	-	Cartographie des remontées de nappe établie par le BRGM ( <a href="http://www.remonteenappes.fr">www.remonteenappes.fr</a> ) DDRM de la Seine-Saint-Denis
	<i>Inondations par crue, coulée de boue</i>	Non concerné	8 arrêtés de 1983 à 2001	Portail de la prévention des risques majeurs ( <a href="http://www.prim.net">www.prim.net</a> )
	<i>Inondation par ruissellement pluvial</i>	Risque moyen	-	Dossier départemental des risques majeur ( <a href="http://www.seine-saint-denis.gouv.fr">www.seine-saint-denis.gouv.fr</a> )

▪ **Dissolutions du Gypse :**

D'après l'arrêté inter préfectoral du 25 février 1977, et de la zone définie en 2000, délimitant le périmètre de recherche des poches de dissolution du gypse antéludien (Calcaire de Saint Ouen, Sable de Beauchamp et des Marnes et Caillasses), le projet est situé dans le périmètre de recherche des poches de dissolution du gypse antéludien.



*Périmètre de risque liés à la présence d'anciennes carrières et à la dissolution gypse antéludien valant PPR approuvé (source : [www.seine-saint-denis.gouv.fr/PPR](http://www.seine-saint-denis.gouv.fr/PPR))*

Le Gypse est un minéral très soluble sujet aux phénomènes de dissolution. Les circulations d'eau souterraine sont à l'origine de son altération qui peut entraîner l'apparition de poches décomprimées à vides.

▪ *Dissolution des masses et marnes du gypse résiduelles :*

La circulation d'eau s'infiltrant au travers des remblais de surface peut entraîner des dissolutions du gypse sous-jacent.

▪ *Dissolution du gypse Antéludien :*

Les circulations de nappes en profondeur dans les formations antéludiennes (Calcaire de Saint Ouen, Sables de Beauchamp et Marnes et Caillasses) peut entraîner des phénomènes de dissolution des bancs de gypse.

A cet effet, le terrain d'étude se place dans le périmètre de risque défini par arrêté inter-préfectoral.

## 2.2 - Investigations géotechniques

### 2.2.1 - Généralités

Les investigations géotechniques ont été effectuées en deux campagnes :

\_ Du 01/10/2011 au 18/11/2011 : elle a consisté en la réalisation de 10 sondages destructifs dont 5 ont été équipés pour des mesures Gamma-Ray et 2 doublés de piézomètres et de deux sondages carottés.

\_ Du 27/09/2012 au 27/10/2012 : elle a consisté en la réalisation de 3 sondages pressiométriques, 2 sondages destructifs équipé pour des mesures Gamma-Ray et de 4 sondages carottés dont un a été doublé d'un piézomètre.

L'ensemble de ces investigations est regroupé dans le tableau suivant :

Sondage	Dates	Profondeur (m)	Cote NGF	Type	Machine de forage	Enregistreur des paramètres de foration	Équipement
<b>Première campagne de sondage dossier C11.4531</b>							
SD1	04/10/11	46,91	49,70	Destructif	BE2050	Explofor	Tube lisse toute hauteur pour diagraphie Gamme Ray
SD2	01/10/11	45,01	49,70	Destructif	BE2050	Explofor	-
SD3	01/10/11	45,52	49,75	Destructif	BE2050	Explofor	Tube lisse toute hauteur pour diagraphie Gamme Ray. Réalisé proche du sondage SC1 et du piézomètre PZ1.
SD4	04/10/11	45,40	49,50	Destructif	BE2050	Explofor	Réalisé à proximité du piézomètre PZ2
SD5	04/10/11	45,02	50,65	Destructif	BE2050	Explofor	-
SD6	04/10/11	46,33	50,00	Destructif	BE2050	Explofor	Tube lisse toute hauteur pour diagraphie Gamme Ray
SD7	03/10/11	45,13	45,70	Destructif	BE2050	Explofor	-
SD8	03/10/11	45,38	47,00	Destructif	BE2050	Explofor	-
SD9	28/10/11	45,00	41,00	Destructif	BE2050	Explofor	Tube lisse toute hauteur pour diagraphie Gamme Ray
SD10	28/10/11	45,58	44,00	Destructif	BE2050	Explofor	Tube lisse toute hauteur pour diagraphie Gamme Ray. Réalisé proche du sondage SC2 et du piézomètre PZ3.
SC1	04/10/11	45,50	49,75	Carotté	BE2050	-	Réalisé à proximité du sondage SD10 et du piézomètre PZ3.
SC2	10/10/11	46,20	44,00	Carotté	BE2050	-	Réalisé à proximité du sondage SD et du piézomètre PZ1.



Sondage	Dates	Profondeur (m)	Cote NGF	Type	Machine de forage	Enregistreur des paramètres de foration	Équipement
<b>Deuxième campagne de sondage dossier C12.5327</b>							
SP1	27/09/2012	24.0	48.98	Pressiométrique	BE2150	LIM	Poursuivit en destructif jusqu'à 50m
SP2	26/09/2012	24.5	50.36	Pressiométrique	BE2150	LIM	Poursuivit en destructif jusqu'à 50m
SP3	25/09/2012	24.5	49.51	Pressiométrique	BE2150	LIM	Poursuivit en destructif jusqu'à 50m
SD11	28/09/2012	50.51	48.51	Destructif	BE2150	LIM	Tube lisse jusqu'à 22.5m pour diagraphie Gamme Ray (forage bouché au-delà de 22.5m)
SD12	27/09/2012	50.33	49.45	Destructif	BE2150	LIM	Tube lisse toute hauteur pour diagraphie Gamme Ray
SC11	-	50.00	49.32	Carotté	BE2050	LIM	-
SC12	-	50.10	49.46	Carotté	BE2050	-	-
SC13	-	50.10	49.65	Carotté	BE2050	-	Piézomètre de 19m
SC14	-	50.00	49.44	Carotté	BE2050	-	-

*Les sondages ont été réalisés à partir du TN et toutes leurs profondeurs sont données par rapport à cette référence. Chaque point de sondage a fait l'objet d'un relevé altimétrique afin d'obtenir leur cote NGF précise.*

Le plan d'implantation des sondages des deux campagnes est donné en annexe 2.

## 2.2.2 - Résultats des investigations

### 2.2.2.1 - Faciès rencontrés

*Les sondages destructifs enregistrés, de par le mode de foration, ne constituent pas une façon sûre de reconnaissance des faciès souterrains. Seul le mode par carottage permet cette reconnaissance précise. Ainsi, en fonction des levés des échantillons de sol prélevés en continu dans les sondages carottés, des cuttings de forage destructif, et des indications fournies par le sondeur nous vous proposons les coupes de sol décrites sur les coupes de sondage en annexe, et dans les tableaux en pages suivantes.*



## Couche 1 : LES REMBLAIS

<b>Description du faciès</b>										
Les remblais présents en surface au droit de l'ensemble de nos sondages sont de composition argilo-sableuse à marneuses contenant de nombreux blocs divers (briques, béton, ferraille,...). Leur épaisseur est comprise entre 1,20 et 6,00 m, mais des surépaisseurs liées à la présence d'anciens sous-sol ou cuves enterrées sont à prévoir.										
<b>Profondeur / épaisseur</b>										
<b>Première campagne de sondages dossier C11-4531</b>										
	SD1		SD2		SD3		SD4		SD5	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	0,00	49,70	0,00	49,70	0,00	49,75	0,00	49,50	0,00	50,65
base	4,00	45,70	2,80	46,90	5,50	44,25	4,00	45,50	6,00	44,65
ép.	4,00		2,80		5,50		4,00		6,00	
	SD6		SD7		SD8		SD9		SD10	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	0,00	50,00	0,00	45,70	0,00	47,00	0,00	41,00	0,00	44,00
base	4,50	45,50	2,00	43,70	1,20	45,80	1,50	39,50	3,70	40,30
ép.	4,50		2,00		1,20		1,50		3,70	
	SC1		SC2							
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF						
toit	0,00	49,75	0,00	44,00						
base	5,50	44,25	3,70	40,30						
ép.	5,50		3,70							
<b>Deuxième campagne de sondages dossier C11-4531</b>										
	SP1		SP2		SP3		SD11		SD12	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	0,00	48,99	0,00	50,36	0,00	49,51	0,00	48,51	0,00	49,45
base	3,80	45,19	4,70	45,66	2,90	46,61	2,50	46,01	3,70	45,75
ép.	3,80		4,70		2,90		2,50		3,70	
	SC11		SC12		SC13		SC14			
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF		
toit	0,00	49,32	0,00	49,46	0,00	49,65	0,00	49,43		
base	6,40	42,92	5,00	44,46	4,30	45,35	5,00	44,43		
ép.	6,40		5,00		4,30		5,00			
<b>Signature paramétrique</b>										
10 ≤ VIA ≤ 1500 m/h			10 ≤ PO ≤ 75 bars		0 < PI < 8 bars		37 ≤ CR ≤ 125 bars		0 ≤ RT ≤ 45 bars	
<b>Caractéristiques mécaniques pressiométriques</b>										
Pl moy : 0,41 Mpa (moyenne géométrique)				Em moy : 3,8 Mpa (moyenne harmonique)				Nombre d'essais		
Pl min : 0,16 Mpa		Ecart type: 0,6		Em min : 0,9 Mpa		Ecart type: 7,2		10		
Pl max : 1,18 Mpa		Dispersion: 1,45		Em max : 23 Mpa		Dispersion: 1,91				
<b>Commentaires géotechniques</b>										
Ces remblais sont marqués par des enregistrements de paramètres témoignant d'un horizon hétérogène et de faible compacité (vitesses d'avancement variables mais élevée, faible pression sur l'outil, et faible couple de rotation). Notons néanmoins la présence de quelques blocs et passages indurés. Les moyennes des pressions limites et modules pressiométriques très faibles indiquent un niveau de faible compacité et donc peu portants.										
Nous insistons sur les éventuels futurs travaux de démolition à réaliser qui sont de nature à influencer sur les caractéristiques de ces terrains et qui pourront donc grandement varier par rapport à celles mesurées par nos soins. D'une manière générale il faudra s'attendre à des poches molles et à des points durs (blocs, vestiges d'infrastructures, fondations non purgées,...). La présence de réseaux fuyards pourra également entraîner des altérations ponctuelles.										



## Couche 2 : LES MASSES ET MARNES DU GYPSE RESIDUELLES

<b>Description du faciès</b>										
Cette formation est présente seulement à l'état résiduel et est composée de marnes blanchâtres à ocre-roux. Quelques passages sableux sont également à noter.										
<b>Profondeur / épaisseur</b>										
<b>Première campagne de sondages dossier C11-4531</b>										
	SD1		SD2		SD3		SD4		SD5	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	4,00	45,70	2,80	46,90	5,50	44,25	4,00	45,50	6,00	44,65
base	11,30	38,40	10,00	39,70	9,60	40,15	9,50	40,00	10,20	40,45
ép.	7,30		7,20		4,10		5,50		4,20	
	SD6		SD7		SD8		SD9		SD10	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	4,50	45,50	2,00	43,70	1,20	45,80	1,50	39,50	3,70	42,50
base	11,20	38,80	7,80	37,90	10,00	37,00	4,00	37,00	7,60	38,60
ép.	6,70		5,80		8,80		2,50		3,90	
	SC1		SC2							
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF						
toit	5,50	44,25	3,70	42,50						
base	9,60	40,15	7,60	38,60						
ép.	4,10		3,90							
<b>Deuxième campagne de sondages dossier C11-4531</b>										
	SP1		SP2		SP3		SD11		SD12	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	3,80	45,19	4,70	45,66	2,90	46,61	2,50	46,01	3,70	45,75
base	11,20	37,79	10,00	40,36	11,10	38,41	10,00	38,51	-	-
ép.	7,40		5,30		8,20		7,50		-	
	SC11		SC12		SC13		SC14			
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF		
toit	6,40	42,92	5,00	44,46	4,30	45,35	5,00	44,43		
base	8,90	40,42	10,80	38,66	9,80	39,85	12,50	36,93		
ép.	2,50		5,80		5,50		7,50			
<b>Signature paramétrique</b>										
10 ≤ VIA ≤ 1000 m/h jusqu'à 1500 m/h en zone altérée			10 ≤ PO ≤ 75 bars		0 < PI < 8 bars		37 ≤ CR ≤ 125 bars		0 ≤ RT ≤ 45 bars	
<b>Caractéristiques mécaniques pressiométriques</b>										
PI moy : 1,68 Mpa (moyenne géométrique)				Em moy : 12,6 Mpa (moyenne harmonique)				Nombre d'essais		
PI min : 0,53 Mpa		Ecart type: 0,93		Em min : 4,8 Mpa		Ecart type: 12,1		15		
PI max : 3,65 Mpa		Dispersion: 0,55		Em max : 54,8 Mpa		Dispersion: 0,96				
<b>Commentaires géotechniques</b>										
Les hétérogénéités de vitesses d'avancement , de couple de rotation et de pressions d'injections (de valeurs moyennes), indiquent l'alternance de passages marneux tendres voir altérés avec des niveaux contenant des blocs plus durs. On note souvent la présence d'un niveau altéré d'environ 1,5m correspondant à des dissolutions de gypse et à l'altération des marnes, en tête de formation, notamment dans les sondages SP1, SP2, SD1 et SC2. La couleur ocre rousse retrouvée au droit de nos carottés témoignent de circulations d'eau pouvant être à l'origine de l'altération des marnes et de la dissolution des passages gypseux résiduels.										



▪ **Couche 3 : LES SABLES DE MONCEAU**

<b>Description du faciès</b>										
Composé de sables fins verdâtres marneux, gréseux +/- argileux, cet horizon de faible épaisseur peut également contenir des passages gypseux pouvant subir des altérations. Au droit de nos sondages cette formation est retrouvée sous les masses et marnes de gypse résiduelle.										
<b>Profondeur / épaisseur</b>										
<b>Première campagne desondages dossier C11-4531</b>										
	SD1		SD2		SD3		SD4		SD5	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	11,30	38,40	10,00	39,70	9,60	40,15	9,50	40,00	10,20	40,45
base	13,00	36,70	11,50	38,20	11,40	38,35	11,00	38,50	11,60	39,05
ép.	1,70		1,50		1,80		1,50		1,40	
	SD6		SD7		SD8		SD9		SD10	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	11,20	38,80	7,80	37,90	10,00	37,00	4,00	37,00	7,60	36,40
base	12,60	37,40	9,10	36,60	11,60	35,40	5,50	35,50	9,00	35,00
ép.	1,40		1,30		1,60		1,50		1,40	
	SC1		SC2							
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF						
toit	9,60	40,15	7,60	36,40						
base	11,40	38,35	9,00	35,00						
ép.	1,80		1,40							
<b>Deuxième campagne de sondages dossier C11-4531</b>										
	SP1		SP2		SP3		SD11		SD12	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	11,20	37,79	10,00	40,36	11,10	38,41	10,00	38,51	-	45,75
base	11,80	37,19	11,40	38,96	12,10	37,41	11,90	36,61	12,00	37,45
ép.	0,60		1,40		1,00		1,90		8,30	
	SC11		SC12		SC13		SC14			
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF		
toit	8,90	40,42	10,80	38,66	9,80	39,85	12,50	36,98		
base	10,60	38,72	13,00	36,46	11,40	38,25	14,20	35,28		
ép.	1,70		2,20		1,60		1,70			
<b>Signature paramétrique</b>										
100 ≤ VIA ≤ 700 m/h			40 ≤ PO ≤ 50 bars		0 ≤ PI ≤ 5 bars		CR ≈ 80 bars		0 ≤ RT ≤ 5 bars	
<b>Caractéristiques mécaniques pressiométriques</b>										
PI moy : 3,73 Mpa (moyenne géométrique)				Em moy: 40,1 Mpa (moyenne harmonique)				Nombre d'essais		
PI min : 2,08 Mpa PI max : 5,0 Mpa				Em min : 17,6 Mpa Em max : 128,3 Mpa				3		
De faible épaisseur (maximum à 1,80 m) ces sables sont marqués par des vitesses d'avancement généralement faibles à moyennes marquant la présence d'un sable relativement dense et résistant à la foration. Des horizons plus argileux sont marqués par des valeurs de pression d'injection légèrement plus élevées. Les passages où le couple de rotation est plus élevé soulignent les horizons sableux à gréseux. Globalement, le peu de variation de signature paramétriques indique un horizon assez homogène. A noter cependant, des vitesses d'avancement plus élevées au sein du sondage SP1										

☐ Dans le sondage SD2 les Masses et Marnes du gypse et les sables de Monceau sont indifférenciés.



### Couche 4 : LE CALCAIRE DE SAINT OUEN

<b>Description du faciès</b>										
Composée d'une alternance de marnes et de bancs calcaires, cette formation est de couleur dominante beige blanc rosé. La présence de bancs de gypse d'épaisseurs plus ou moins importantes est fréquent. Son épaisseur moyenne est de 10 à 14 m.										
<b>Profondeur / épaisseur</b>										
<b> Première campagne de sondages dossier C11-5327</b>										
	SD1		SD2		SD3		SD4		SD5	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	13,00	36,70	11,50	38,20	11,40	38,35	11,00	38,50	11,60	39,05
base	23,60	26,10	23,00	26,70	21,50	28,25	23,00	26,50	22,60	28,05
ép.	10,60		11,50		10,10		12,00		11,00	
	SD6		SD7		SD8		SD9		SD10	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	12,60	37,40	9,10	36,60	11,60	35,40	5,50	35,50	9,00	35,00
base	24,50	25,50	22,80	22,90	23,00	24,00	18,50	22,50	20,50	23,50
ép.	11,90		13,70		11,40		13,00		11,50	
	SC1		SC2							
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF						
toit	11,40	38,50	9,00	35,00						
base	21,50	28,40	20,50	23,50						
ép.	10,10		11,50							
<b> Deuxième campagne de sondages dossier C11-4531</b>										
	SP1		SP2		SP3		SD11		SD12	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	11,80	37,19	11,40	38,96	12,10	37,41	11,90	36,61	12,00	37,45
base	24,50	24,49	25,50	24,86	23,00	26,51	23,50	25,01	23,00	26,45
ép.	12,70		14,10		10,90		11,60		11,00	
	SC11		SC12		SC13		SC14			
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF		
toit	10,60	38,72	13,00	36,46	11,40	38,25	14,20	35,28		
base	22,60	26,72	24,80	24,66	23,00	26,65	25,20	24,28		
ép.	12,00		11,80		11,60		11,00			
<b>Signature paramétrique</b>										
50 ≤ VIA ≤ 1000 m/h jusqu'à 1500 m/h en zone altérée			40 ≤ PO ≤ 50 bars		0 ≤ PI ≤ 10 bars		35 ≤ CR ≤ 70 bars jusqu'à 100 bars en zone altérée		0 ≤ RT ≤ 20 bars jusqu'à 45 bars en zone altérée	
<b>Caractéristiques mécaniques pressiométriques</b>										
Pl moy : 3,67 Mpa (moyenne géométrique)				Em moy : 33,1 Mpa (moyenne harmonique)				Nombre d'essais		
Pl min : 1,91 Mpa		Ecart type: 0,9		Em min : 11,3 Mpa		Ecart type: 48,2		22		
Pl max : 5,0 Mpa		Dispersion: 0,25		Em max : 166,1 Mpa		Dispersion: 1146				
<b>Commentaires géotechniques</b>										
Les vitesses d'avancement variables indiquent l'alternance de passages compactes et de passages plus mous correspondant à des marno-calcaire, ce qui est confirmé par les mesure Gamma-ray. Certains niveaux moins résistants à la foration correspondent à des zones d'alteration plus ou moins fortes dues principalement à la dissolution du gypse contenu dans les marno-calcaires. On note même la présence d'un vide d'environ 1m au niveau du sondage SP3 entre 21,4 et 22,4m de profondeur et au niveau du sondage SD8 d'environ 1,80m d'épaisseur, ainsi qu'un niveau très décomprimé d'environ 1,1m dans le sondage SC12 entre 22,5 et 23,6m et d'environ 1,5m dans le sondage SD11 entre 22 et 23,5m. de plus, on remarque la présence d'un niveau très décomprimé avec une remontée de fontis sur environ 8m d'épaisseur dans le sondage SD4										



## Couche 5 : LES SABLES DE BEAUCHAMP

<b>Description du faciès</b>										
De couleur dominante vert-bleuté cet horizon a été traversé par l'ensemble de nos sondages sur une épaisseur variant de 12 à 16m. Il est composé de sables plus ou moins argileux (notamment en partie médiane) et contenant quelques passages plus gréseux.										
<b>Profondeur / épaisseur</b>										
<b>Première campagne de sondage dossier C11-4531</b>										
	SD1		SD2		SD3		SD4		SD5	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	23,60	26,10	23,00	26,70	21,50	28,25	23,00	26,50	22,60	28,05
base	36,70	13,00	35,00	14,70	33,50	16,25	35,00	14,50	35,00	15,65
ép.	13,10		12,00		12,00		12,00		12,40	
	SD6		SD7		SD8		SD9		SD10	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	24,50	25,50	22,80	22,90	23,00	24,00	18,50	22,50	20,50	23,50
base	37,50	12,50	37,50	8,20	36,00	11,00	34,00	7,00	36,80	7,20
ép.	13,00		14,70		13,00		15,50		16,30	
	SC1		SC2							
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF						
toit	21,50	38,50	20,50	37,20						
base	33,50	26,50	36,80	20,90						
ép.	12,00		16,30							
<b>Deuxième campagne de sondages dossier C11-4531</b>										
	SP1		SP2		SP3		SD11		SD12	
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF
toit	24,50	24,49	25,50	24,86	23,00	26,51	23,50	25,01	23,00	26,45
base	38,00	10,99	35,80	14,56	34,50	15,01	37,00	11,51	35,20	14,25
ép.	13,50		10,30		11,50		13,50		12,20	
	SC11		SC12		SC13		SC14			
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF		
toit	22,60	26,72	24,80	24,66	23,00	26,65	25,20	24,28		
base	35,90	13,42	37,20	12,26	34,90	14,75	37,80	11,68		
ép.	13,30		12,40		11,90		12,60			
<b>Signature paramétrique</b>										
20 ≤ VIA ≤ 700 m/h avec des pics à 1500m/h en zone altérée			PO ≈ 50 bars		0 ≤ PI ≤ 5 bars		50 ≤ CR ≤ 100 bars		0 ≤ RT ≤ 25 bars	
<b>Caractéristiques mécaniques pressiométriques</b>										
PI moy : 4,64 Mpa (moyenne géométrique)				Em moy: 101,6 Mpa (moyenne harmonique)				Nombre d'essais		
PI min : 4,0 Mpa PI max : 5,0 Mpa				73,1 Em max : 164,4 Mpa				3		
<b>Commentaires géotechniques</b>										
Les faibles vitesses d'avancement et le couple de rotation élevé et régulier indiquent un sable compact et dense, relativement résistant à la foration. On note la présence de pics de la pression d'injection correspondant à un passage argileux situé au centre de la formation. De façon générale l'ensemble des signatures paramétriques renseignent sur une couche géologique assez homogène. On constate cependant la présence de blocs et/ou de bancs de grès situés en base de couche géologique et signalés par des vitesses d'avancement particulièrement basses. De plus, une zone altérée est visible dans les sondages SD5 et SD7, marquée par des pics de la vitesse d'avancement.										



## Couche 6 : LES MARNES ET CAILLASSES

<b>Description du faciès</b>											
Ces marnes, de couleur dominante blanchâtre, +/- argileuses, deviennent plus calcareuses et siliceuses à la base. Cette formation recouvre le calcaire grossier.											
<b>Profondeur / épaisseur</b>											
<b>Première campagne de sondages C11-4531</b>											
	SD1		SD2		SD3		SD4		SD5		
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	
toit	36,70	13,00	35,00	14,70	33,50	16,25	35,00	14,50	35,00	15,65	
base	46,91	2,79	45,01	4,69	45,52	4,23	45,40	4,10	45,02	5,63	
ép.	10,21		10,01		12,02		10,40		10,02		
	SD6		SD7		SD8		SD9		SD10		
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	
toit	37,50	12,50	37,50	8,20	36,00	11,00	34,00	7,00	36,80	7,20	
base	46,33	3,67	45,13	0,57	45,38	1,62	45,00	-4,00	45,58	-1,58	
ép.	8,83		7,63		9,38		11,00		8,78		
	SC1		SC2								
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF							
toit	11,40	38,50	9,00	37,20							
base	21,50	28,40	20,50	25,70							
ép.	10,10		11,50								
<b>Deuxième campagne de sondages dossier C11-4531</b>											
	SP1		SP2		SP3		SD11		SD12		
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	
toit	38,00	10,99	35,80	14,56	34,50	15,01	37,00	11,51	35,20	14,25	
base	50,05	-1,06	50,01	0,35	50,04	-0,53	50,51	-2,00	50,33	-0,88	
ép.	12,05		14,21		15,54		13,51		15,13		
	SC11		SC12		SC13		SC14				
	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF	En m/TN	NGF			
toit	35,90	13,42	37,20	12,26	34,90	14,75	37,80	11,68			
base	50,00	-0,68	50,10	-0,64	50,10	-0,45	50,00	-0,52			
ép.	14,10		12,90		15,20		12,20				
<b>Signature paramétrique</b>											
10 ≤ VIA ≤ 300 m/h pics jusqu'à 1000 m/h dans les passages altérés et les zone de dissolution du gypse			55 ≤ PO ≤ 105 bars chute à 49 bars dans les passages altérés et les zone de dissolution du gypse			1 ≤ PI ≤ 20 bars		37 ≤ CR ≤ 125 bars		0 ≤ RT ≤ 42 bars	
<b>Commentaires géotechniques</b>											
Globalement les faibles vitesses d'avancement enregistrées au droit de nos sondages dans cette formation et les valeurs de couple de rotation élevée et la pression sur l'outil constante sur la plupart de l'épaisseur de la couche géologique indiquent une formation globalement compacte et résistante. Néanmoins on notera la présence de passages altérés et fracturés au niveau des sondages SD1 et SD7 entre 39 et 43 m de profondeur. Cette altération marquée par des pics de la vitesse d'avancement et une chute de la pression sur l'outil doit correspondre à des passages gypseux ayant subi des dissolutions. Les sondages SC11 et SC12 enregistrent tous deux des vides associés à des zones décomprimées globalement situés entre 43,5 et 46m pour SC12 et entre 42,3 et 47,5m pour SC11. Les sondages pressiométriques et destructifs eux enregistrent de nombreux et épais passages décomprimés (VIA élevées) ainsi que la présence récurrente de bancs de gypse apparemment encore sain (VIA très faibles) mesurant entre 0,5 et 1,5m d'épaisseur. La liste exhaustive des anomalies de compacité constatés sur l'ensemble des sondages est donnée dans le chapitre 2.3.											

**Remarque :** dans la mesure où les sondages mesurent entre 45 à 50m de profondeur ils n'ont pas traversés l'intégralité de l'épaisseur de la couche des Marnes et Caillasses. Les épaisseurs indiquées représentent donc une épaisseur minimum de la formation géologique.



### 2.3 - Hydrogéologie

Cette étude ne constitue pas une étude hydrogéologique approfondie. Lors des deux campagnes de sondages, 4 piézomètres ont été mis en place, trois descendus à 8.00m de profondeur et un à 19m.

L'ensemble de ces investigations est regroupé dans le tableau suivant :

Sondage	Formation concernée	Profondeur du niveau d'eau	Cote du niveau d'eau	Profondeur de l'équipement	Type d'équipement	Date des mesures
<b>Première campagne de sondages dossier C11.4531</b>						
Pz1	-	Sec	-	8,00 m	Tube crépiné avec bouche à dé	21/10/11
Pz2	-	Sec	-	8,00 m		21/10/11
Pz3	-	Sec	-	8,00 m		21/10/11
<b>Deuxième campagne de sondages dossier C12.5327</b>						
Pz1	Calcaire de Saint Ouen	13.77 m	35.93 NGF	19.00 m	Tube crépiné avec bouche à dé	14/11/2012

Pour la première campagne, aucun des piézomètres n'a atteint la nappe néanmoins des niveaux d'eau ont été mesurés dans les 2 sondages carottés après stabilisation. Ces niveaux sont donc relativement représentatifs et donnent les résultats suivants :

Sondage	Formation concernée	Profondeur du niveau d'eau	Cote du niveau d'eau	Profondeur de l'équipement	Date des mesures
Pz1	Calcaire de Saint Ouen	13,00 m	36,75 NGF	Sans équipement	21/10/11
Pz3	Calcaire de Saint Ouen	8,30 m	35,70 NGF	Sans équipement	21/10/11

Cette nappe présente dans le calcaire de Saint Ouen est une nappe libre de type fissurale. La circulation d'eau ne se fait qu'à la faveur de fractures présentes dans le Calcaire de Saint Ouen. Notons que ce niveau peut varier en fonction de l'impluvium.

En période climatique humide, il n'est également pas à exclure de constater des circulations d'eau temporaires et aléatoires au sein des formations du recouvrement, comme les Remblais de surface.

**Nb :** dans le cadre de cette étude, nous n'avons pas été missionné pour un suivi piézométrique.



## 2.4 - Anomalies de compacité et de dissolution du gypse Anté-ludien

Certains de nos sondages ont mis en évidence la présence de décompressions vides au sein des formations anté-ludiennes. Lors de nos différentes missions nous avons également réalisé des mesures Gamma-Ray permettant de mettre en évidence les bancs de gypse. Cette méthode gamma-ray permet de mesurer en continu l'émission radioactive naturelle du sol. D'une manière générale, les passages argileux riches en potassium sont caractérisés par un nombre de coups importants, et les bancs de gypse par un nombre très faibles (voir annexe).

De ces mesures il ressort, la position des bancs de gypse contenus dans les masses et marnes du gypse, dans le calcaire de Saint-Ouen, et dans les Marnes et Caillasses. Lorsque ces bancs sont dissout, ils peuvent laisser place à du vide ou être remplacés par des argiles marquées par de forts pics gamma-ray.

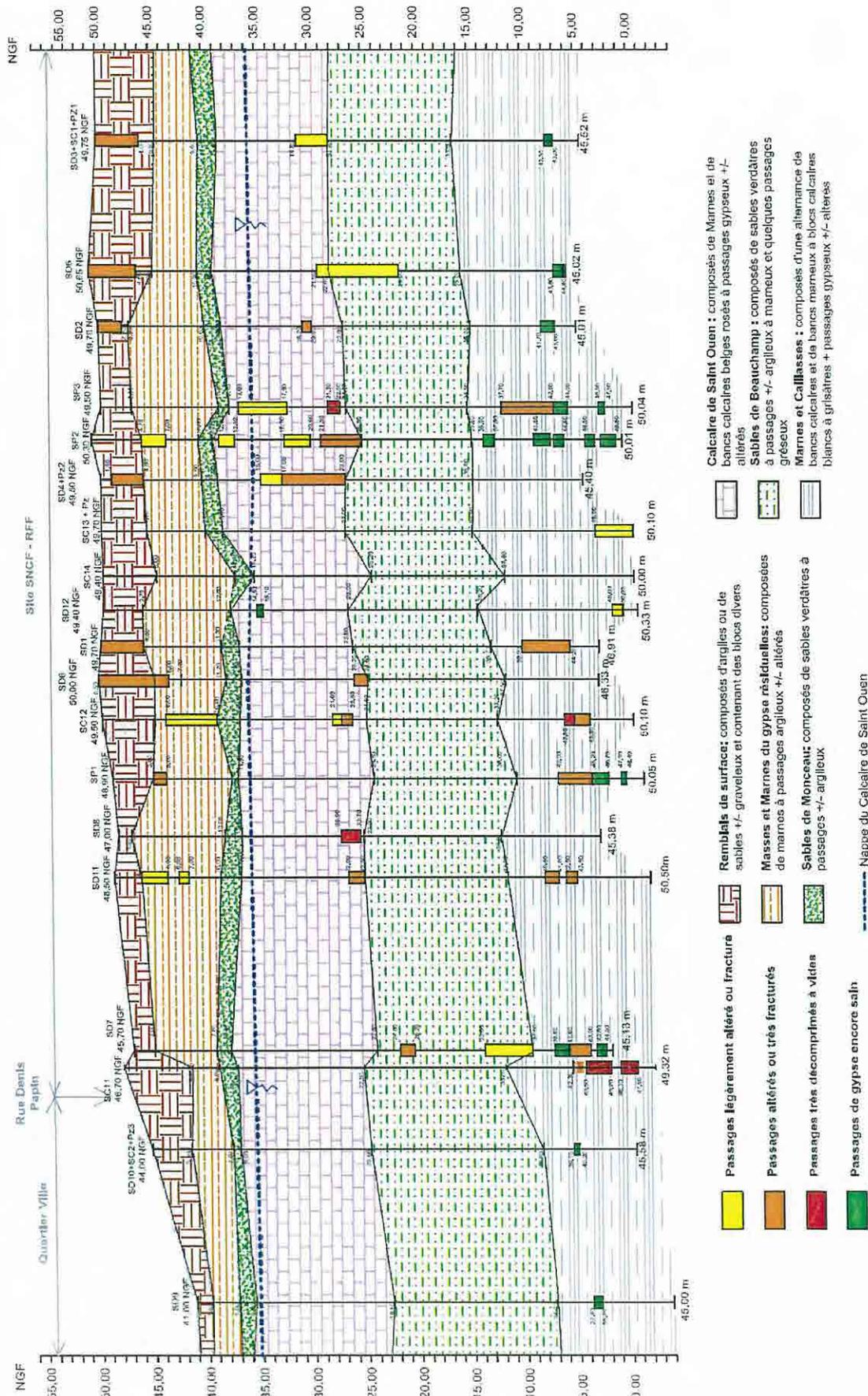
Par cette méthode géophysique peu de banc de gypse franc ont été retrouvés. Seul le sondage SD9 (C11-4531) met en évidence un petit banc situé entre 37 et 38 m de profondeur. Les sondages carottés ont mis en évidence du gypse généralement riche en passages marneux ainsi que des phénomènes d'altérations.

**L'ensemble de ces anomalies sont regroupées dans le tableau suivant :**

Sondages	Formation concernée	Profondeur du toit de l'anomalie (en m)	Profondeur de la base de l'anomalie (en m)	Hauteur de l'anomalie (en m)	Décompression	Signal Gamma-Ray	Pourcentage de gypse dissout	Type d'anomalie Remarques
<b>Première campagne de sondages dossier C11.4531</b>								
SD1	Remblais de surface	0,00	4,00	4,00	Moyenne	Moyen à élevé (remblais +/- argileux)	-	Remblais superficiels de faibles compactés
	Marnes et Caillasses	39,80	44,20	4,60	Moyenne à forte	Moyen	100 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
SD2	Remblais de surface	0,00	2,20	2,20	Moyenne	-	-	Remblais superficiels de faibles compactés
	Calcaire de Saint Ouen	19,20	20,00	0,80	Moyenne	-	-	Calcaire fracturé
SD3	Remblais de surface	0,00	4,00	4,00	Moyenne	Moyen à élevé (remblais +/- argileux)	-	Remblais superficiels de faibles compactés
	Calcaire de Saint Ouen	18,80	21,80	3,00	Faible	Elevé	-	Passages marneux +/- altéré
	Remblais de surface	1,00	4,00	3,00	Moyenne à élevée	-	-	Remblais superficiels de faibles compactés et +/- altérés
SD4	Calcaire de Saint Ouen	15,00	23,00	8,00	Moyenne à élevée	-	100 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
SD5	Remblais de surface	0,00	4,50	4,50	Moyenne	-	-	Remblais superficiels de faibles compactés
	Sables de Beauchamp	21,50	29,20	7,70	Faible	-	-	Légère altération des sables
SD6	Remblais de surface	0,50	4,50	4,00	Moyenne à élevée	-	-	Remblais superficiels de faibles compactés et +/- altérés
	Masses et Marnes du Gypse résiduelles	4,50	7,00	2,50	Moyenne	-	-	Altération du toit de la formation
	Calcaire de Saint Ouen	23,20	24,50	1,30	Moyenne	-	-	Calcaire fracturé
SD7	Sables de Beauchamp	25,00	26,00	1,00	Moyenne	-	-	Légère altération des sables
	Sables de Beauchamp	33,00	37,50	4,50	Faible	-	-	Légère altération des sables
	Marnes et Caillasses	39,6	43,00	3,40	Faible à moyenne	-	42 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
SD8	Calcaire de Saint Ouen	20,90	22,70	1,80	Elevée	-	100 %	Dissolution du gypse (VIDE)
SD10	Marnes et Caillasses	38,80	40,70	0,90	Faible	Faible	74 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
<b>Deuxième campagne de sondages dossier C12.5327</b>								
SC11	Marnes et Caillasses	42,30	43,30	1,00	Moyenne à forte	-	-	Altération ou dissolution des passages gypseux
	Marnes et Caillasses	43,30	45,20	1,90	Elevée	-	100 %	Dissolution du gypse (VIDE)
	Marnes et Caillasses	46,10	47,70	1,60	Elevée	-	100 %	Dissolution du gypse (VIDE)
SC12	Masses et Marnes du Gypse résiduelles	6,00	10,80	4,80	Faible	-	-	Altération des marnes
	Calcaire de Saint Ouen	21,60	0,90	0,90	Moyenne	-	-	Calcaire fracturé
	Calcaire de Saint Ouen	22,50	23,50	1,00	Forte	-	-	Dissolution du gypse (VIDE)
	Marnes et Caillasses	43,50	44,50	1,00	Elevée	-	100 %	Altération des marnes et des passages gypseux
SC13	Marnes et Caillasses	46,50	50,10	3,60	Moyenne	-	-	Calcaire fracturé et marnes altérées
SP1	Masses et Marnes du Gypse résiduelles	4,60	46,70	4,70	Moyenne	-	68 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
	Calcaire de Saint Ouen	12,00	13,50	1,50	Moyenne	-	100 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
SP2	Calcaire de Saint Ouen	18,10	20,60	2,50	Faible à moyenne	-	100 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
	Calcaire de Saint Ouen	21,50	25,50	4,50	Moyenne à forte	-	100 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
SP3	Calcaire de Saint Ouen	13,00	17,50	4,50	Moyenne	-	-	Calcaire fracturé et marnes altérées
	Calcaire de Saint Ouen	21,30	22,50	1,20	Elevée	-	100 %	Dissolution du gypse (VIDE)
	Marnes et Caillasses	37,70	44,00	6,30	Moyenne à forte	-	78 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
SD11	Masses et Marnes du Gypse résiduelles	2,80	5,00	2,20	Faible	Elevé (environ 40 cps)	100 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
	Masses et Marnes du Gypse résiduelles	6,00	7,00	1,00	Faible	Elevé (environ 50 cps)	100 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
	Calcaire de Saint Ouen	22,00	23,50	1,50	Forte	Elevé (environ 50 cps)	100 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
SD12	Marnes et Caillasses	40,50	41,80	1,30	Forte	-	100 %	Altération ou dissolution des passages gypseux
	Marnes et Caillasses	49,00	50,00	1,00	Moyenne	-	100 %	Altération ou dissolution des passages gypseux

Ces anomalies sont également regroupées sur la coupe synoptique placée en page suivante et en annexe 6 du rapport.

2.5 - Coupe synoptique de tous les sondages réalisés lors des deux campagnes de sondages  
 Coupe Synoptique de l'Eco Quartier à PANTIN (93) :



## 2.6 - Contexte lié à la présence de dissolutions antéludiennes

Nos investigations ont relevés des zones d'altération au sein de plusieurs faciès :

- Calcaire de Saint Ouen : Plusieurs sondages montrent des anomalies au sein de ce faciès. En effet, on a pu constater des anomalies affectant 95 % de la formation notamment au droit du sondage SP2. Les autres anomalies affectent la formation entre 7% et 66%. Les sondages montrant les plus grandes anomalies sont les sondages SP2, SD4 et SP3 (formation affectée entre 52% et 95%). De plus, des vides ont été reconnus dans cette formation au droit des sondages SD8 et SP3. Ces vides ont une hauteur comprise entre 1.20 et 1.80 m.  
Les anomalies au sein du Calcaire de Saint Ouen affectent plus de 50 % du site.
- Les Sables de Beauchamp : Les sondages montrent des niveaux d'altération des sables mais pas d'anomalies liées au phénomène de dissolutions antéludiennes.
- Marnes et Caillasses : Plusieurs sondages montrent des anomalies au sein de ce faciès. En effet, on a pu constater des anomalies affectant la formation entre 6% et 45%. Les sondages montrant les plus grandes anomalies sont les sondages SD1, SC11 et SP3 (formation affectée entre 31% et 45%). De plus, des vides ont été reconnus dans cette formation au droit des sondages SC11 et SC12. Ces vides ont une hauteur comprise entre 1.00 et 1.90 m.

Les anomalies au sein du Calcaire de Saint Ouen affectent plus de 50 % du site. On constate également que certains sondages montrent des anomalies au droit des deux faciès (Calcaire de Saint Ouen et Marnes et Caillasses). En effet, les sondages SD11, SC12, SP3 montrent des anomalies importantes dans les deux faciès.

La zone impactée par ces anomalies est située sur un axe Nord-Ouest/Sud-Est. En fin, on constate également que les sondages montrant des vides est sur ce même axe.

Les cartes ci-après montrent la répartition des anomalies en l'état actuel du site et sur le plan projet.

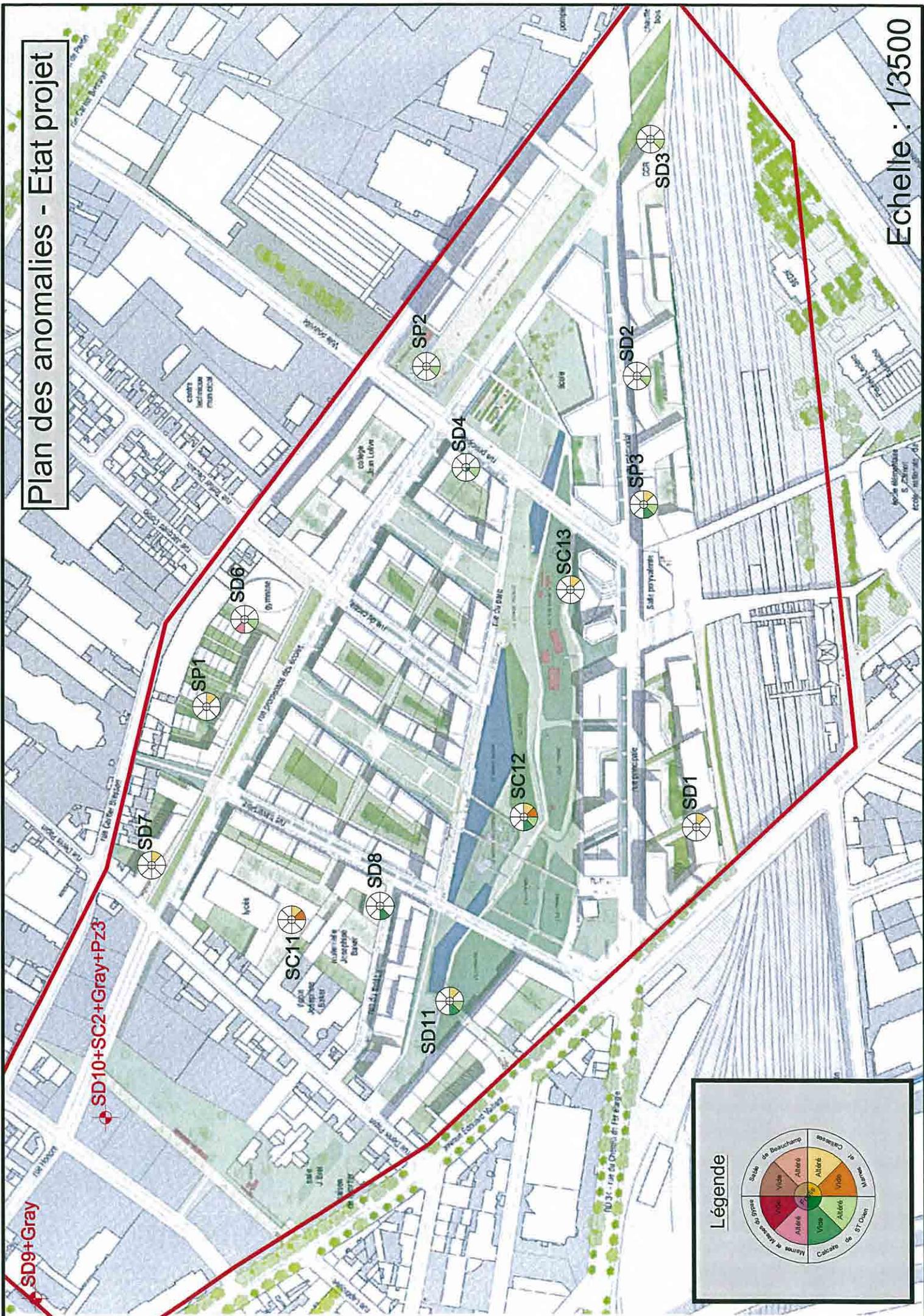
Nous rappelons que plusieurs forages de pompage ont été réalisés depuis l'ère post-industrielle. Ces pompages intensifs autour du site ont sans doute favorisé les dissolutions de gypse. Les pompages sont aujourd'hui arrêtés.





# Plan des anomalies - Etat projet

Echelle : 1/3500



### Légende

Segment	Color	Label
1	Yellow	Salle de Baluchamp
2	Orange	Cafétéria
3	Red	Maison de la Ville
4	Pink	Maison de la Ville
5	Purple	Maison de la Ville
6	Blue	Maison de la Ville
7	Green	Maison de la Ville
8	Teal	Maison de la Ville
9	Light Green	Maison de la Ville
10	Yellow-Green	Maison de la Ville
11	Yellow	Maison de la Ville
12	Orange	Maison de la Ville

Dans ce contexte de dissolution antéludiennes élevées (vides reconnus), il s'agit d'un aléa majeur pour le projet vis-à-vis du potentiel d'évolution de ces anomalies. Les phénomènes de dissolution étant à l'origine naturelle, ils ne présentent pas de géométrie régulière (à contrario des niveaux de carrières souterraines) et peuvent se présenter en poches isolées ou communicantes.

Pour apprécier plus finement le développement spatial de ces anomalies et définir les éventuels travaux de confortement du sous-sol à réaliser, il convient, conformément à la Notice de l'Inspection Générale des Carrières du 10 janvier 2003 relative aux travaux d'injection des anomalies liées à la dissolution du gypse antéludien, de réaliser des tests d'absorption de coulis.

Il faudra donc prévoir la réalisation de sondages complémentaires équipés pour la réalisation des tests de remplissage, descendus à la cote des anomalies repérées lors de nos investigations.

De plus, nous rappelons que des travaux de confortement sont dans tous les cas nécessaires au droit du sondage SD4. En effet, lors de la première campagne le sondage SD4 a montré l'existence d'un fontis en cours de remontée. Cette zone de fontis retrouvée devra, dans le cadre d'un aménagement, être injectée et traité afin d'éviter l'apparition en surface. Un test d'injection devra être réalisé afin d'estimer les volumes à injecter.

### **3 - Recommandation géotechniques**

A ce stade du projet, nous ne connaissons pas les caractéristiques finales du projet. L'objet de ce rapport est donc de fixer le cadre très général des aléas géologiques et géotechniques. Une mission complémentaires de type G12 avec des investigations complémentaires sera nécessaires au droit des bâtiments ou infrastructures du projet, une fois ceux-ci précisément défini.

De plus, nous vous rappelons qu'il est nécessaire au droit de chaque future construction de s'assurer de l'absence d'anomalie significative liées aux dissolutions de gypse antéludien et de prévoir des tests de remplissage qui s'accompagneront de travaux de confortement de sols et d'une adaptation du systèmes de fondations selon les anomalies reconnues.

Nous rappelons que selon la notice de l'Inspection Générale des carrières du 10 janvier 2003, que pour les constructions neuves, la base d'évaluation déterminant le nombre minimal de sondages sera de un pour 1000 m<sup>2</sup> non bâti et un pour 500m<sup>2</sup> bâti dont 50% seront équipés en Gamma -Ray.

#### **3.1 - Recommandations vis-à-vis des démolitions**

Dans le cadre de l'aménagement de l'Ecoquartier, nous vous recommandons, lors de la démolition des structures existantes, de supprimer ou d'arasé toutes les structure enterrées (fondations, cuves, fosses, massifs, ...) pouvant constituer des points durs pour les fondations et dallages futurs.

#### **3.2 - Recommandations vis-à-vis des fondations**

Au droit de la zone d'étude, une épaisseur importante de remblais a été reconnue, jusqu'à 6.40 m d'épaisseur (SC11), nous rappelons que l'ancrage des fondations dans cette formation sera dans tous les cas à exclure et les fondations devront être descendues au-delà des ces remblais, de faibles compacité et au-delà de la zone d'altération du faciès des Masses et Marnes du gypse.



- **Recommandations d'un bâtiment sans niveau de sous-sol**

➤ **Zone avec une épaisseur de remblais < 1.5 m :**

Une solution de fondation de type superficielle pourra être mise en œuvre au-delà des remblais et de la zone d'altération des Masses et Marnes du Gypse avec un ancrage d'au moins 0.5 m dans les Masses et Marnes de Gypse saine.

La portance de sol sera comprise entre 2 et 3bars. La validation de ce système de fondation nécessitera l'analyse des tassements prévisibles dans le cadre d'une étude géotechnique spécifique de type G12.

Nous vous recommandons une dalle portée par les fondations mais la solution de dallage sur terre plein avec purge des remblais et du toit des masses et Marnes de gypse pourra être étudiée en fonction des projets.

➤ **Zone avec une épaisseur de remblais comprise entre 1.5 et 3.0m :**

Dans le cas où l'épaisseur des remblais est supérieure à 1.5 m, nous vous recommandons la mise en œuvre de fondations de type puits ancrés au-delà des remblais et de la zone d'altération des Masses et Marnes du Gypse, d'au moins 0.5m dans le faciès sain des Masses et marnes du gypse.

La portance de sol sera comprise entre 2 et 3bars. La validation de ce système de fondation nécessitera l'analyse des tassements prévisibles dans le cadre d'une étude géotechnique spécifique de type G12.

Nous vous recommandons une dalle portée par les fondations.

➤ **Zone avec une épaisseur de remblais > 3.0m**

Dans les zones où l'épaisseur des remblais est supérieure à 3.0 m, nous vous recommandons la mise en œuvre de fondations profondes ancrés soit dans les Masses et Marnes du Gypse, soit dans le Calcaire de Saint Ouen.

- **Recommandations d'un bâtiment avec un niveau de sous-sol**

En l'absence de données relatives à l'éventuel sous-sol des futurs bâtiments, nous estimons le niveau bas du sous-sol à environ 3.20 m/TN (hauteur du sous-sol + dallage). Deux cas sont envisageable soit :

➤ **Zone avec une épaisseur de remblais < 3.0 m :**

Si le niveau bas est situé dans les Masses et Marnes du gypse, de fondations de type superficielles peuvent être envisagées avec un ancrage minimum de 0.5m dans cette formation au-delà de tous niveaux altérés.

La portance de sol sera comprise entre 2 et 3bars. La validation de ce système de fondation nécessitera l'analyse des tassements prévisibles dans le cadre d'une étude géotechnique spécifique de type G12.

Nous vous recommandons une dalle portée par les fondations mais la solution de dallage sur terre plein avec purge des remblais et du toit des masses et Marnes de gypse pourra être étudiée en fonction des projets.



➤ **Zone avec une épaisseur de remblais entre 3.0 m et 4.5m :**

Une solution de fondation de type superficielle pourra être mise en œuvre au-delà des remblais et de la zone d'altération des Masses et Marnes du Gypse avec un ancrage d'au moins 0.5 m dans les Masses et Marnes de Gypse saine.

La portance de sol sera comprise entre 2 et 3bars. La validation de ce système de fondation nécessitera l'analyse des tassements prévisibles dans le cadre d'une étude géotechnique spécifique de type G12.

Nous vous recommandons une dalle portée par les fondations mais la solution de dallage sur terre plein avec purge des remblais et du toit des masses et Marnes de gypse pourra être étudiée en fonction des projets.

➤ **Zone avec une épaisseur de remblais > à 4.5m :**

Dans le cas où l'épaisseur des remblais est supérieure à 4.5 m, nous vous recommandons la mise en œuvre de fondations de type puits ancrés au-delà des remblais et de la zone d'altération des Masses et Marnes du Gypse, d'au moins 0.5m dans le faciès sain des Masses et marnes du gypse.

La portance de sol sera comprise entre 2 et 3bars. La validation de ce système de fondation nécessitera l'analyse des tassements prévisibles dans le cadre d'une étude géotechnique spécifique de type G12.

Nous vous recommandons une dalle portée par les fondations.

- **Recommandations d'un bâtiment avec deux niveaux de sous-sol**

Dans le cas de deux niveaux de sous-sol, le niveau bas du projet est situé au sein des Masses et Marnes du Gypse. Dans ce cas, des fondations superficielles sont envisageables ancrées d'au moins 0.5 m dans ce faciès.

La portance de sol sera comprise entre 2 et 3bars. La validation de ce système de fondation nécessitera l'analyse des tassements prévisibles dans le cadre d'une étude géotechnique spécifique de type G12.

**3.3 - Recommandations vis-à-vis de la protection contre l'eau**

La nappe du Calcaire de Saint Ouen retrouvée au droit de nos sondages carottés est située entre 35 et 36 m NGF environ. Pour la réalisation de sous-sol, elle pourra ponctuellement atteindre la base des projets (cas de trois sous-sols ou deux sous-sols). De plus cette nappe est susceptible de subir des fluctuations en fonction de l'impluvium. Par conséquent, la réalisation de sous-sol pourra le cas échéant nécessiter un cuvelage pour des niveaux bas situés au-delà de 36 m NGF.

D'après la carte hydrogéologique de Delesse, datant de 1862, on constate que le niveau de la nappe est attendu vers 39-40 NGF, soit 9 à 10 m/TN actuel.

Nous rappelons que la nappe du Calcaire de saint Ouen présente à partir de 8 à 14 m/TN a tendance à remonter jusqu'aux sables de Monceau depuis l'ère post industrielle et de l'arrêt de gros pompages d'industries, aujourd'hui disparues.

De plus, en période climatique humide, il n'est également pas à exclure de constater des circulations d'eau temporaires et aléatoires au sein des formations du recouvrement, comme les Remblais de surface.

Nous vous recommandons de réaliser, avant tout commencement de travaux une étude hydrogéologique du secteur afin de déterminer les plus hautes eaux au droit du site et d'affiner les prescriptions de protection contre l'eau.



## **4 - Recommandations concernant les ouvrages d'infiltration**

### **4.1 - Généralité**

Nous rappelons que le contexte géotechnique du site est particulièrement sensible du fait de la présence avérée de niveaux gypseux dans le sous-sol et de niveaux de dissolutions bien développés. De plus, lors de l'infiltration des eaux dans les terrains gypseux, les eaux ainsi circulantes vont se charger en gypse ambiant et donc contribuer aux phénomènes de dissolution.

La Ville de Pantin et ses environs sont particulièrement concernés par ce risque. Néanmoins, aujourd'hui, l'ensemble du territoire n'est pas imperméabilisé et l'eau s'infiltré donc dans le sol sans pour autant générer systématiquement des dommages. Bien que sensible, la faisabilité d'infiltrations des eaux pluviales n'est pas à exclure mais doit être menée dans une politique de gestion du risque lié. C'est-à-dire qu'elle ne doit pas accentuer significativement le risque de dissolution (ouvrage d'infiltration concentrés pouvant impacter des niveaux gypseux exclus), et ne doit pas risquer de remanier significativement tout ouvrage actuel ou futur qui serait construit à proximité de zones d'infiltration.

### **4.2 - Ouvrages prévus dans le cahier des charges du projet**

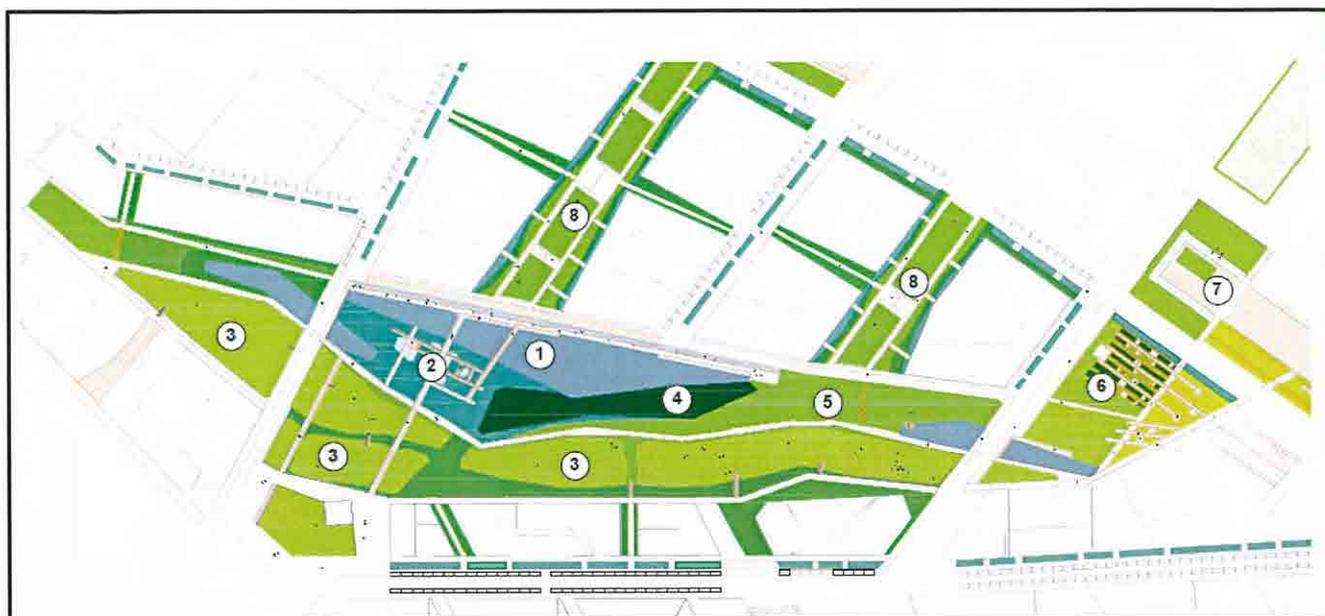
Le projet de l'Ecoquartier de la Gare de Pantin, prévoit la mise en œuvre de différents ouvrages pour la gestion des eaux pluviales. En effet, le projet va reposer sur une collecte centrale des eaux pluviales, dans un bassin centrale à ciel ouvert. Le parc est la pièce centrale du projet car il combine avec le jardin central et les extensions, sur plus de 6 hectares, le statu de parc public, de réserve de biodiversité et de machine hydraulique à l'échelle des 35 hectares dont il gère les eaux pluviales. Les contraintes hydrauliques, paysagères et environnementales ont incité les concepteurs du projet à imaginer un paysage submersible d'eau, d'îlets, de marais, de méandres en perpétuels mouvements.

Ainsi il est prévu la mise en œuvre de différents ouvrages permettant la gestion des eaux pluviales :

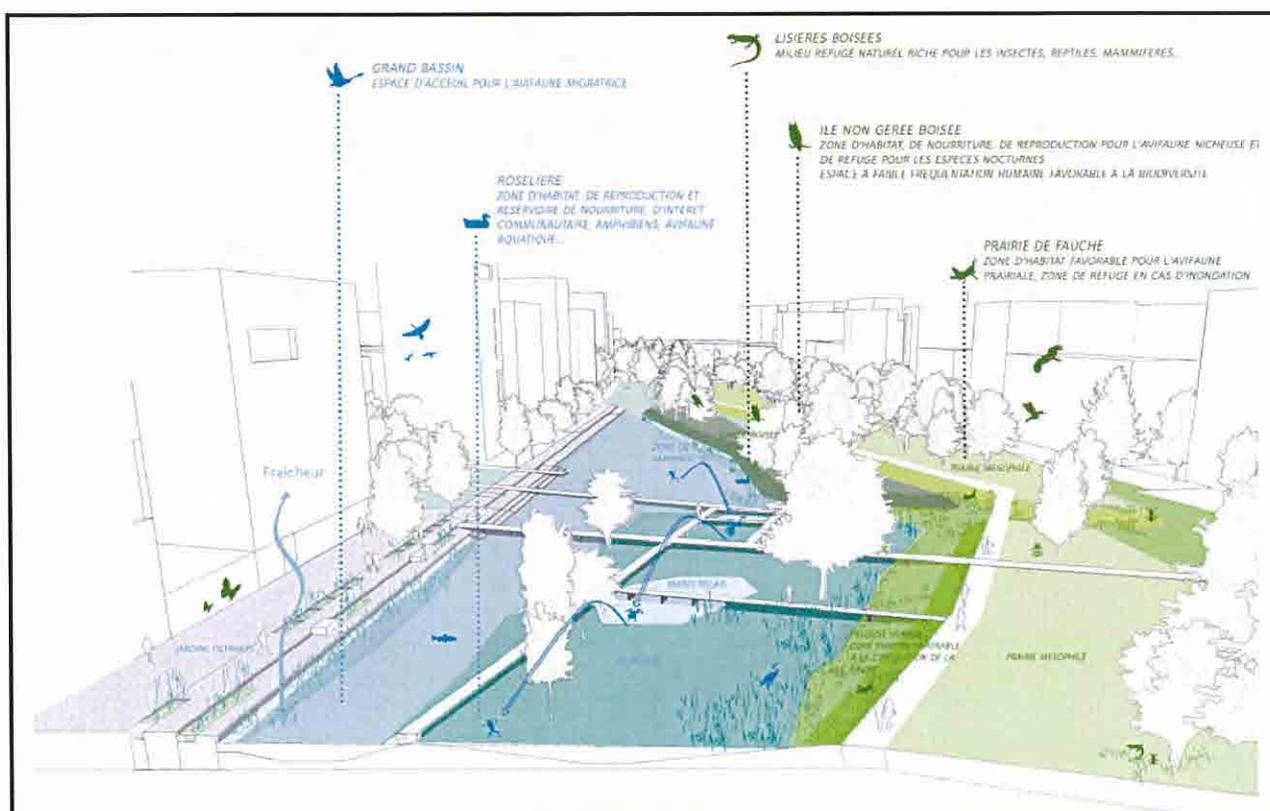
- 1/Le grand bassin et le quai-terrasse
- 2/Le marais
- 5/Les pelouses
- 8/ Les jardins attenants

Le schéma suivant positionne les différents ouvrages dans le projet d'Ecoquartier.





Plan du parc (extrait du Mémoire explicatif du projet)



Coupe du parc (extrait du Mémoire explicatif du projet)

De plus, le projet prévoit également deux réseaux d'assainissement à ciel ouvert :

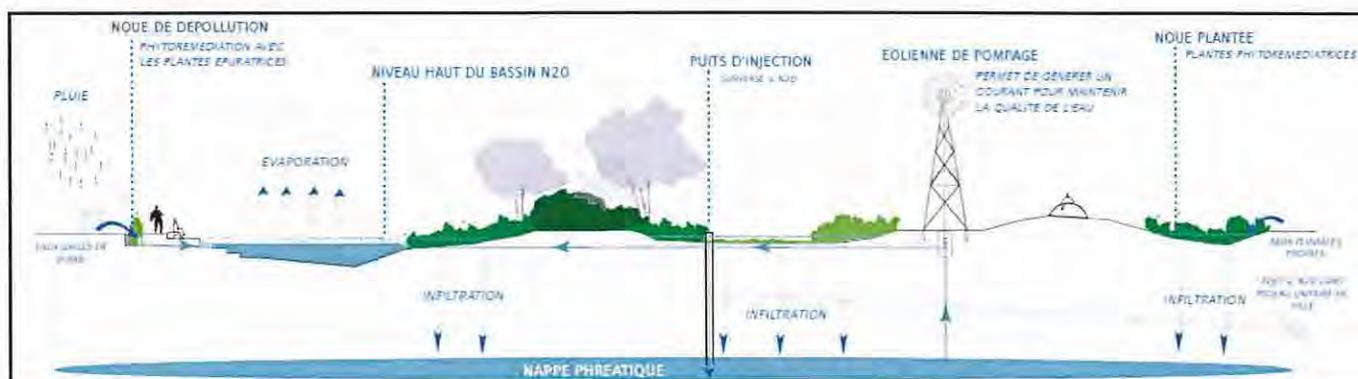
- **Un réseau pour les eaux propres :**

- **Domaine Public :** Les eaux propres de ruissellement issues des cheminements du parc seront infiltrées à travers le sol perméable et seront dirigées par la pente transversale des cheminements vers les rigoles enherbées du parc pour infiltration.
- **Domaine privé :** Les eaux de ruissellement du domaine privé seront infiltrées sur le périmètre de la parcelle, et raccordée au réseau public pour être acheminées vers les bassins du parc central. Les volumes générés par le domaine privé seront répercutés et gérés sur le domaine public à raison de 25l/s/ha. Les eaux pluviales collectées par phytoremédiation seront injectées par surverse dans la nappe superficielle pour des pluies de période de retour inférieures ou égales à 20 ans.

- **Un réseau pour les eaux polluées :**

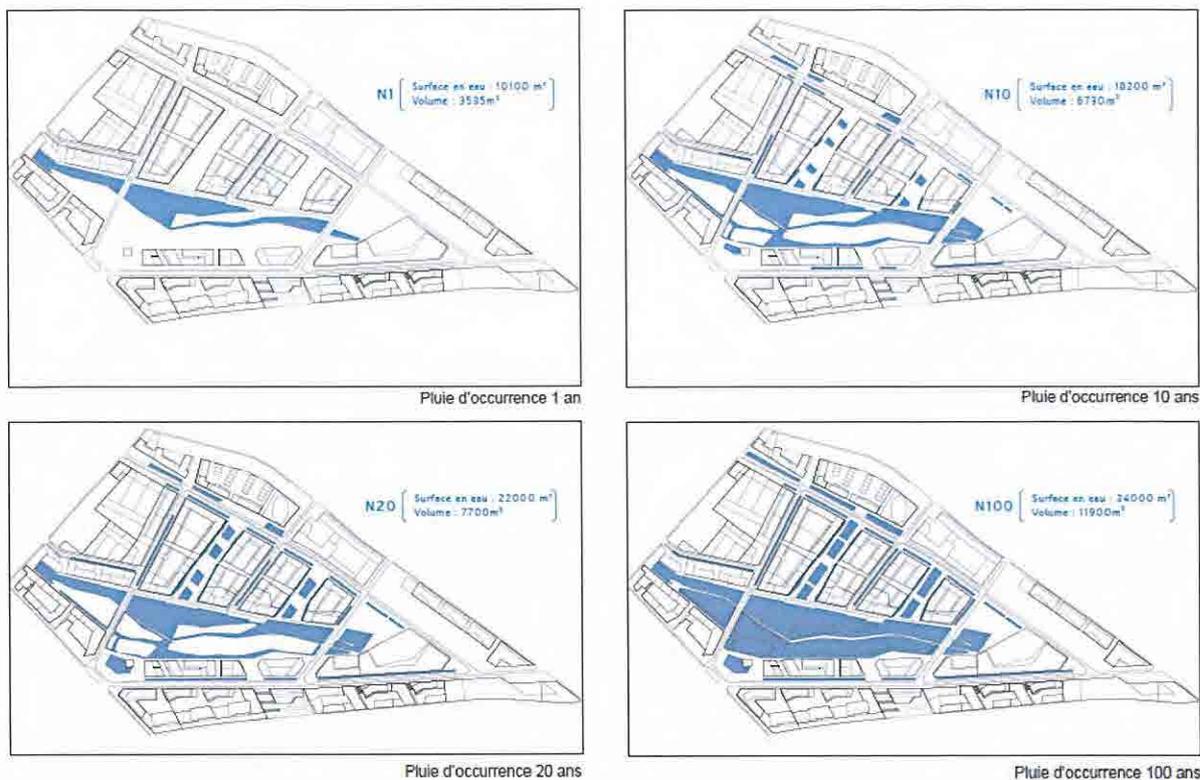
Les eaux polluées issues des voiries et des parkings, chargées en hydrocarbures, sont collectées dans des noues urbaines et traitées par un dispositif de filtration végétale, dimensionné spécifiquement pour ces apports et non pour la totalité des eaux, avec d'être acheminées vers le Parc. Les eaux pluviales polluées des voiries du site seront traitées par l'action des plantes et du sol.

Le projet prévoit aussi l'injection des eaux récoltées dans la nappe. En effet, durant les périodes pluvieuses de l'année (printemps, automne), le projet prévoit l'injection des eaux pluviales dépolluées et dépassant l'occurrence inférieures ou égales à 20 ans, dans la nappe superficielle par le biais d'un puits d'injection permettant et ainsi de recharger naturellement de la nappe.



**Schéma des ouvrages de performances environnementales (Extrait du Mémoire explicatif du projet)**

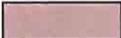
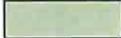
Enfin, le projet prévoit lors de pluie d'occurrence 10 ans, 20 ans et 100 ans, la possibilité d'inonder la majeure partie des surfaces non bâties.



**Schéma de l'inondabilité du parc dans le projet d'Ecoquartier (Extrait du Mémoire explicatif du projet)**

#### 4.3 - Examen des solutions envisagées dans le cahier des charges

Afin d'évaluer les risques engendrés par les divers ouvrages envisagés dans le cahier des charges du projet, nous avons récapitulé dans le tableau ci-dessous les effets et aléas engendrés par les différents ouvrages et essayé d'évaluer le risque encouru et d'envisager des mesures permettant dans certains cas de mettre en place ces dispositifs. Nous avons donc mis en place un code couleur :

	Risque maximal
	Risque moyen
	Risque faible
	Risque très faible

L'ingénieur chargé du dossier,  
Gwendaline FOLIE.



SYNTHESE DES PROBLEMATIQUES DES OUVRAGES D'INFILTRATION							
SOLUTIONS ENVISAGEES	DESCRIPTION DU CAHIER DES CHARGES PROJET	EFFETS ET ALEAS GENERES	RISQUES PREVISIONNELS	INCERTITUDE	MESURES POUR REDUIRE LES RISQUES	EVALUATION DU RISQUE	AVIS TECHNIQUE
POMPAGE DANS LA NAPPE SUPERFICIELLE (Calcaire de Saint Ouen)	Pas de renseignements Hypothèse d'un pompage dans la nappe libre du Calcaire de St Ouen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modification des chemins de circulations des eaux souterraines.</li> <li>- Modification du niveau des eaux souterraines</li> <li>- Activation importante du phénomène de dissolution avec développement de niveaux décomprimés voir de vides francs</li> <li>- Concentration des eaux en sulfate</li> <li>- Pollution urbaine des eaux potentielles.</li> <li>- Avis du BURGEAP : Nappe ne présentant aucun intérêt pour l'exploitation, en raison de son caractère plus ou moins discontinu, de sa faible puissance et de sa vulnérabilité aux nombreux pollutions d'origine urbaine ou industrielle capables de l'atteindre par percolation verticale au travers des minces couches de protection qui lui sont superposées</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1/ Evolution des dissolution en fontis avec effondrement en surface</li> <li>2/ Problème vis-à-vis de la sécurité des personnes</li> <li>3/ Risques de désordres sur les ouvrages proches</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Débit de la nappe</li> <li>- Communication avec les nappes sous-jacentes</li> <li>- Autorisation des services compétents (Police de l'eau)</li> </ul>	Néant		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interdiction de recourir à cette méthode</li> </ul>
POMPAGE DANS LA NAPPE PROFONDE (Calcaire grossier)	Pas de renseignements Hypothèse d'un pompage dans la nappe Calcaire Grossier	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modification des chemins de circulations des eaux souterraines.</li> <li>- Modification du niveau des eaux souterraines</li> <li>- Pas d'interaction avec les niveaux gypseux antéluviens en cas de non communication entre la nappe lutécienne et les Marnes et Caillasses.</li> <li>- Avis du BURGEAP : Ce sont des eaux fortement minéralisées en raison de leur confinement et de la présence de gypse interstratifié dans les niveaux perméables au travers desquels elles percolent. De plus, il s'agit d'une nappe d'extension notable, au fonctionnement hydraulique complexe et dont les sources d'alimentation sont variées : lorsqu'on déprime localement les sables par pompage, on modifie les conditions d'écoulement du système, lequel, pour se rééquilibrer, fait appel à des flux de différentes origines. Dans ces conditions, on conçoit que l'exploitation de la nappe doit être gérée dans son ensemble et qu'il soit nécessaire d'ajuster les prélèvements de manière à éviter le creusement d'un cône de dépression trop accentué.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1/ Evolution des dissolution en fontis si communication entre la nappe lutécienne et les Marnes et Caillasses</li> <li>2/ Problème vis-à-vis de la sécurité des personnes</li> <li>3/ Risques de désordres sur les ouvrages proches</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Débit de la nappe</li> <li>- Communication entre les nappes</li> <li>- Autorisation des services compétents (Police de l'eau)</li> </ul>	S'assurer de la non communication des deux nappes (Marnes et caillasses et Calcaire Grossier)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etude hydrogéologique approfondie requise pour avis</li> </ul>

SYNTHESE DES PROBLEMATIQUES DES OUVRAGES D'INFILTRATION							
<b>PUITS D'INFILTRATION SUPERFICIEL (Calcaire de Saint Ouen)</b>	Collecte des eaux pluviales et rejet de celles-ci dans la nappe superficielle (située entre -10 et 15 m) pour des pluies de période de retour inférieures ou égales à 20 ans	- Remonté du niveau de la nappe - Activation du phénomène de dissolution - Création de vides à faibles profondeurs	1/Risques d'inondation des sous-sols situés à proximité 2/Evolution des dissolutions en fontis avec effondrement en surface 3/Problème vis-à-vis de la sécurité des personnes 4/Risques de désordres sur les ouvrages proches	- Communication avec les nappes sous-jacentes - Capacité des terrains à l'infiltration - Autorisation des services compétents (Police de l'eau)	Néant		- Interdiction de recourir à cette méthode
<b>PUITS D'INFILTRATION PROFOND (Calcaire Grossier)</b>	Pas prévu dans le cahier des charges	- Modification des chemins de circulations des eaux souterraines. - Modification du niveau des eaux souterraines - Pas d'interaction avec les niveaux gypseux antéludiens en cas de non communication entre la nappe lutécienne et les Mames et Caillasses.	1/ Evolution des dissolution en fontis si communication entre la nappe lutécienne et les Mames et Caillasses 2/ Problème vis-à-vis de la sécurité des personnes 3/ Risques de désordres sur les ouvrages proches	- Communication entre les nappes des Mames et Caillasses et du Calcaire grossier - Autorisation des services compétents (Police de l'eau)	- Etude hydrogéologique - Essai de pompage		- Méthode envisageable - Coût élevé de cette méthode
<b>MARAIS</b>	Pas de renseignements	- Infiltration d'eau dans les terrains soumis à dissolution de gypse - Activation importante du phénomène de dissolution avec développement de niveau décomprimés voir de vides francs	1/ Evolution des dissolution en fontis avec effondrement en surface 2/ Problème vis-à-vis de la sécurité des personnes 3/ Risques de désordres sur les ouvrages proches	- Communication avec les nappes sous-jacentes - Capacité des terrains à l'infiltration - Autorisation des services compétents (Police de l'eau)	Néant		- Interdiction de recourir à cette méthode
<b>JARDINS ATTENANTS</b>	Permettent le stockage des eaux pluviales par un système de douves latérales et de pelouses centrales inondables	- Infiltration importante à proximité des bâtiments - Activation importante du phénomène de dissolution avec développement de niveaux décomprimés voir de vides francs - Multiplication du risque de fuite d'eau dans les terrains superficiels vis-à-vis du linéaire de réseau associé et donc du risque d'activation des dissolution	1/ Evolution des dissolution en fontis avec effondrement en surface 2/ Problème vis-à-vis de la sécurité des personnes 3/ Risques de désordres sur les ouvrages proches	- Communication avec les nappes sous-jacentes - Capacité des terrains à l'infiltration - Autorisation des services compétents (Police de l'eau)	Néant		- Interdiction de recourir à cette méthode
<b>GRAND BASSIN ET QUAI TERRASSE</b>	Vaste plan d'eau permanent de 190 m de long non perméable	- Remonté du niveau de la nappe - Activation du phénomène de dissolution - Création de vides à faibles profondeurs	1/ Evolution des dissolution en fontis avec effondrement en surface 2/ Problème vis-à-vis de la sécurité des personnes 3/ Risques de désordres sur les ouvrages proches	- Communication avec les nappes sous-jacentes - Capacité des terrains à l'infiltration - Autorisation des services compétents (Police de l'eau)	Néant		- Interdiction de recourir à cette méthode
	Vaste plan d'eau permanent de 190 m de long perméable	- Fuites accidentelles d'eau dans le sol en cas de dégradation de l'ouvrage	1/ Evolution des dissolution en fontis avec effondrement en surface 2/ Problème vis-à-vis de la sécurité des personnes 3/ Risques de désordres sur les ouvrages proches	- Autorisation des services compétents (Police de l'eau)	- Bassin étanche - Dispositions de fondations des bassins		- Solution recommandée
<b>INONDABILITE DU PARC</b>	Plusieurs zones de stockage d'eau sont prévues sur l'ensemble du projet et notamment entre les bâtiments pour le stockage de pluie d'occurrence 10 ans, 20 ans ou 100 ans	- Infiltration d'eau dans les terrains soumis à dissolution de gypse - Activation importante du phénomène de dissolution avec développement de niveau décomprimés voir de vides francs	1/ Evolution des dissolution en fontis avec effondrement en surface 2/ Problème vis-à-vis de la sécurité des personnes 3/ Risques de désordres sur les ouvrages proches	- Communication avec les nappes sous-jacentes - Capacité des terrains à l'infiltration - Autorisation des services compétents (Police de l'eau)	Néant		- Interdiction de recourir à cette méthode

# **ANNEXES**

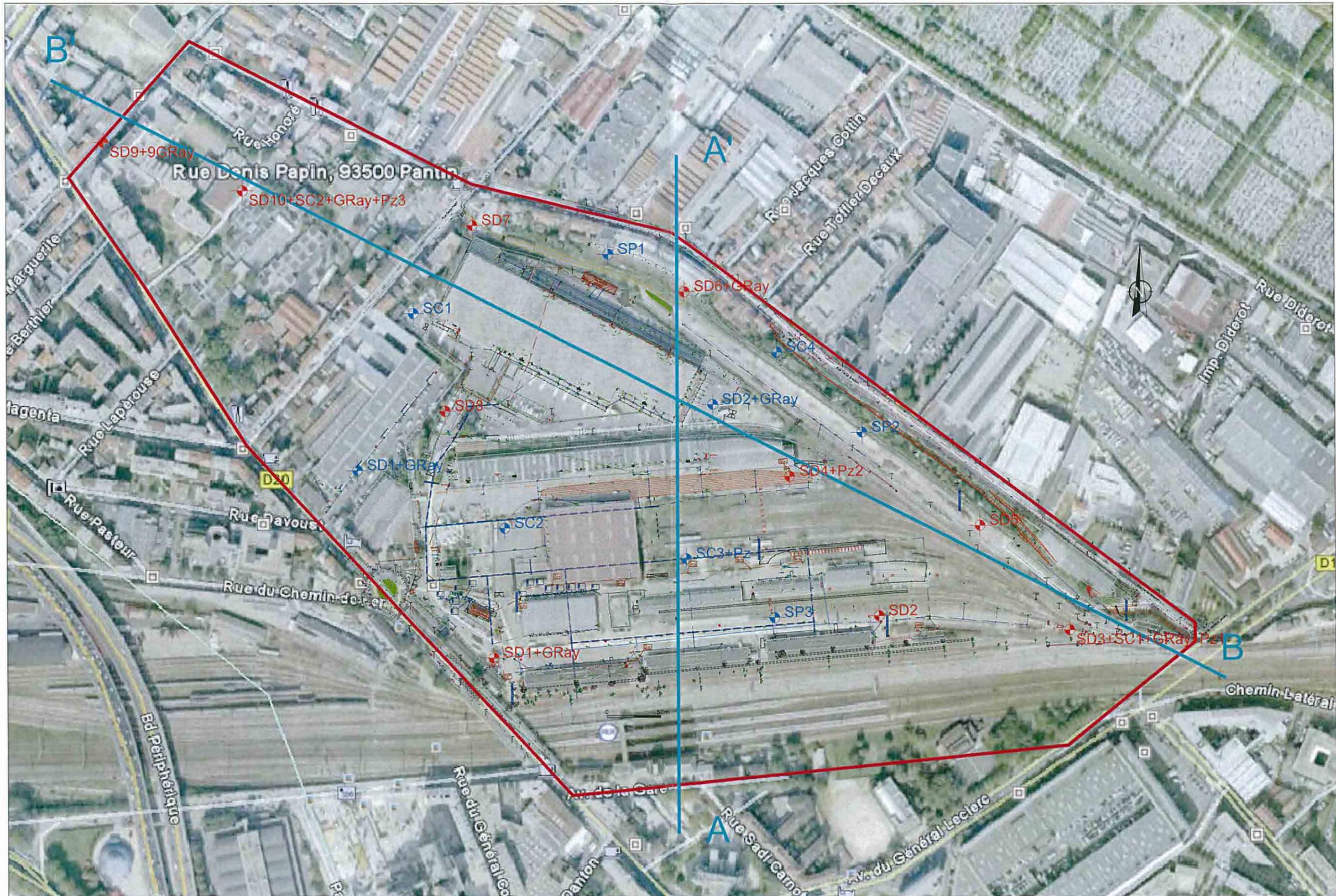
## **ANNEXE 1**

### **PLAN DE SITUATION**



## **ANNEXE 2**

# **PLAN D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS**



Sondages phase 1	SD	Sondages destructifs	GRay	Sondages équipés pour mesures Gamma-Ray	Sondages phase 2	SP	Sondages pressiométriques	GRay	Sondages équipés pour mesures Gamma-Ray	B' — B	Coupe rapport SEMOFI Phase 1
	SC	Sondages carottés	Pz	Piézomètres		SC	Sondages carottés	Pz	Piézomètres	A' — A	Coupe Phase 2

## **ANNEXE 3**

# **DESCRIPTION DES TECHNIQUES DE SONDAGES**

## Les sondages destructifs enregistrés

Les sondages destructifs préalables aux essais pressiométriques ont été effectués conformément aux prescriptions de la norme 94.110. Ces sondages ne sont donc pas en tout point comparables aux sondages destructifs purs. Dans tous les cas, les enregistrements des paramètres sont les suivants :

- **la vitesse instantanée d'avancement de l'outil (VIA)**, en m/h. Elle traduit la rapidité avec laquelle l'outil de forage traverse le matériau. A ce titre, elle est représentative de la résistance globale de la matière traversée, mais aussi de l'adéquation entre l'outil et ce matériau. En effet, un matériau peut être peu résistant à la traversée de l'outil tout en présentant des caractéristiques mécaniques acceptables pour d'autres contraintes,
- **la pression sur l'outil (PO)** en bar. Elle représente généralement l'appui appliqué par la tête de rotation sur le train de tiges (sur l'outil s'applique aussi le poids des tiges). Cette pression enregistre aussi la retenue de la machine vis-à-vis de la chute libre (pour des raisons de sécurité). Elle devra rester la plus constante possible,
- **la pression d'injection (PI)** en bar. Elle représente la pression dans le conduit du fluide de foration et donc est proportionnelle à la capacité du terrain à boucher l'outil de forage. Généralement, ce sont les terrains imperméables qui génèrent les pressions les plus fortes,
- **le couple de rotation (CR)** en bar. Il enregistre la pression hydraulique dans les flexibles d'arrivée des moteurs qui entraînent le train de tiges. Globalement, cette pression est inversement proportionnelle à la facilité avec laquelle l'outil tourne dans le sol,

Ces paramètres sont enregistrés en numérique, avec sortie en parallèle sur bande papier.

Afin de déterminer la signature paramétrique de l'équipement en condition de chute libre, deux types d'étalonnage ont été effectués :

- le premier (étal.1) avant foration avec la tête de foration seule. Cet étalonnage a été réalisé de façon systématique pour chacun des sondages ;
- le second (étal.2) en fin de foration avec la tête équipée de l'ensemble des tiges et de l'outil utilisé pour réaliser le forage. Cet étalonnage se fait en remontant l'ensemble des tiges d'environ 2 m depuis le fond du forage.

## **Les essais pressiométriques**

Les essais pressiométriques ont été réalisés conformément aux prescriptions de la norme AFNOR NF-P94.110.

L'essai pressiométrique consiste à gonfler une sonde normalisée dans le sol jusqu'à ce que ce dernier cède sous la pression de gonflement.

La réalisation des essais dépend donc fortement de la qualité des parois du forage préalable. De ce fait, les enregistrements des paramètres des forages préalables ne sont pas à interpréter comme ceux de véritables sondages destructifs décrits auparavant.

L'analyse de la courbe effort/déformation de chaque essai permet de déterminer, conformément à la norme, trois phases distinctes de l'essai :

- l'amorce de la courbe reflète la mise en contact de la sonde avec les parois du sol, et donc de la qualité du forage,
- une deuxième partie centrale rectiligne qui traduit la plage de résistance du massif de sol permettant de calculer le module du terrain et de définir la pression de fluage. C'est la phase pseudo-élastique de l'essai.
- au-delà du point de fluage, la courbe tend rapidement vers une asymptote verticale donnant la pression limite de rupture du sol.

Les résultats sont présentés sur un profil-coupe faisant apparaître les éléments suivants :

- les formations géologiques,
- les caractéristiques pressiométriques des sols :
  - la pression de fluage  $P_f$ , en MPa,
  - la pression limite de rupture  $P_l$ , en MPa,
  - le module pressiométrique  $E$ , en MPa.

## **Les équipements piézométriques**

Ils correspondent à la mise en place, dans un sondage réalisé préalablement (ici, destructif foré à l'eau), de tubes en PVC pleins en partie supérieure (tube lisse sans ouverture) et de tubes crépinés en partie inférieure (tube avec des ouvertures régulières permettant à l'eau renfermée dans les terrains de passer dans le sondage). Au niveau des tubes crépinés, nous mettons en place, dans l'espace annulaire, des terrains drainants (graviers dont le diamètre est adapté à l'ouverture des crépines). Au droit des tubes pleins, nous mettons de la sobranite pour créer une étanchéité.

Ce sondage permet de mesurer le niveau de l'eau et de suivre son évolution dans le temps.

## **Les mesures gamma ray**

Les mesures gamma-ray sont effectuées dans un forage préalablement équipé de tubages afin de maintenir ses parois. Elles consistent en la descente et en la remontée dans le forage d'une sonde, à la vitesse d'environ 2 m/min mesurant en continu l'émission radioactive naturelle du sol.

Cette émission provient de la désintégration des éléments contenus dans les minéraux des terrains, et sa mesure permet d'obtenir des informations sur les composants des différentes formations. En effet, la radioactivité naturelle est essentiellement due à la désintégration des isotopes radioactifs de trois éléments : le potassium, l'uranium et le thorium, mesurée en chocs/seconde (cps).

Le potassium est de très loin l'élément le plus présent dans les roches sédimentaires car il rentre dans la composition des argiles ce qui n'est pas le cas de l'uranium et du thorium dans la région qui nous intéresse. De cette propriété découle son utilisation, puisque les bancs argileux vont présenter une forte radioactivité en comparaison avec les calcaires et le gypse. Dans notre cas, une fois les bancs argileux mis en évidence par rapport aux bancs de gypse, les données des mesures des sondages destructifs corrélées aux mesures gamma ray permettent de mettre en évidence les zones potentiellement sujettes à la dissolution.

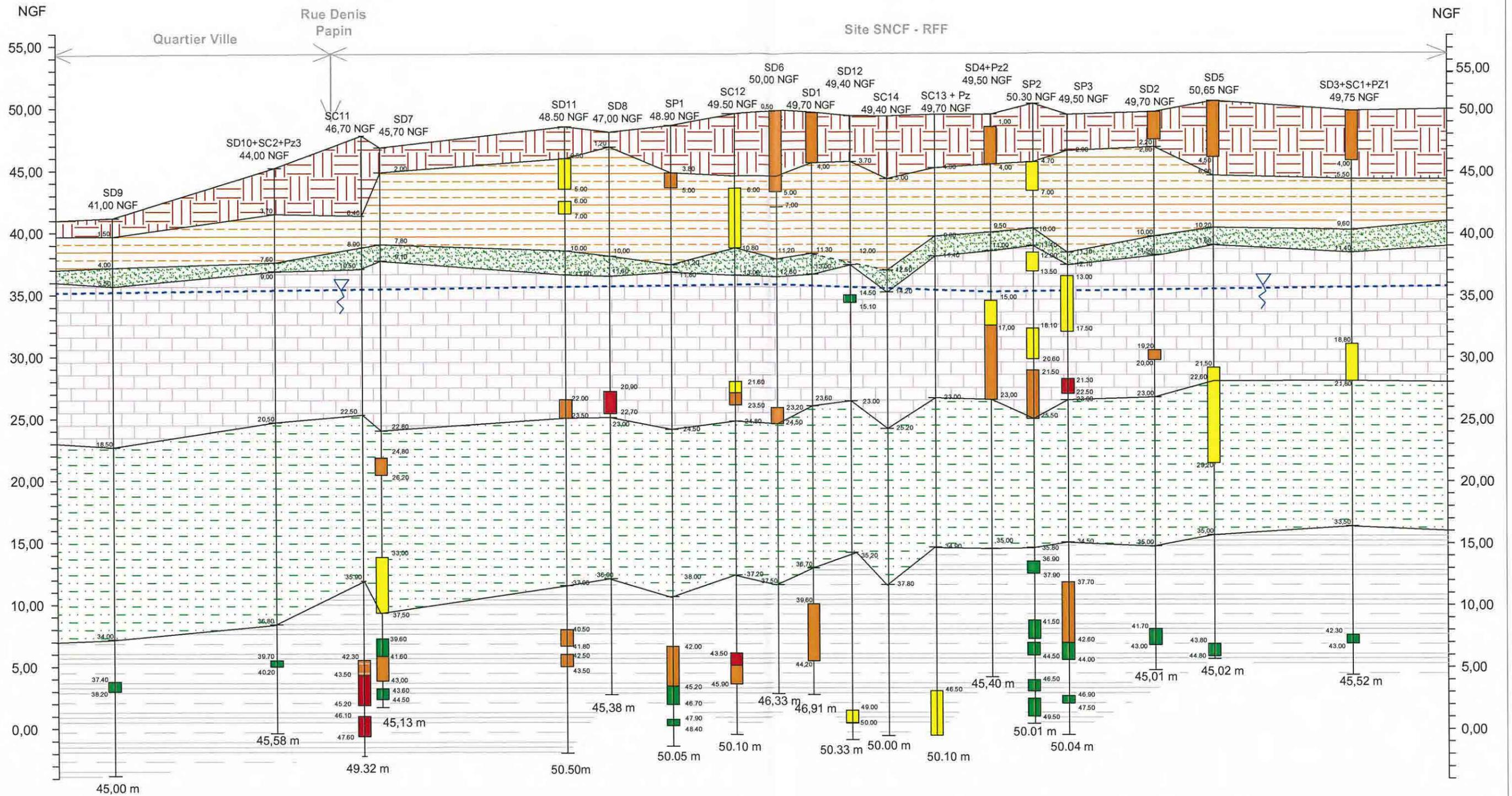
## **ANNEXE 4**

# **RESULTAT DES SONDAGES DESTRUCTIFS ET MESURES GAMMA-RAY DE LA PREMIERE CAMPAGNE DE SONDAGES**

## **ANNEXE 8**

# **COUPE SYNOPTIQUE DU TERRAIN**

# Coupe Synoptique de l'Eco Quartier à PANTIN (93) :



- Passages légèrement altéré ou fracturé
- Passages altérés ou très fracturés
- Passages très décomprimés à vides
- Passages de gypse encore sain

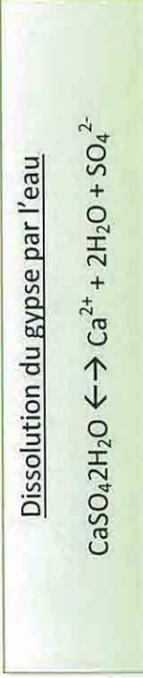
- Remblais de surface: composés d'argiles ou de sables +/- graveleux et contenant des blocs divers
- Masses et Marnes du gypse résiduelles: composées de marnes à passages argileux +/- altérés
- Sables de Monceau: composés de sables verdâtres à passages +/- argileux

----- Nappe du Calcaire de Saint Ouen

- Calcaire de Saint Ouen : composés de Marnes et de bancs calcaires beiges rosés à passages gypseux +/- altérés
- Sables de Beauchamp : composés de sables verdâtres à passages +/- argileux à marneux et quelques passages gréseux
- Marnes et Caillasses : composés d'une alternance de bancs calcaires et de bancs marneux à blocs calcaires blancs à grisâtres + passages gypseux +/- altérés

**ANNEXE 9**

**FICHE D'INFILTRATION**



	Gypse Antéluvien	Formations gypseuses peu profondes	Carrières à ciel-ouvert	Carrières souterraines
Configuration schématique				
Aléa géotechnique majeur	Dissolution des lentilles/bancs gypseux (l'aléa est fonction de la quantité de gypse présente dans les formations)	Dissolution des bancs de gypse	Entrainement de fines et dissolution de gypse résiduel dans les remblais, favorisé par un drainage préférentiel des eaux ↓ Perte de matière	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrainement de fines et dissolution de gypse résiduel dans les remblais de carrières souterraines.</li> <li>Dissolution des bancs de gypse résiduels favorisé par un drainage préférentiel dans les niveaux exploités.</li> </ul>
Risques au droit et abords des ouvrages d'infiltrations	Formation de passages décomprimés à vides ↓ <ul style="list-style-type: none"> <li>Apparitions de flaches</li> <li>Affaissements / Effondrements</li> <li>Remontées de cloches de fontis</li> </ul> Etapes de l'évolution d'un fontis : Etape 1 : présence d'une cavité Etape 2 : rochers au toit de la cavité Etape 3 : remontée de la décompression Etape 4 : rupture du toit en surface 	Dissolution des bancs de gypse ↓ Formation de passages décomprimés à vides ↓ <ul style="list-style-type: none"> <li>Apparitions de flaches</li> <li>Affaissements / Effondrements</li> <li>Remontées de cloches de fontis</li> </ul>	Tassements de sol ↓ Déformations ↓ Affaissements ↓ Les bassins d'infiltration prévus au droit de la carrière Sovérini entraîneront des tassements du sol non maîtrisables. 	Tassements des remblais de carrières ↓ Alération et dissolution du gypse ↓ Augmentation du vide en carrières ↓ Fragilisation des piliers et du recouvrement des carrières ↓ <ul style="list-style-type: none"> <li>Apparitions de flachs</li> <li>Affaissements / Effondrements</li> <li>Remontées de cloches de fontis</li> </ul>
Risques sur les avoisinants	Déformations ↓ Tassements de sol ↓ Affaissements ↓ Et/ou ↓ impacts effondrement / fontis			
Prescriptions usuelles *	<b>Les ouvrages d'infiltration surfaciques et localisées (qui concentrent les eaux) sont interdits sauf dans le cadre de prescriptions spécifiques (données en bas de page).</b> Ces prescriptions sont données à la suite d'un examen géotechnique approfondi et prennent en compte : <ul style="list-style-type: none"> <li>Puits d'infiltration</li> <li>Bassins d'infiltration</li> <li>Noues</li> <li>Zones humides,...</li> </ul>			
Prescriptions pour les avoisinants	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptation géotechnique des ouvrages pour faire face aux déformations de terrains (fondations filantes, géotextile,...)</li> <li>Mise en place de joints souples sur les réseaux enterrés (afin d'éviter une éventuelle rupture en cas de léger mouvement de terrain),</li> </ul>			
Prescriptions et risques spécifiques *	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les ouvrages d'infiltrations de type puits devront être approfondis au-delà des niveaux gypseux avec étanchéification de l'ouvrage au-dessus et au droit de ce niveau.</li> <li>Création d'une bande (marge de sécurité) de 20m minimum aux abords des ouvrages d'infiltrations sur laquelle la réalisation de tout ouvrage est interdit.</li> </ul>			

(\*) Liste non exhaustive.

## **ANNEXE 10**

# **MISSIONS GEOTECHNIQUES**

NFP 94-500

Tableau 1 — Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés
* NOTE À définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante.				

**Tableau 2 — Classification des missions types d'ingénierie géotechnique**

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques.</p> <p>Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.</p>
<p><b>ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PRÉALABLES (G1)</b></p> <p>Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p><b>ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE (G11)</b></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.</li> <li>— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.</li> </ul> <p><b>ÉTUDE GÉOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)</b></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).</li> </ul> <p>Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).</p>
<p><b>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)</b></p> <p>Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.</p> <p><b>Phase Projet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.</li> <li>— Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.</li> </ul> <p><b>Phase Assistance aux Contrats de Travaux</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Établir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).</li> <li>— Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.</li> </ul>
<p><b>ÉTAPE 3 : EXÉCUTION DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES (G3 et G4, distinctes et simultanées)</b></p> <p><b>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)</b></p> <p>Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.</p> <p><b>Phase Étude</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.</li> </ul> <p><b>Phase Suivi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.</li> <li>— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).</li> <li>— Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.</li> </ul> <p><b>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)</b></p> <p>Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p><b>Phase Supervision de l'étude d'exécution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.</li> </ul> <p><b>Phase Supervision du suivi d'exécution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.</li> </ul>
<p><b>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</b></p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.</li> </ul> <p>Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.</p>