



## FONDASOL NANTES

ASTURIA - BATIMENT B

4 RUE EDITH PIAF

44800 SAINT HERBLAIN

☎ 02 51 77 86 50

✉ nantes@groupefondasol.com

## UGECAM BRPL



## CONSTRUCTION D'UN POLE ENERGIE

Saint-Herblain 44800

# Etude géotechnique G1 + G2-AVP

PR.44GT.25.0091 - 001

Rév.	Date	Nb pages*	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
A	10 juillet 2025		1ère diffusion	A. LEMAITRE	A. GALISSON
B					
C					

\*Nombre de pages hors annexes, paginées séparément

# SOMMAIRE

<b>A.</b>	<b>Présentation de notre mission</b>	<b>4</b>
A.1.	Eléments du contrat	4
A.2.	Mission selon la norme NF P94-500	4
A.3.	Documents à notre disposition pour cette étude	5
A.4.	Description du projet	6
A.5.	Programme d'investigations	7
<b>B.</b>	<b>Caractéristiques générales du site</b>	<b>9</b>
B.1.	Description générale du site	9
B.2.	Topographie du site	10
B.3.	Contexte géologique	11
B.4.	Enquête documentaire	11
<b>C.</b>	<b>Résultats des investigations</b>	<b>18</b>
C.1.	Lithologie	18
C.2.	Niveau d'eau	20
C.3.	Essais et analyses en laboratoire	20
<b>D.</b>	<b>Principes de construction envisageables pour les ouvrages géotechniques</b>	<b>21</b>
D.1.	Contraintes spécifiques du site / identification des aléas géotechniques	21
D.2.	Données liées au risque sismique	21
D.3.	Dispositions vis-à-vis des eaux souterraines	22
D.4.	Travaux d'adaptation du site pour accueillir le projet	22
D.5.	Première approche de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)	23
D.6.	Modes de fondations et structures de niveaux bas envisageables	23
<b>E.</b>	<b>Étude des fondations superficielles</b>	<b>25</b>
E.1.	Type et niveaux d'assise des fondations	25
E.2.	Modèle et hypothèses géotechniques	25
E.3.	Ebauches dimensionnelles - première approche des tassements	27
E.4.	Première approche des dispositions constructives et des sujétions d'exécution	27
<b>F.</b>	<b>Étude de l'assise des dallages</b>	<b>29</b>
F.1.	Données d'entrée	29
F.2.	Préparation du support – nature et qualité de la couche de forme	29
F.3.	Objectifs visés et ébauche dimensionnelle de la couche de forme	29
F.4.	Caractéristiques des sols supports de dallage à long terme	30
F.5.	Première approche des tassements	30
F.6.	Première approche des dispositions constructives et sujétions d'exécution	30
<b>G.</b>	<b>Conclusion, aleas résiduels, Suites à donner</b>	<b>32</b>

G.1.	Projet des ouvrages géotechniques phase AVP et aléas identifiés _____	32
G.2.	Données d'entrée nécessaires pour la mission G2 PRO _____	32
G.3.	Enchaînement des missions normalisées _____	33

## **ANNEXES**

- 1. Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (NF P94-500) – 1 page**
- 2. Missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P94-500) – 1 page**
- 3. Résultats des investigations in situ – 5 pages**
- 4. Résultats des essais de laboratoire – 4 pages**

# A. PRESENTATION DE NOTRE MISSION

## A.1. Eléments du contrat

Il est prévu la construction d'un pôle énergie situé au 31 Boulevard Salvador Allende à ST HERBLAIN (44).

Maître d'Ouvrage : UGECAM BRPL

Demandeur : UGECAM BRPL

Devis : SQ.44GT.25.04.065 du 28/04/2025 et SQ.44GT.25.06.022-Indices C du 27/06/2025

Commande : n° I623-0425 et n° I647-06-25 par UGECAM BRPL.

## A.2. Mission selon la norme NF P94-500

Etude géotechnique **G1\_PGC + G2\_AVP** selon la norme NF P94-500 (Missions d'Ingénierie Géotechnique Types – Révision de novembre 2013).

Le présent rapport comprend :

- L'étude préliminaire du site,
- Le suivi et l'analyse des résultats des investigations,
- La synthèse du contexte géologique et géomécanique du site et l'analyse de son influence sur le projet,
- La caractérisation de l'agressivité du sol vis-à-vis des bétons,
- L'approche de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG),
- Les principes d'adaptation au site,
- Les hypothèses géotechniques pour la justification des ouvrages géotechniques,
- L'ébauche dimensionnelle géotechnique des éléments de fondation.

Notre mission ne comprend pas, notamment :

- L'ébauche dimensionnelle des ouvrages de soutènement,
- L'étude détaillée du risque de liquéfaction des sols du site sous séisme,
- L'étude des ouvrages de gestion des eaux pluviales.

Remarques importantes :

- Cette étude géotechnique ne concerne pas les aspects géothermiques ; des études géologiques, hydrogéologiques et thermiques spécifiques, aux profondeurs requises pour ces projets, doivent être menées pour en définir les potentialités et analyser les aléas particuliers qui pourraient y être liés (notamment risque de mise en communication de nappes, d'artésianisme, de sols gonflants, etc.). Le département Hydrogéologie de FONDASOL peut prendre en charge ces prestations sur la base d'une offre de service spécifique.

- L'objet de l'étude géotechnique n'est pas de détecter une éventuelle contamination des sols par des matières polluantes, ni de définir les filières d'évacuation des déblais. Le cas échéant, le

service Environnement de FONDASOL est disponible pour établir un devis de diagnostic environnemental.

### A.3. Documents à notre disposition pour cette étude

#### A.3.1. Documents préalables

Nous avons disposé pour cette étude des documents suivants :

- [1] Plan d'implantation du pôle énergie
- [2] Cahier de charges daté du 21 mai 2025 établie par AIA Ingénierie
- [3] Plan topographique daté du 25 juillet 2005
- [4] Plan de principe de repérages des sondages
- [5] Plan de masse du pôle énergie version A et version B

#### A.3.2. Autres sources d'information

Nous avons également utilisé la carte IGN, les données du BRGM, la carte géologique du secteur au 1/50000 et les vues aériennes du secteur disponibles sur [remonterletemps.ign.fr](http://remonterletemps.ign.fr).

#### A.3.3. Données manquantes

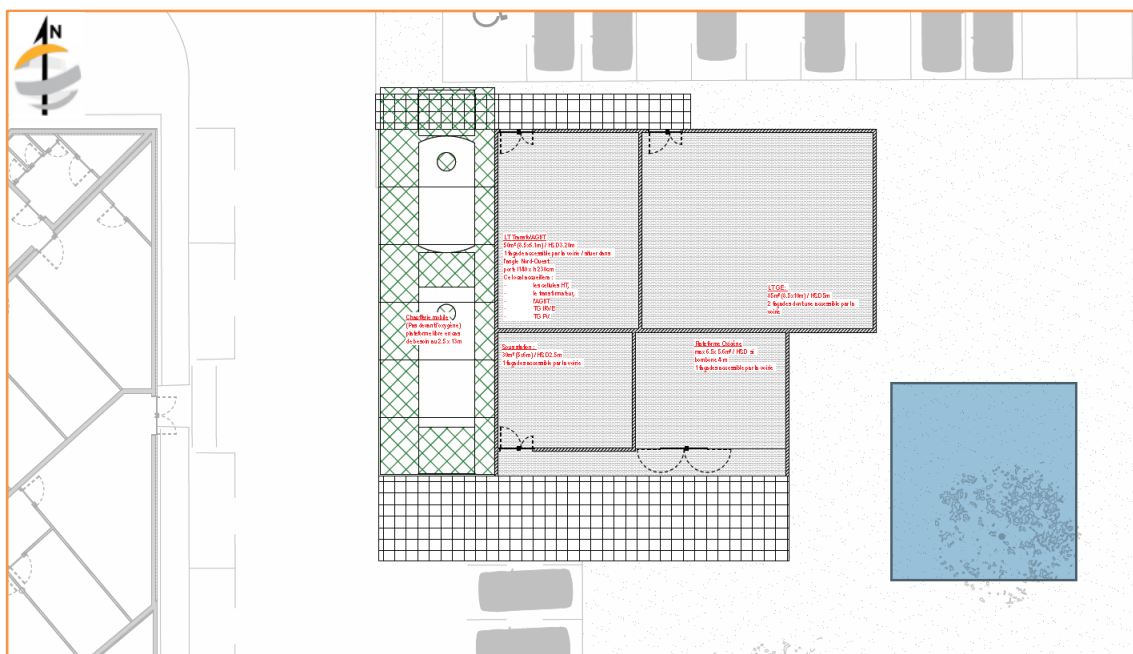
Les éléments suivants ne nous ont pas été fournis :

- Descentes de charges,
- Tassements absolus et différentiels admissibles,
- Catégorie d'importance du projet vis-à-vis du risque sismique.

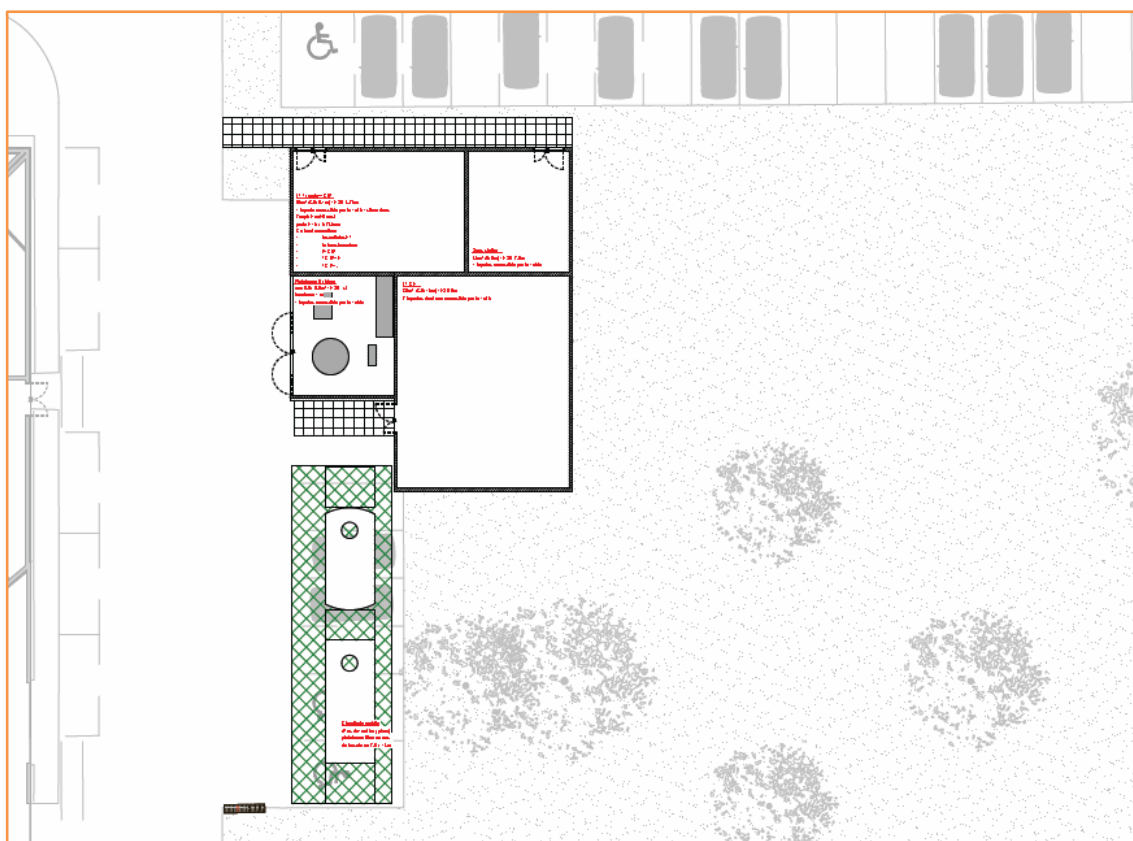
#### A.4. Description du projet

#### A.4.1. Caractéristiques générales du projet et des ouvrages

Le projet consiste à la création d'un pôle énergie. Le bâtiment se situera à l'est de la clinique sur une emprise au sol de l'ordre de 250 m². Pour le projet deux versions sont préconisé. Soit la version A ou soit la version B.



Plan masse version A - Extrait de [5]



Plan masse version B - Extrait de [5]

Le niveau bas du projet est supposé en profil rasant par rapport au niveau du terrain naturel actuel.

Nous supposons ici des surcharges sur dallage inférieures à 2,0 t/m<sup>2</sup> et des seuils de déformation courants pour les bâtiments (à confirmer par le maître d'ouvrage).

Les tassements absolus et différentiels admissibles sous exploitation ne nous ont pas été communiqués.

Nous ne disposons pas d'autre information concernant ce projet au moment de la rédaction de ce rapport.

#### A.4.2. Catégorie géotechnique et de durée d'utilisation du projet des ouvrages

En l'absence d'indication, nous avons considéré, conformément à l'Eurocode 0 et à l'Eurocode 7, les hypothèses suivantes :

- Catégorie géotechnique du projet : 2
- Classe de conséquence des ouvrages : CC2
- Catégorie de durée d'utilisation des ouvrages définitifs : 4 (50 ans)

Ces hypothèses seront à confirmer par le Maître d'ouvrage.

#### A.4.3. Catégorie d'importance vis-à-vis du risque sismique

La catégorie d'importance d'ouvrage d'après le cahier de charges fourni [2] est : III.

### A.5. Programme d'investigations

#### A.5.1. Investigations in-situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

- **SDI** et **SD2** : 2 sondages géologiques descendus à une profondeur de 5,0 m maximum pour la reconnaissance géologique.
- **DPTI** et **DPT2** : 2 essais au pénétromètre dynamique (selon la norme NF EN ISO 22476-2) descendus à 5 m de profondeur ou poussés au refus. Ces essais permettront de mesurer en continu la résistance dynamique en pointe des différentes couches de sols et de préciser le niveau d'assise des fondations du projet.

Les sondages ont été implantés en fonction des contraintes d'accessibilité du site, et nivelé par nos soins.

Ils ont été réalisés au moyen d'une sondeuse hydraulique de marque FONDASOL (FL40). Les échantillons ont été prélevés à la tarière continue Ø63 mm.

Les résultats des investigation in-situ réalisées par FONDASOL sont donnés en annexe du présent rapport.

### A.5.2. Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire suivants ont été réalisés :

- I teneur en eau naturelle,
- I valeur au bleu de méthylène du sol (VBS),
- I analyse granulométrique par tamisage.

Les résultats de ces analyses en laboratoire sont en annexe du présent rapport.

Un échantillon de sol et de l'eau sera prélevé dans le piézomètre. Les essais suivants seront réalisés en laboratoire :

- I analyse d'agressivité des sols sur les bétons,
- I analyse d'agressivité des eaux sur les bétons,

Les résultats de ces analyses en laboratoire seront joints, en annexe du présent rapport, dès réception.



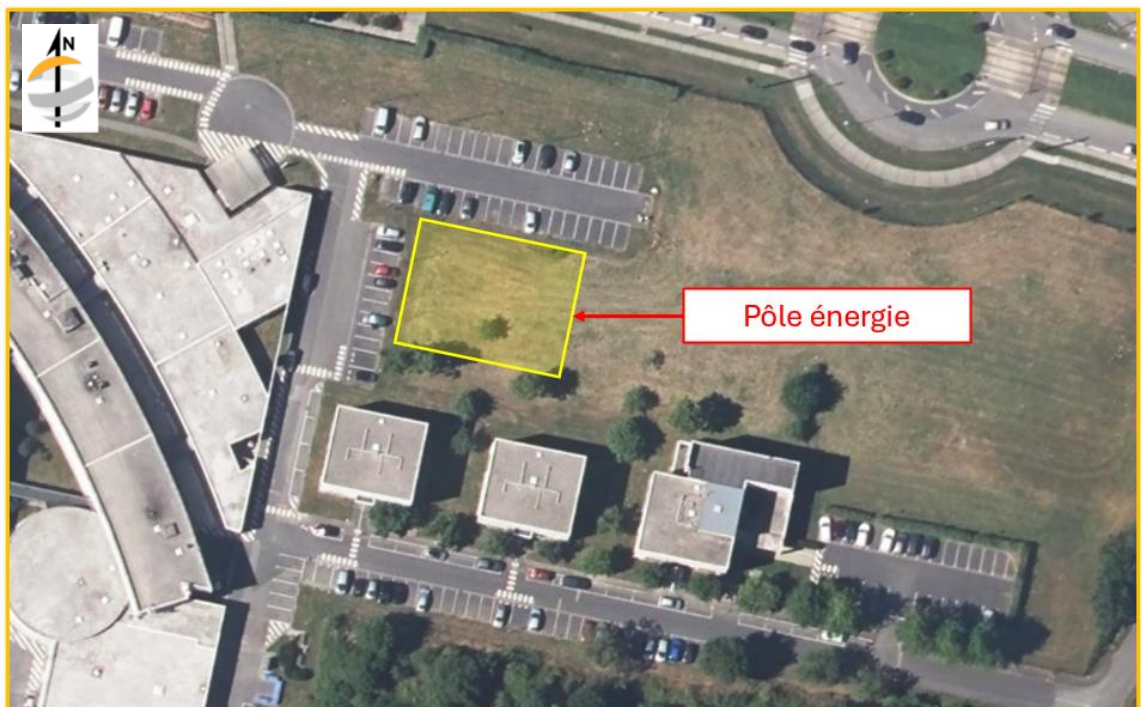
## B. CARACTERISTIQUES GENERALES DU SITE

### B.1. Description générale du site

Situation du terrain :

- Adresse du site : 31 Boulevard Salvador Allende, 44800 Saint-Herblain
- Parcelle cadastrale : CE n°0505

Lors de notre intervention, le terrain était vierge de toute construction apparente. Il était couvert d'une végétation moyennement dense avec la présence de quelques arbres.



Photographie aérienne du site datée de 2023 (source : Géoportail)



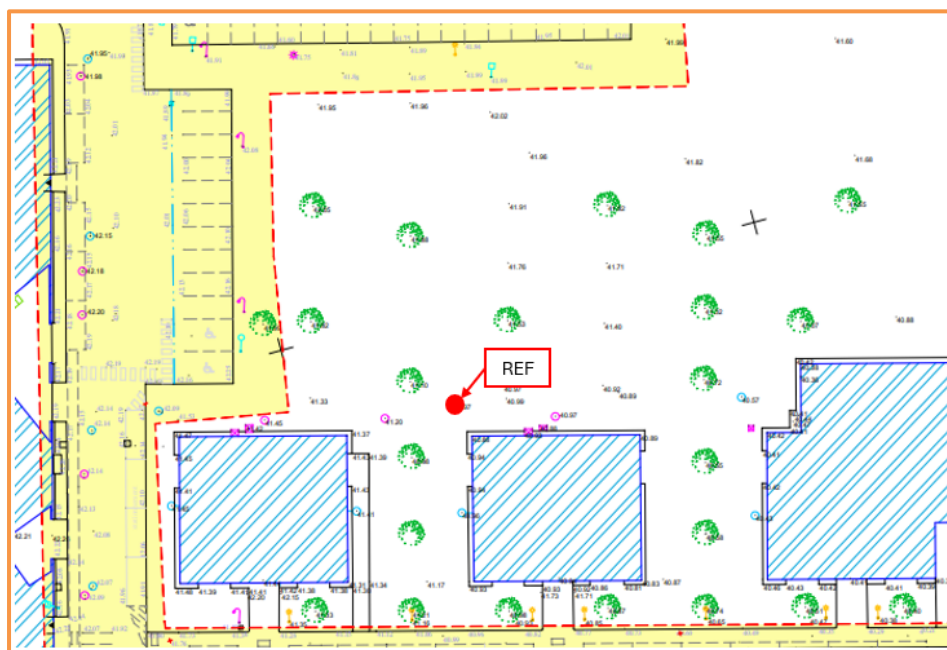
Vues du site et sur le sondage SD1+DPT1 et SD2+DPT2 (visite de site le 13/05/25)

## B.2.Topographie du site

Le nivellement des sondages a été réalisé par rapport au regard de visite du réseau EP présent à proximité du projet. Ce point de référence est à la cote +40,52 suivant le référentiel de NGF-IGN69 (repris par le terme NGF dans la suite du rapport) et basé sur le plan topographique fourni [3].



*Vue de la référence de nivellement*



*Plan topographique avec le point de référence REF*

D'après le nivellement que nous avons effectué, l'altitude du terrain actuel (TA) au droit des points de sondage est la suivante :



Sondage	SDI+DPT1	SD2+DPT2
Altitude (m NGF)	+41,29	+42,00

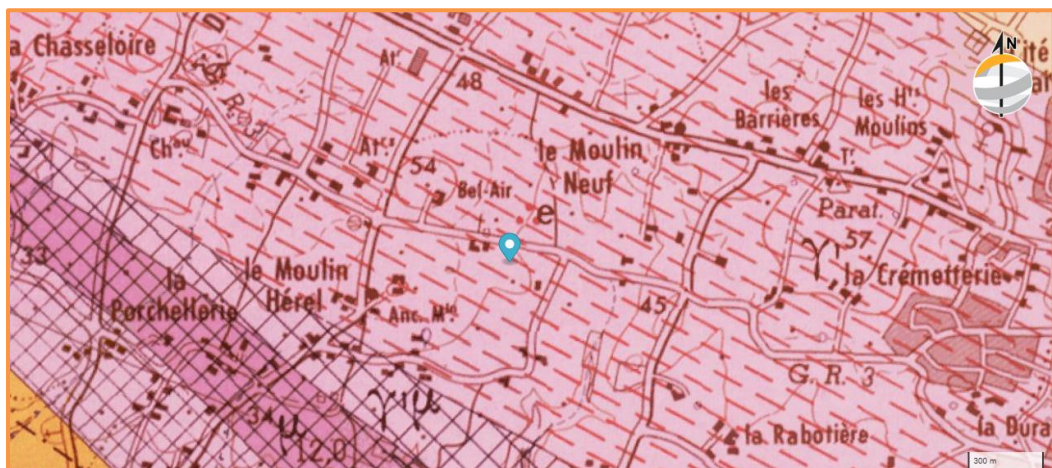
Le dénivelé du sol est d'environ 0,70 m entre le point de sondage SDI+DPT1 et SD2+DPT2.

Dans la suite de notre rapport, les altitudes seront arrondies à 1 chiffre après la virgule.

### B.3.Contexte géologique

D'après la carte géologique du BRGM au 1/50000 de NANTES et notre connaissance du secteur permettaient de prévoir la succession lithologique suivante :

- Couverture superficielle végétale et/ou remblais,
- Limons et arènes sableuses,
- Substratum de granite plus ou moins altéré en tête.



Extrait de la carte géologique du BRGM (source : BRGM ©)

Dans le contexte géologique, le toit du substratum granitique correspond à une surface d'érosion et d'altération. De ce fait, il sera toujours possible de rencontrer des pointements rocheux ou des approfondissements du toit du substratum de granite sous le recouvrement des arènes sableuses. Ces variations lithologiques engendrent d'importantes hétérogénéités des caractéristiques mécaniques.

### B.4.Enquête documentaire

#### B.4.1. Risques naturels connus

Risque	Aléa / sensibilité	Document réglementaire et date de prescription
Inondations par débordement d'un cours d'eau	PPRi Inondations	44DDTM20080006
Remontées de nappe	Terrain à priori situé dans une zone à priori non-sujette aux débordements de nappe ni aux inondations de caves	Zones sensibles aux remontées de nappes (infoterre.brgm.fr)

Retrait-gonflement des sols argileux	Aléa faible selon arrêté du 22 juillet 2020	Exposition au retrait gonflement des argiles (Géorisques.gouv.fr)
Cavités	Pas de cavité recensée à moins de 500 m du projet	Cavités souterraines abandonnées non minières (Géorisques.gouv.fr)
Mouvement de terrain	Pas de mouvement de terrain recensé à moins de 500 m du projet	Mouvement de terrain (Géorisques.gouv.fr)
Risque sismique	Zone de sismicité 3 « modéré »	Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010
Rayonnement ionisants (décret n°2002-460 du 4 avril 2002) - Radon	Potentiel élevé (catégorie 3)	Arrêté du 27 juin 2018 IRSN
Pollution	Pas d'odeur particulière détectée. <i>Nota : l'étude géotechnique ne constitue pas une étude environnementale.</i>	

## B.4.2. Inventaire des risques naturels connus

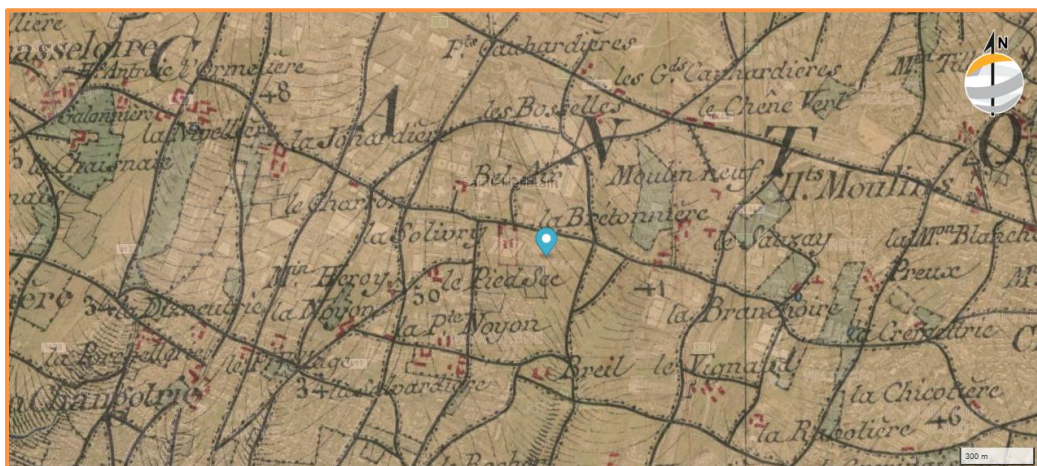
La commune a fait l'objet de plusieurs arrêtés de catastrophe naturelle repris ci-après.

Code National CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le journal officiel du	Risque	Commune
NOR19830906	18/07/1983	21/07/1983	06/09/1983	11/09/1983	Mouvement de Terrain	SAINT-HERBLAIN
NOR19830906	18/07/1983	21/07/1983	06/09/1983	11/09/1983	Inondations et/ou Coulées de Boue	SAINT-HERBLAIN
NOR19830910	18/07/1983	21/07/1983	10/09/1983	11/09/1983	Grêle	SAINT-HERBLAIN
NOR19830910	18/07/1983	21/07/1983	10/09/1983	11/09/1983	Tempête	SAINT-HERBLAIN
NOR19830910	18/07/1983	21/07/1983	10/09/1983	11/09/1983	Inondations et/ou Coulées de Boue	SAINT-HERBLAIN
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	Inondations et/ou Coulées de Boue	SAINT-HERBLAIN
INTE9900627A	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999	Mouvement de Terrain	SAINT-HERBLAIN
IOCE0919394A	10/05/2009	10/05/2009	14/08/2009	20/08/2009	Inondations et/ou Coulées de Boue	SAINT-HERBLAIN

Cette liste n'est pas exhaustive. Il appartient aux concepteurs du projet de s'assurer que le projet tient compte des prescriptions liées à l'ensemble des risques, y compris non géotechniques.

## B.4.3. Eléments historiques

D'après l'extrait ci-dessous, le terrain était à l'origine (en 1820-1866) des champs le long d'une route.



Extrait de la carte d'état-major de 1820-1866 (source : Géoportail ©)

L'analyse des photographies aériennes et historiques de 1950-1965 ne révèle la présence d'aucun ouvrage antérieur aux constructions existantes sur le site.



Les informations données ci-après concernant l'historique du site sont issues de vues aériennes disponibles sur [remonterletemps.ign.fr](http://remonterletemps.ign.fr). Il ressort de ces éléments que le site a été aménagé entre 1992 ou 2000.





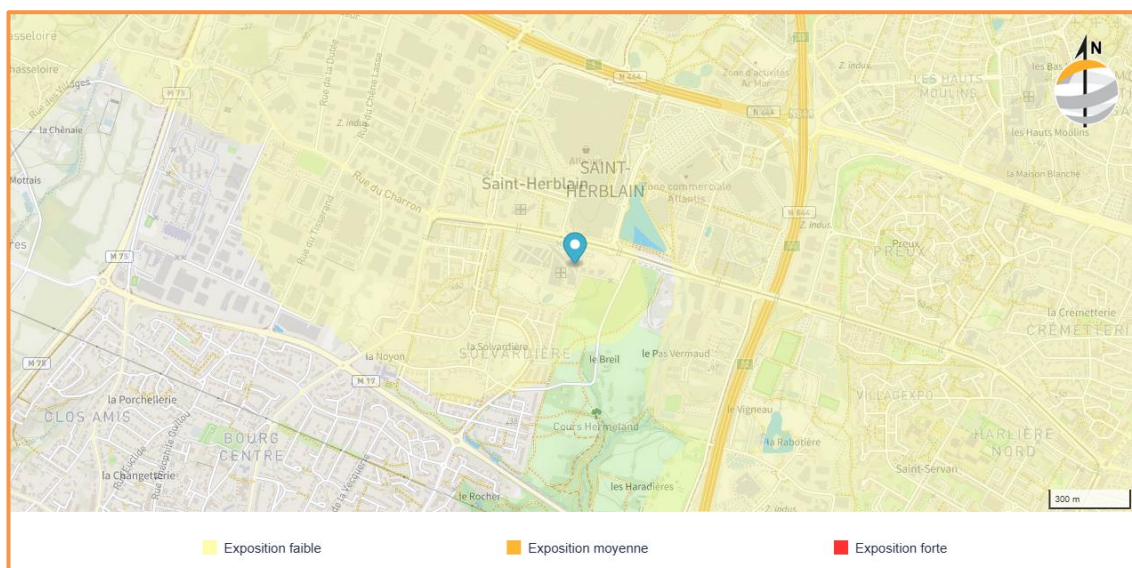
Vue aérienne datée de 1992 (source : remonterletemps.ign.fr)



Vue aérienne datée de 2000 (source : remonterletemps.ign.fr)

#### B.4.4. Exposition au retrait/gonflement des argiles

D'après la cartographie numérique à une échelle de validité de 1/25000 consultable sur le site [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr) le terrain est inscrit dans une zone d'exposition **faible** au retrait/gonflement des argiles par variations hydriques.



Extrait de carte de d'exposition au retrait/gonflement des argiles

#### B.4.5. Aléa inondation par crue

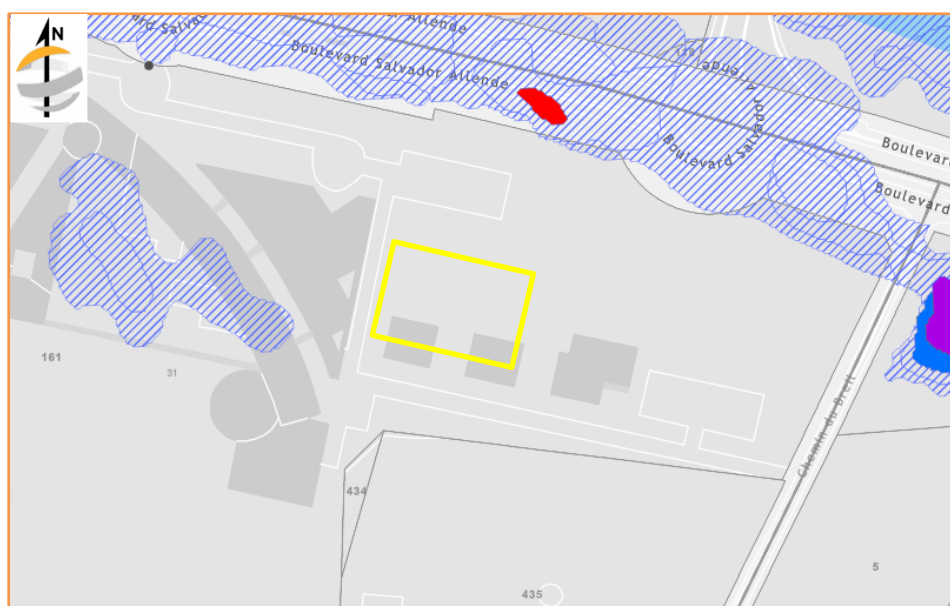
La commune de Saint Herblain comprend un plan de prévention des risques PPRn Inondation et fait partie du Programme d'Action de prévention contre les Inondations, des Territoires à Risque important d'inondation auxquels il convient de se référer.

Numéro du document	Nom du PPR	Risque	Etat	Date d'approbation	Commune
44DDTM20080006	PPRi LOIRE Aval Agglo Nantaise	Inondation	Approuvé	31/03/2014	SAINT-HERBLAIN

D'après ces documents, le site n'est pas concerné par le risque inondation par crue.

#### B.4.6. Aléa « Inondations » par ruissellement (PLUm)

D'après la carte de zonage du PLUm, le terrain **n'est pas concerné** par le risque d'inondation par ruissellement.

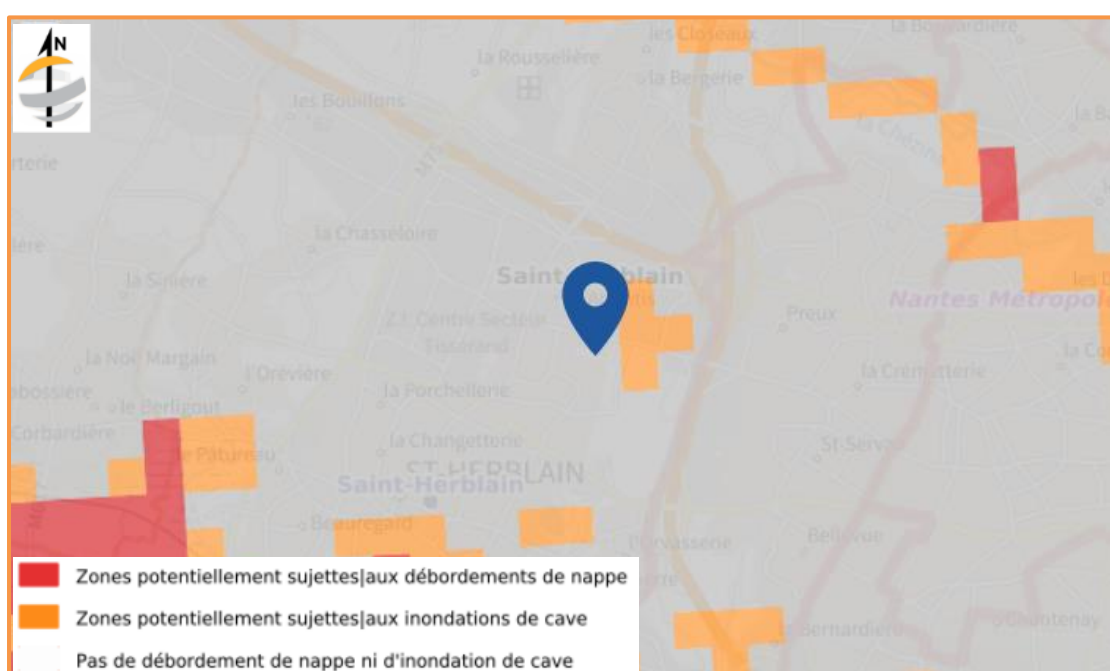


Extrait de la carte de zonage du PLUm (4-2-6 : Cycle de l'eau)

	Cours d'eau		
		<b>Zone de prévention</b>	<b>Zone de précaution</b>
<b>Risque d'inondation par ruissellement</b> (Zone d'accumulation par pluie exceptionnelle)	<div>Aléa moyen</div> <div>Aléa fort</div> <div>Aléa très fort</div>	<div>Risque d'inondation par ruissellement</div> <div>(Zone d'accumulation par pluie exceptionnelle)</div>	<div>Recommandation</div> <div>(cf l'Orientation d'Aménagement et de Programmation TVBp)</div>
<b>Risque d'inondation par débordement de cours d'eau</b>	<div>PPRI Loire Amont, Loire Aval et Sèvre</div> <div>(renvoi aux annexes du PluM règlements PPRI)</div>	<div>Risque d'inondation par débordement de cours d'eau</div>	<div>AZI Erdre, Estuaire et Grand-Lieu</div> <div>(cf 5.1.2. du règlement écrit)</div>

### B.4.7. Aléa inondation par remontée de nappe

D'après la carte des remontées de nappe, à une échelle de validité de 1/10 000, qui est disponible sur le site [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr), le terrain n'est pas inscrit dans une zone de débordements de nappe ni d'inondation de cave.



Extrait de la carte de l'aléa « Remontée de la nappe »

La pose et le suivi mensuel d'un piézomètre nous a été confié. Ce suivi mensuel en PZI reste le meilleur moyen pour caractériser localement cet aléa.

### B.4.8. Pollution

L'objet de l'étude géotechnique n'est pas de détecter une éventuelle contamination des sols par des matières polluantes.

Nous pouvons simplement préciser que les échantillons de sols prélevés ne présentaient pas d'odeurs suspectes. Pour plus de précisions, une étude environnementale pourrait être réalisée.

### B.4.9. Sismicité

D'après le décret n°2010-1255 daté du 22 octobre 2010, la commune se situe en zone de sismicité 3 (sismicité « modérée »).



#### B.4.10. Rayonnements ionisants

D'après la carte du potentiel radon établie par l'IRSN (source : irsn.fr et reprise en annexe), la commune est en catégorie 3 (cas de formations géologiques présentant des teneurs en uranium les plus élevées).

Nous rappelons qu'il existe une obligation de mesures de concentration en radon dans le cas de certains établissements recevant du public. En fonction des résultats des mesures, des dispositions constructives pourront s'avérer nécessaires.

Ce risque n'étant pas géotechnique, il conviendra donc de se référer aux recommandations de l'IRSN pour limiter toute accumulation de ce gaz dans la construction ([www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)).

## C. RESULTATS DES INVESTIGATIONS

### C.1. Lithologie

Les sondages ont permis de mettre en évidence la succession lithologique suivante :

- **Formation 1 : des remblais graveleux** marron reconnus jusque 0,6 m (SD1) et 0,7 m (SD2) de profondeur.
- **Formation 2 : un limon argilo-sableux** brun à gris reconnu jusque 1,7 m (SD1) et 1,6 m (SD2) de profondeur.
- **Formation 3 : une arène granitique marron clair à gris verdâtre** reconnue jusque 1,8 m (SD1) et 2,0 m (SD2) de profondeur.
- **Formation 4a : un granite altéré** crème à gris verdâtre reconnu jusque 2,0 m (SD1) et 2,4 m (SD2) de profondeur.
- **Formation 4b : un granite compact** marron à gris verdâtre reconnu jusqu'à la base du sondage, soit à 5,0 m pour le sondage SD1 et 4,0 m pour le sondage SD2.

Nous récapitulons la base des formations au droit de chaque sondage dans le tableau ci-dessous :

N°	Nature de la formation	SD1		SD2	
		Prof (m)	Côte en m NGF	Prof (m)	Côte en m NGF
1	Remblais graveleux	0,6	+40,7	0,7	+41,3
2	Limon argilo-sableux	1,7	+39,6	1,6	+40,4
3	Arène granitique	1,8	+39,5	2,0	+40,0
4	Granite altéré	2,0	+39,3	2,4	+39,6
5	Granite compact	> 5,0	< +36,3	> 4,0	< +38,0

Nota : La description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes à la méthode de forage destructif. En outre, elle ne permet pas de déterminer la granulométrie exacte des horizons ou d'identifier la présence d'éléments grossiers (blocs, ...).

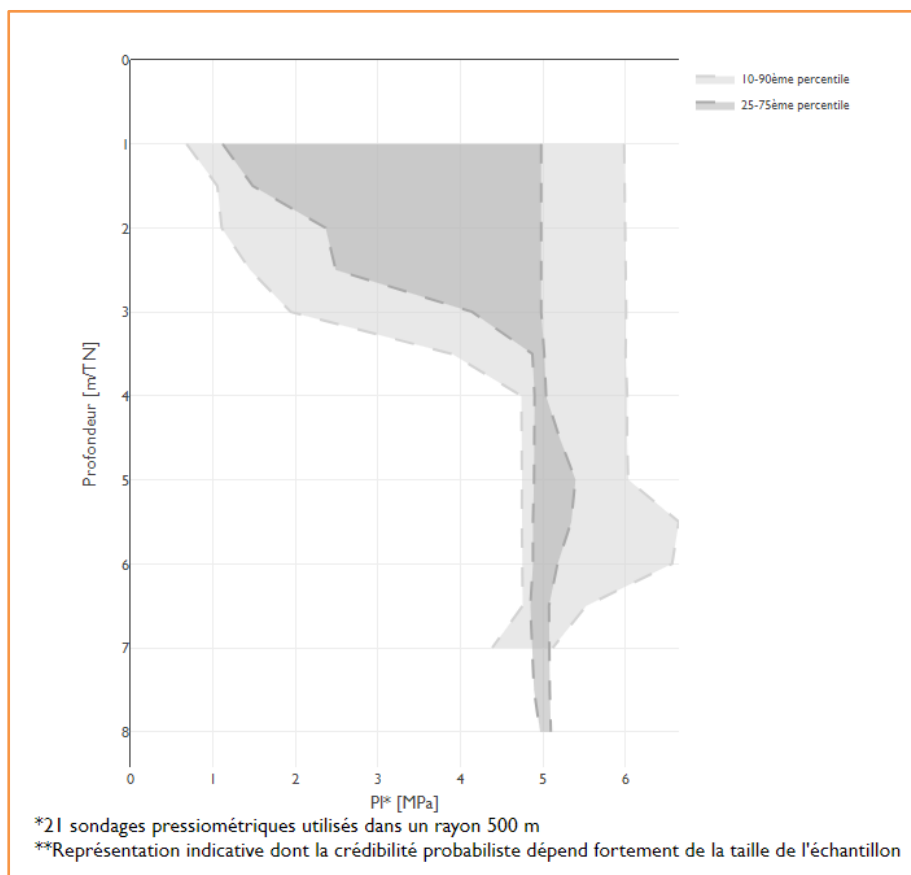
### C.2. Données statistiques SOLSCORE

En l'absence de sondages réalisés à ce stade de l'étude G2AVP, le présent chapitre s'attardera sur l'exploitation des données issues de campagnes de reconnaissances effectuées dans le cadre d'études antérieures réalisées par FONDASOL à proximité du secteur d'étude (à moins de 0,50 km dans un contexte géotechnique et topographique identique).

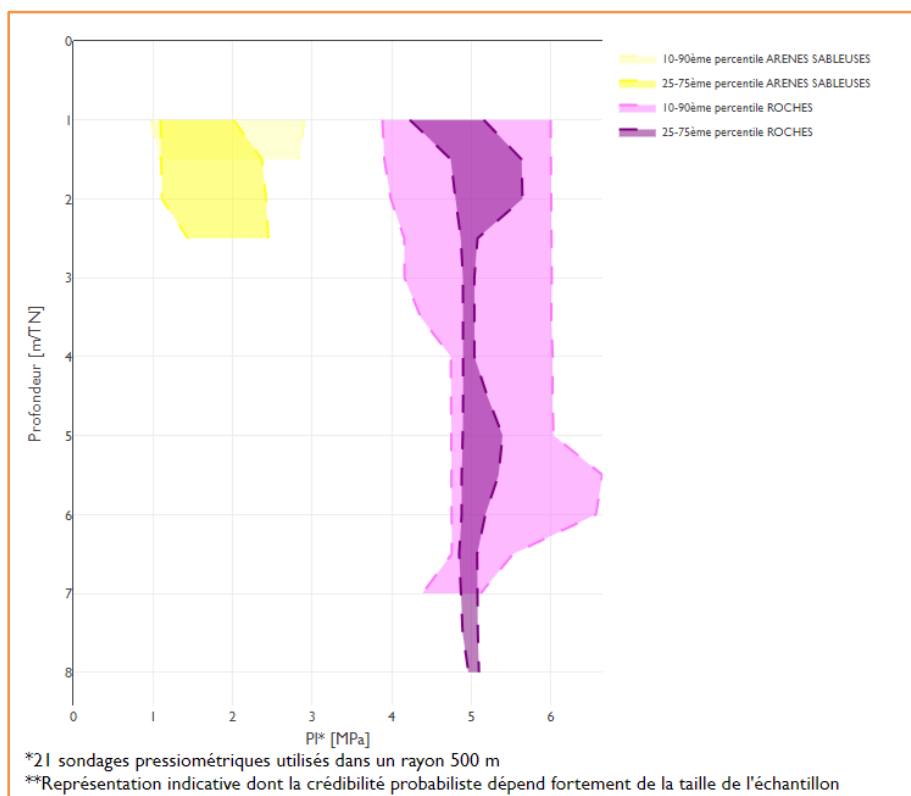
Cette consultation fait ressortir une base de 21 sondages pressiométriques significatifs et représentatifs de la zone d'étude.

L'exploitation statistique de ces données permet d'établir les enveloppes probabilistes correspondant aux pressions limites mesurées lors de ces campagnes antérieures et permettra la comparaison avec les données provenant des sondages à prévoir ultérieurement au droit du site d'étude.

Il en ressort le fuseau probabiliste suivant, qui décrit les enveloppes (25-75<sup>ème</sup> percentiles et 10-90<sup>ème</sup> percentiles) des variations de pression limites  $pl^*$  en fonction de la profondeur pour les 21 sondages pressiométriques représentatifs du secteur.



Fuseau statistique SOLSCORE



Fuseau statistique SOLSCORE

### C.3. Niveau d'eau

Lors de notre intervention le 02/06/2025, une arrivée d'eau a été rencontrée aux profondeurs suivantes :

Niveau d'eau	SD1		SD2	
	Prof. (m)	Cote (m NGF)	Prof. (m)	Cote (m NGF)
En cours de forage	-	-	3,5	+38,5
En fin de forage	-	-	2,2	+39,8
En fin de chantier	-	-	2,2	+39,8

En fin de chantier	-	-	2,2	+39,8	L'intervention
--------------------	---	---	-----	-------	----------------

ponctuelle dans le cadre de la réalisation de la présente étude ne permet pas de fournir des informations hydrogéologiques plus précises, dans la mesure où le constat mentionné dans le rapport d'étude correspond nécessairement à un relevé à un moment donné, sans possibilité d'estimer les profondeurs d'apparition des éventuelles circulations d'eau. Nous rappelons que, les niveaux d'eau peuvent être influencés par la durée d'observation dans le cas de terrains peu perméables et/ou les conditions pluviométriques ayant précédé ces relevés.

Un équipement piézométrique sera installé au droit du projet (PZI) jusque 7,0 m de profondeur, afin de suivre les fluctuations du niveau d'eau dans le sol.

Un suivi régulier de l'équipement piézométrique sera mis en place dès que le piézomètre sera posé.

## C.4. Essais et analyses en laboratoire

### C.4.1. Classification GTR

Les analyses de laboratoire suivantes ont été réalisées sur les sols prélevés en SDI afin de déterminer leur classe GTR. Elles ont consisté en :

- l mesure de la teneur en eau,
- l mesure de la valeur de bleu du sol (VBS),
- l analyse granulométrique par tamisage.

fondas		RÉCAPITULATIF D'ESSAIS DE LABORATOIRE																																		
Projet N° : 4407.25.0091		Nom du projet : POLE ENERGIE - ST HERBIAN														Demandeur : A.GALISSON										Responsable laboratoire : BOUTON Florent		Date : 02/07/2015								
Sondage	Prof. moyenne (m)	Nature															Passant a					Passant b					Classification GTR									
			W	D <sub>10</sub>	D <sub>20</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>40</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>60</sub>	D <sub>70</sub>	D <sub>80</sub>	D <sub>90</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>							
Remarque :																	Résultat a					Résultat b					Classification GTR									
Résultat d'essais			1														1					1					1					1				
S01			1.00	Limon sableux gris veineux et marron														1.15	1.35	1.2	1.00	100.0	94.9	59.1	57.8	94.9	57.8						A1	F1		

D'après les essais en laboratoire réalisés dans les limons sableux rencontrés en SDI sont de classe **F<sub>1</sub>** selon le GTR 2023 (AI selon GTR2000).

Les matériaux **F<sub>1</sub>** (AI selon GTR2000) sont des limons, peu plastiques, changeant brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau. Ils sont très sensibles à l'eau en termes de portance et sujets au matelassage.

# D. PRINCIPES DE CONSTRUCTION ENVISAGEABLES POUR LES OUVRAGES GEOTECHNIQUES

## D.1. Contraintes spécifiques du site / identification des aléas géotechniques

Des contraintes spécifiques liées au projet et au site ont été mises en évidence :

- Présence de **remblais** sur une épaisseur comprise entre 0,6 et 0,7 m (au droit des sondages SD1 et SD2) reposant sur des **sols limoneux** (a priori sensibles à l'eau en termes de portance et sujets au matelassage),
- Présence d'une nappe en profondeur à cette époque de l'année (fluctuante en fonction des saisons) et vers +39,8 m NGF le 02/06/2025. On notera également que des nappes perchées temporaires dans les remblais de surface seront toujours possibles en période pluvieuse.
- Présence du toit du granite compact entre 1,8 m et 2,0 m de profondeur.

## D.2. Données liées au risque sismique

Le gouvernement a publié au journal officiel du 22 octobre 2010 deux décrets relatifs au nouveau zonage sismique national et un arrêté fixant les règles de construction parasismique telles que les règles Eurocode 8. Il s'agit des documents suivants :

- Décret n°2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- Décret n°2010-1255 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- Arrêté du 22 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 19 juillet 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".

Compte tenu de la classe de l'ouvrage que nous supposons de **catégorie III** (hypothèse à confirmer par le maître d'ouvrage) et de la zone de sismicité 3, l'effet d'un séisme **sera à considérer** sauf exigence particulière du maître d'ouvrage.

### D.2.1. Classe sismique des sols

La classe de sol a été déterminée à partir des résultats des essais pénétrométriques, par corrélation avec les vitesses sismiques.

La classe de sol retenue est la **classe A**.

### D.2.2. Paramètres de calcul liés au séisme

Zone de sismicité : **3** D'où l'accélération maximale au rocher :  $a_{gr} = 1.1$   
 Catégorie d'importance du bâtiment : **III** D'où le coefficient d'importance :  $\gamma_I = 1.2$   
 Classe de sol : **A**  D'où le paramètre de sol :  $S = 1$

D'où  $a_{max} = a_{gr} \times \gamma_I \times S = 1.32 \text{ m/s}^2$

#### Remarques importantes :

Les éléments donnés ci-dessus suivent les hypothèses de l'EUROCODE 8, pour une zone de sismicité donnée. S'il existe des préconisations spécifiques sur le site concernant les accélérations à retenir, il appartient à l'équipe de conception d'en tenir compte.

L'hypothèse de catégorie d'importance, qui influence les paramètres de calculs structurels, doit être confirmée par le Maître d'ouvrage.

### D.2.3. Evaluation du risque de liquéfaction en cas de séisme

Compte tenu de la nature rocheuse des sols d'assise, il n'y a pas de risque de liquéfaction en cas de séisme.

## D.3. Dispositions vis-à-vis des eaux souterraines

Des niveaux d'eau souterraine ont été relevés sur la profondeur du sondage SD2, vers 2,2 m de profondeur, soit +39,8 m NGF.

Le projet ne prévoit pas de déblai notable ni d'ouvrages enterrés, des dispositions de drainage sont néanmoins à prévoir, pour la gestion des eaux météoriques (matelas granulaire, formes de pentes, fossés, caniveaux, ...).

*Nota : quelles que soient les dispositions de gestion des eaux mises en œuvre, il conviendra de vérifier que ces dispositions respectent la réglementation en vigueur (exemple : loi sur l'eau).*

## D.4. Travaux d'adaptation du site pour accueillir le projet

### D.4.1. Déboisement

Les travaux de déboisement impacteront le projet ; notamment en ce qui concerne la traficabilité, l'assise des plateformes, les problématiques de rétention d'eau et les épaisseurs de sols remaniés.

Il faudra relever l'implantation des arbres dont le dessouchage remaniera les sols superficiels sur des profondeurs variables, et dont il faudra tenir compte pour la conception et l'exécution des fondations.

Aucune nouvelle fondation ne prendra appui dans ces zones purgées ou substituées.

### D.4.2. Conditions générales de terrassements

D'une façon générale, l'entreprise devra adapter sa méthodologie d'exécution des travaux (terrassement, compactage, ...) afin d'assurer l'assainissement et la portance des plateformes et d'éviter de générer des désordres dans les avoisinants pouvant être influencés par les travaux.

Des difficultés de circulation des engins de chantier sont à prévoir en période de pluie notamment. Une amélioration de la plate-forme par cloutage et/ou la réalisation d'une couche (de forme) granulaire pourra être nécessaire à la traficabilité.

Les terrassements seront exécutés de préférence en dehors des périodes de pluie et en dehors des périodes de hautes eaux.

Les terrassements pourront être majoritairement réalisés à la pelle mécanique travaillant au godet rétro jusqu'au toit du substratum de granite compact, à partir de 1,8 m à 2,0 m de profondeur.

La présence de pointements rocheux à faible pourra nécessiter de prévoir des moyens de déroctage importants pour la réalisation des terrassements (BRH, dent de déroctage, ...). Nous attirons l'attention sur les basses fréquences de vibrations générées par les BRH, hautement préjudiciables aux constructions situées à proximité. L'entreprise intégrera dans sa méthodologie des dispositions permettant d'éviter de générer des désordres dans les existants.

## D.5. Première approche de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)

La Zone d'Influence Géotechnique définie en première approche s'étend sur une distance horizontale de 3 fois la hauteur des terrassements autour des ouvrages et aménagement projetés. Il faudra porter une attention particulière pour les travaux de terrassements (phasages, talutages, etc...) et les dispositions constructives à mettre en œuvre pour garantir la stabilité générale des existants.

Les ouvrages avoisinants inclus dans la ZIG sont alors, notamment :

- Les arbres présents dans la zone d'étude,
- Les trottoirs de délimitation du parking entourant la zone d'étude,
- Les réseaux enterrés.

La définition des dispositions particulières pour garantir la stabilité des avoisinants relève de la phase PRO. Ces points impliquent notamment :

- Un levé topographique de l'intégralité de la ZIG, • Les reconnaissances et description précises des structures et fondations des ouvrages situés dans l'emprise de la ZIG, ainsi que leur diagnostic structurel (descentes de charges, déplacements limites admissibles, sensibilité aux vibrations, ...);

Ces éléments devront être disponibles pour la réalisation de la mission G2 PRO.

## D.6. Modes de fondations et structures de niveaux bas envisageables

### D.6.1. Fondations

Compte-tenu du contexte géotechnique et du projet, les solutions de fondations envisageables sont les suivantes :

- Fondations superficielles de type isolées ou continues descendues à 1,9 m de profondeur au minimum et jusque 2,0 m en SDI – ancrées d'au moins 30 cm dans les arènes granitiques ou dans le substratum de granite altéré à compact en place et non remaniés par les travaux de terrassements.

Le niveau d'assise minimum des fondations au droit de chaque sondage sera le suivant :

Sondage au droit du bâtiment	SD1	SD2
Altitude actuelle du terrain en cote local (m NGF)	+41,3	+42,0
Profondeur minimale d'assise de la fondation (m/TA)	2,0	1,9
Profondeur d'assise de la fondation en cote locale (m NGF)	+39,3	+40,1

#### D.6.2. Niveaux bas du RDC

Les valeurs des surcharges sur le niveau bas et les seuils de déformations admissibles de ce dernier ne nous ont pas été communiquées.

Sous réserve de surcharges restant « modérées » (charge surfacique inférieure ou égale à 2 t/m<sup>2</sup>) et de seuils de déformations « courants », et après réalisation de la plateforme, **un dallage sur terre-plein pourra être réalisé** pour le niveau bas rez-de-chaussée, sous réserve de respecter les modalités détaillées au paragraphe F.

Alternativement **une solution de plancher porté par un réseau de longrines** reposant sur les fondations est également techniquement réalisable. Dans ce cas il n'y a pas de couche de forme à prévoir, mais on veillera tout de même à maintenir une portance de plateforme suffisante, à la fois pour permettre aux engins de chantier de travailler dans de bonnes conditions, et également pour préserver la portance des sols constituant l'assise des fondations superficielles.



# E. ÉTUDE DES FONDATIONS SUPERFICIELLES

## E.1. Type et niveaux d'assise des fondations

Compte tenu de la nature du projet et du contexte géotechnique du site, on pourra fonder le pôle énergie sur des fondations superficielles de type semelles filantes ou isolées en respectant les conditions suivantes :

- Ancrage minimum de 0,3 m dans couche de l'arène granitique,
- Encastrement minimal de 1,9 m / TA (Terrain Actuel),

Une profondeur de mise hors gel minimale par rapport au niveau fini extérieur de 0,5 m est à prendre en compte pour les fondations pouvant être impactées.

Le toit du sol d'assise est sujet à des variations altimétriques et le niveau d'assise des fondations sera adapté pour respecter l'ancrage prescrit. Il faudra provisionner des quantités de béton de rattrapage permettant de prendre en compte cet aléa.

On pourra retenir un niveau d'assise unique pour les semelles et compenser les surprofondeurs par un gros béton coulé pleine fouille.

## E.2. Modèle et hypothèses géotechniques

Le modèle géotechnique et l'ébauche dimensionnelle présentés ci-après sont établis vis-à-vis des sollicitations statiques et sous charges verticales centrées.

### E.2.1. Modèle géotechnique pour les fondations

Au stade de l'avant-projet, nous avons retenu pour l'ébauche dimensionnelle des fondations, le modèle géotechnique et les valeurs caractéristiques pressiométriques suivantes :

N°	Formation	Prof. approximative de la base (m/TA)	p <sub>LM</sub> * (MPa)	E <sub>m</sub> (MPa)	$\alpha$
1	Remblais graveleux	0,7	0,86*	10*	1/3
2	Limon argileux	1,6	0,35*	3*	2/3
3	Arène granitique	2,0	1,73*	20*	1/2
4	Granite altéré	2,4	5,18*	60*	1/2
5	Granite compact	>5,0	>5,0*	>100*	1/2

$\alpha$  : coefficient rhéologique du sol considéré

TA : niveau du terrain actuel

\* : valeur interpoler à l'aide des résultats du pénétromètre dynamique

## E.2.2. Contraintes de calcul pour les fondations

Pour une fondation superficielle telle que définie ci-avant, les contraintes de calcul peuvent être déterminées par la méthode pressiométrique (cf. NF P94-261) (interpoler à l'aide des résultats du pénétromètre dynamique) à partir de la pression limite nette équivalente  $p_{le}^*$  calculée sous la base de la fondation et du facteur de portance  $k_p$ .

Au stade de l'ébauche dimensionnelle, il est possible de retenir :

$$p_{le}^* = 1,73 \text{ MPa}$$

$$k_p = 0,8$$

$$q_0 = \text{négligé}$$

Les contraintes de calcul sont alors de :

$$q'_{ELS} = 0,50 \ i_\delta \ i_\beta \text{ (en MPa)}$$

$$q'_{ELU} = 0,82 \ i_\delta \ i_\beta \text{ (en MPa)}$$

Ces contraintes de calculs s'entendent pour des fonds de fouilles sains et non remaniés.

Nota : dans le cas d'une charge inclinée par rapport à la verticale, ou bien d'une fondation réalisée à proximité d'un talus, les coefficients respectivement  $i_\delta$  et  $i_\beta$  seront inférieurs à 1.

### E.3. Ebauches dimensionnelles - première approche des tassements

Dans le cadre de la phase AVP de la mission G2, nous nous limiterons à la reprise des charges verticales centrées ; la stabilité au glissement et à l'excentrement des charges devra être étudiée en phase PRO.

L'application de la contrainte de calcul aux ELS déterminée ci-avant, conduit pour quelques charges types aux dimensions de fondation et aux tassements associés suivants :

Type de semelles	Semelles isolées		Semelles filantes	
Charge ELS	320 kN	500 kN	200 kN/m	300 kN/m
Dimensions	0,8 m x 0,8 m	1,0 m x 1,2 m	0,4 m	0,6 m
Ordre de grandeur du tassement (cm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

En admettant comme hypothèses des valeurs seuils admissibles de 2 cm pour le tassement total et de 1 cm pour le tassement différentiel, les valeurs de tassements estimées ici sont a priori acceptables, sous réserve de l'appréciation du Bureau d'études structures.

Le projet se situant en zone sismique 3 et étant de catégorie d'importance III, une justification complémentaire des fondations au séisme sera à faire en phase PRO de la mission G2, en fonction des sollicitations sismiques une fois déterminées.

### E.4. Première approche des dispositions constructives et des sujétions d'exécution

L'étude détaillée des principes d'exécution relève de la phase PRO de l'étude géotechnique de conception G2. Nous nous limiterons dans le cadre de la phase AVP à lister les principes généraux.

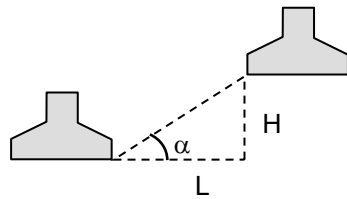
Les analyses de caractérisation de l'agressivité potentielle du milieu (sol, eau) sont en cours de réalisation. Les résultats seront intégrés dans le rapport à réception des résultats.

#### E.4.1. Dimensions minimales - Dispositions en cas de niveaux décalés

Les fondations auront une largeur minimale B de 0,40 m pour des semelles filantes et de 0,60 m pour des appuis isolés. La hauteur des semelles ne doit pas être inférieure à 0,2 m.

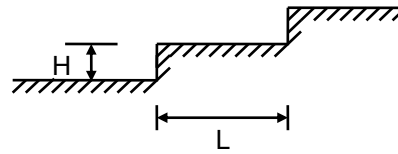
En cas de niveaux d'assise décalés entre fondations voisines, on limitera les redans ou le décalage d'assise entre fondations (par assimilation aux préconisations de la norme EN 1988-5 (Eurocode 8)) en respectant les schémas suivants :

#### Semelles isolées



$$\tan \alpha = \frac{H}{L} \leq 1/3$$

#### Semelles filantes en redans



$$\frac{H}{L} \leq 1/3 \text{ et } H \leq 0,5 \text{ m}$$

*Schéma de principe de la règle relative aux fondations posées à différents niveaux*

### E.4.2. Conditions de réalisation des fondations

Le terrassement des fondations pourra nécessiter l'usage du brise roche hydraulique. Des précautions devront être prises pour ne pas induire de vibrations nuisibles aux structures voisines.

Il faudra notamment tenir compte des problématiques suivantes :

- Stabilité paroi des fouilles en présence des remblais limono-gravelo à graveleux,
- Interaction avec les eaux souterraines.

# F. ÉTUDE DE L'ASSISE DES DALLAGES

## F.1. Données d'entrée

Un dallage sur terre-plein pourra être envisagé dans la zone du pôle énergie.

Le dallage étudié, de surface 250 m<sup>2</sup> sera réalisé sensiblement au niveau du TA actuel.

Les surcharges à prendre en compte sont les suivantes :

- Surcharge répartie : en phase d'avant-projet, nous nous limiterons à des surcharges inférieures à 20 kPa.

Concernant les tassements absolus et différentiels admissibles sous exploitation : à évaluer en conformité avec le DTU.13.3.

## F.2. Préparation du support – nature et qualité de la couche de forme

Le terrassement de la plateforme pourra nécessiter l'usage du brise roche hydraulique ; ces travaux ne devront pas induire de vibrations préjudiciables aux structures avoisinantes.

Les travaux de terrassements ne devraient pas poser de difficultés aux engins usuels de terrassement ; toutefois les sols qui seront rencontrés étant sensibles à l'eau, l'aléa météorologique sera à prendre en compte.

Les sols d'assise étant constitués de limon argileux sensibles à l'eau et/ou évolutifs, la mise en place d'une couche de forme est obligatoire. Sa mise en œuvre sera réalisée conformément aux règles en vigueur et après une fermeture (léger recompactage) du sol support sans remanier le fond de forme.

## F.3. Objectifs visés et ébauche dimensionnelle de la couche de forme

L'objectif de la couche de forme est d'obtenir une portance minimale et pérenne avec, selon le DTU.13.3 :

- Module de second cycle EV2 :  $EV2 \geq 50 \text{ MPa}$  pour une surcharge  $\leq 20 \text{ kPa}$

Si l'on cherche à obtenir des valeurs de réception de plate-forme plus élevées que ci-dessus, ou bien en cas de pluie lors de la mise en œuvre, il faudra augmenter l'épaisseur de la couche de forme.

La nature du matériau constitutif de la couche de forme devra être conforme à l'annexe A du DTU 13.3 ; conformément à ce document on n'utilisera pas de graves issues de la filière du recyclage.

L'épaisseur de couche de forme sera fonction de la portance du sol support après décapage et purge des remblais limono-graveleux à graveleux de surface. Cette portance sera fortement impactée par les conditions météorologiques, la gestion des eaux du chantier et pourra nécessiter des adaptations.

L'entreprise devra adapter les modes de mise en œuvre et de compactage aux caractéristiques du site, au matériau retenu et au matériel dont elle dispose, afin d'obtenir les critères de réception demandés.

En première approche et pour une réalisation des travaux en période favorable l'épaisseur de la couche de forme en matériaux granulaire d'apport insensible à l'eau et non évolutif peut être estimée entre 1,0 m et 1,2 m.

#### F.4. Caractéristiques des sols supports de dallage à long terme

Les caractéristiques à retenir pour le dimensionnement du dallage à partir du DTU 13.3 sont précisées dans le tableau suivant :

Type de sol	Profondeur de la base / TA	$E_M$	$\alpha$	$E_s$
Couche de forme	1,0 à 1,0 m	-	-	<b>EV2</b>
Limon argileux	1,6 m	<b>3,0</b>	<b>2/3</b>	<b>4,5</b>
Arène granitique	2,0 m	<b>20</b>	<b>1/2</b>	<b>40</b>
Granite altéré	2,4 m	<b>60</b>	<b>1/2</b>	<b>120</b>
Granite compact	> 5,0 m	<b>100</b>	<b>1/2</b>	<b>200</b>

$E_M$  : module de déformation pressiométrique de la couche concernée (mesuré)

$\alpha$  : coefficient rhéologique du sol (estimé)

On retiendra pour le module de déformation du sol à long terme :  $E_s = k \frac{E_M}{\alpha}$

avec k coefficient facteur de la distorsion variant de 1 à 2.

A ce stade de l'étude d'avant-projet G2\_AVP, on retiendra  $k = 1$ .

#### F.5. Première approche des tassements

Sous une surcharge d'exploitation uniformément répartie de 20 kPa (# 2 t/m<sup>2</sup>), l'ordre de grandeur du tassement est estimé inférieure au demi-centimètre.

Nota : les calculs ont été menés jusqu'à la profondeur où les déformations sont considérées comme négligeables. Le modèle de calcul a été arrêté à la profondeur où l'incrément de contrainte  $\Delta\sigma$  devient inférieur à 1/1000<sup>ème</sup> du module  $E_s$ .

#### F.6. Première approche des dispositions constructives et sujétions d'exécution

L'étude détaillée des principes d'exécution relève de la phase PRO de l'étude géotechnique G2 Projet. Nous nous limiterons dans le cadre de la phase AVP à lister les principes généraux.

Il conviendra notamment de tenir compte des points suivants :

- Le dallage devra être désolidarisé des structures verticales adjacentes,

- Les travaux de terrassements ne devront pas induire de mouvement sur les ouvrages avoisinants (bâtiments, dallages) ni de vibrations préjudiciables,
- Les réseaux enterrés devront être remblayés avec soin et un compactage selon les règles en vigueur,
- Dans le cas de couches de formes traitées au liant hydraulique, la pose des réseaux devra obligatoirement être réalisée avant le traitement de la plateforme,
- Pour des bâtiments sur semelles isolées, il faudra assurer la mise hors-gel du dallage en périphérie.

# G. CONCLUSION, ALEAS RESIDUELS, SUITES A DONNER

## G.1. Projet des ouvrages géotechniques phase AVP et aléas identifiés

Le site se caractérise par une couche de remblais limono-graveleux de l'ordre de 0,6 m à 0,7 m, puis par des limons argileux sensibles à l'eau en termes de portances et sujets au matelassage.

Pour permettre la réalisation du projet, il est proposé de fonder les ouvrages sur semelles filantes et / ou isolées dans les arènes granitique ou granite altéré à compact.

Le niveau pas pourra être réalisé sur un dallage sur terre-plein avec la mise en œuvre d'une couche de forme de l'ordre de 1,0 m à 1,2 m. Alternativement une solution de plancher porté par un réseau de longrines reposant sur les fondations est également techniquement réalisable.

La conception des ouvrages géotechniques nécessitera de tenir compte des aléas géotechniques suivants :

- Présence de remblais sur une épaisseur pouvant atteindre 0,7 m (SD2),
- La sensibilité des sols limoneux aux variations de teneur en eau. Nous recommandons la réalisation des travaux de terrassement en période favorable,
- Toit des arènes granitiques variable entre sondages qui nécessitera des adaptations de profondeur au niveau des assises de fondations,
- Agressivité des sols et eaux sur les bétons en cours de réalisation,
- Présence de circulation d'eau en profondeur vers +39,8 m NGF de profondeur le 21/03/2025. On notera également que des nappes perchées temporaires dans les remblais de surface seront toujours possibles en période pluvieuse. Cet aléa nécessitera au minimum une pompe de chantier en phase travaux (pour les fondations), s'ils sont réalisés à l'issue d'une période pluvieuse,
- Calage altimétrique du projet en m NGF.

## G.2. Données d'entrée nécessaires pour la mission G2 PRO

Devrons-nous être transmis avec l'ordre de service de démarrage de la mission G2 PRO :

- Mise à jour des plans du projet,
- Confirmation des catégories géotechniques suivant l'Eurocode 7 et des catégories d'importance vis-à-vis du risque sismique,
- Combinaisons suivant les Eurocodes des descentes de charges aux états limites,
- Hypothèses structurelles spécifiques nécessaires aux justifications des ouvrages géotechniques sous séisme,
- Diagnostic structurel des ouvrages situés dans la ZIG,
- Seuils de déformations admissibles,
- Levés topographiques complémentaires.



### G.3. Enchaînement des missions normalisées

**Le présent rapport conclut la phase AVP de la mission d'étude géotechnique de conception G2 confiée à Fondasol.**

Les calculs et valeurs dimensionnelles donnés dans le présent rapport ne sont que des ébauches destinées à donner un premier aperçu des sujétions techniques d'exécution et **ne constituent pas un dimensionnement du projet.**

Selon la norme NF P94-500, cette phase est insuffisante pour consulter les entreprises ; elle doit être suivie des phases PRO de prédimensionnement des ouvrages géotechniques, et DCE/ACT visant notamment à vérifier avant l'envoi du DCE aux entreprises, que les préconisations de l'étude G2 sont bien prises en compte dans les paragraphes du CCTP relatifs aux ouvrages géotechniques.

Il conviendra également de missionner un géotechnicien pour la supervision d'exécution des travaux géotechniques dans le cadre d'une mission G4. L'étude et le suivi d'exécution de ces travaux est à confier à l'entreprise dans le cadre d'une mission G3.

A la date de rédaction du présent rapport la phase PRO de la mission G2 a été confiée à FONDASOL.

---



## ANNEXES

# I. ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P94-500) – I PAGE

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés ci-après. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
<b>Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)</b>		<b>Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)</b>		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, Esquisse, APS	<b>Études géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</b>		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
<b>Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)</b>	APD/AVP	<b>Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)</b>		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet ( <i>choix constructifs</i> )
	PRO	<b>Études géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)</b>		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet ( <i>choix constructifs</i> )
	DCE/ACT	<b>Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT</b>		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
<b>Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)</b>		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	<b>Étude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase suivi)</b>	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)</b>	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels ( <i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i> )	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	<b>Étude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Étude)</b>	<b>Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)</b>	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
<b>À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant</b>	Diagnostic	<b>Diagnostic géotechnique (G5)</b>		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Classification des missions d'ingénierie géotechnique en page suivante

Février 2014

## 2. MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NORME NF P94-500) – I PAGE

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PRELABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

#### Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

### ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

#### Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

### ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

#### ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

##### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques: notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

#### A TOUTES ETAPES : DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

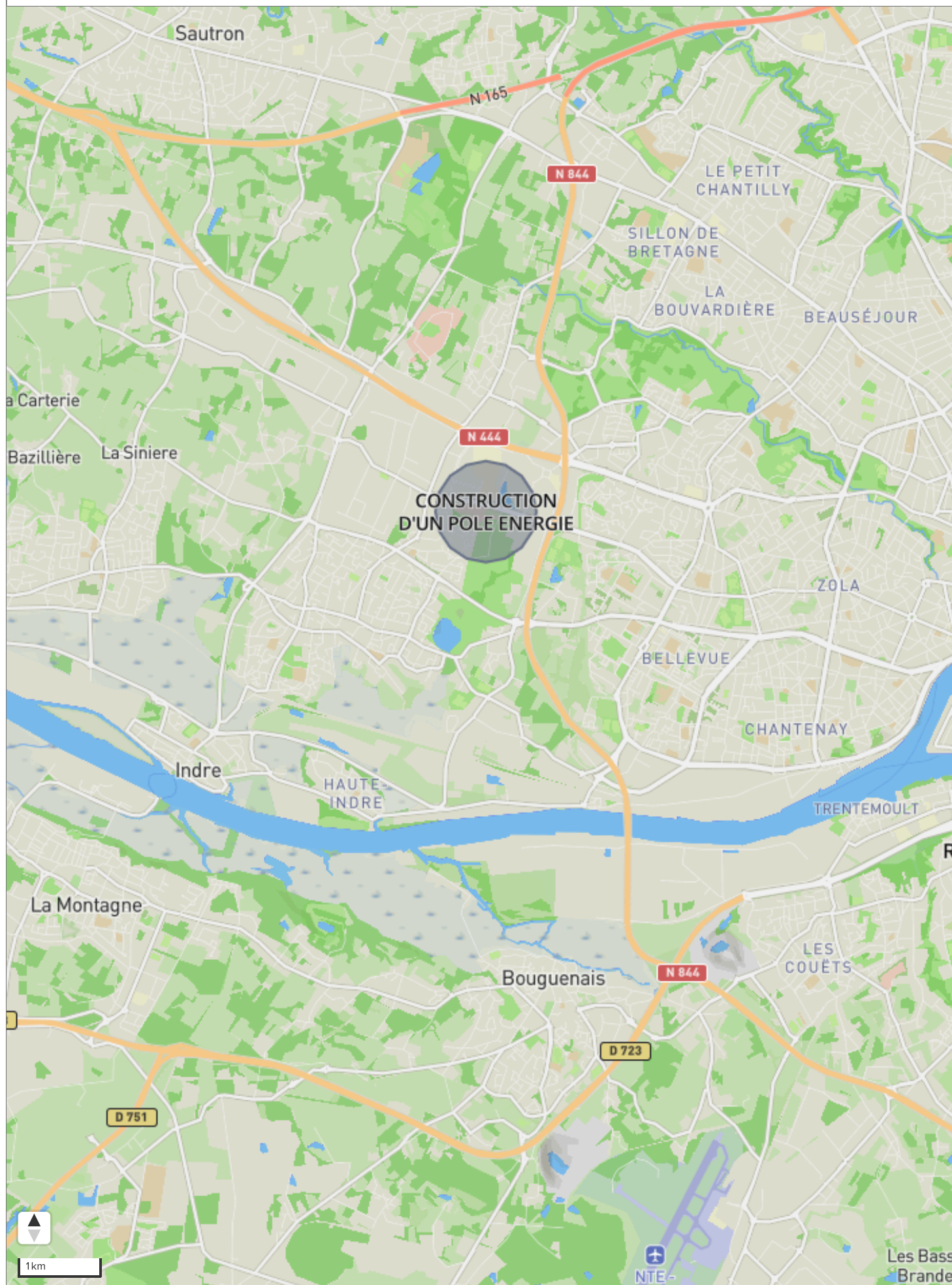
Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Février 2014

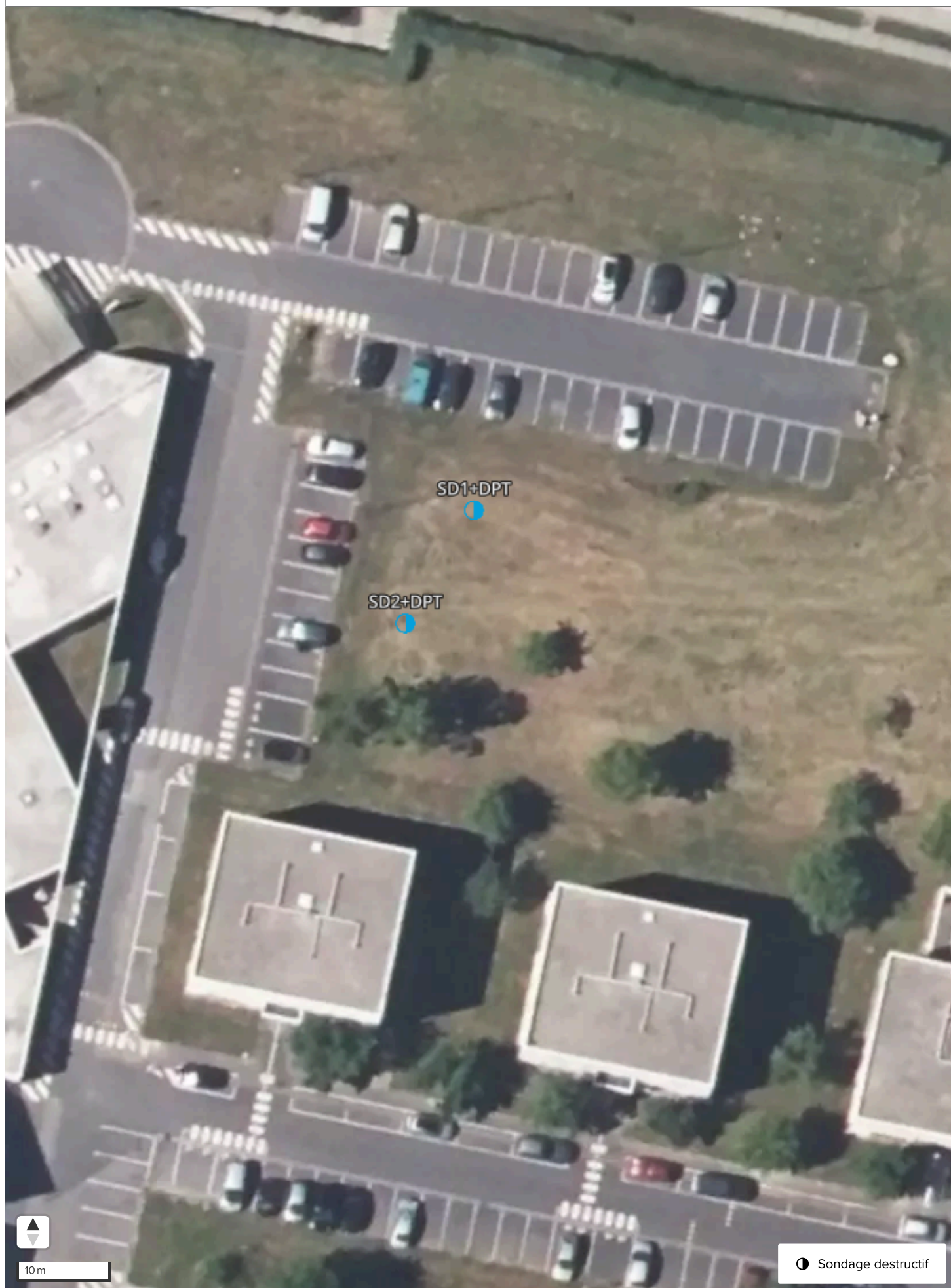
### **3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS IN SITU – 5 PAGES**




**PLAN DE LOCALISATION**



PLAN D'IMPLANTATION



		CONSTRUCTION D'UN POLE ENERGIE		(N° Projet: PR.44GT.25.0091) Saint-Herblain (44)	
PLAN D'IMPLANTATION					
Précision des relevés (X / Y)				Relevé par géomètre	
Plurimétrique				Non	
Système de coordonnées du projet				Nivellement	
WGS 84				NGF	
		WGS 84			
Nom	Longitude	Latitude	Élévation [m]		
SD1+DPT	-1,6321	47,2208	41,29		
SD2+DPT	-1,6322	47,2207	42,0		
soilcloud.tech					



Pas d'eau fin de forage  
Pas d'eau en cours

---

soilcloud.tech



## **4. RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE – 4 PAGES**

fondasol

LABORATOIRE GÉOTECHNIQUE

RÉCAPITULATIF D'ESSAIS DE LABORATOIRE

Projet N° : 44GT.25.0091		Nom du projet : POLE ENERGIE - ST HERBLAIN													Demandeur : A.GALISSON							Responsable laboratoire : BOUTON Florian						Date : 02/07/2025				
Sondage	Prof. moyenne (m)	Nature	w	ρ	ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>s</sub>	w <sub>L</sub>	w <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	I <sub>c</sub>	V <sub>BS</sub>	C <sub>MOC</sub>	Ca CO <sub>3</sub>	D <sub>max</sub>	C <sub>u</sub>	Passant à						Passant à		Proctor		IPI	L <sub>A</sub>	M <sub>DE</sub>	FR	DG	Classification GTR 2000	Classification GTR 2023
			63 mm 0 / D	50 mm 0 / D	2 mm 0 / D	80 μm 0 / D	63 μm 0 / D	2 μm 0 / D	2 mm 0 / 63	63 μm 0 / 63	W <sub>optn</sub>	ρ <sub>doptn</sub>																				
%			Mg/m³	Mg/m³	Mg/m³	%	%	-	-	-	%	%	mm	-	%	%	%	%	%	%	%	%	%	Mg/m³	%	-	-	-	-			
Remarques :																																
Nombre d'essais			1								1			1		1	1	1	1	1		1	1									
SD1	1.00	Limon sableux gris verdâtre sombre et marron	18.2								1.15			12		100.0	100.0	94.9	59.1	57.8		94.9	57.8							A1	F1	

## Project informations

Project : POLE ENERGIE - ST HERBLAIN  
Project n° : 44GT.25.0091  
Laboratory : TOULOUSE

Date : 23/06/2025  
Operator : MOHAMMADI Rashid  
Approval : BOUTON Florian

## Sample informations

Borehole : SD1  
Depth : 0.50 to 1.50 m  
Average depth : 1.00 m

Sampling date : 02/06/2025  
Reception date : 17/06/2025  
Sampling type : PMT  
Conservation mode : Bag

## Test results : water content

Description : -

$D_{max}$  : 11.73 mm

Fraction : -

Temperature : 20 °C

Method of drying soils : 105 °C

Water content :

w =	18.2	%
-----	------	---

## Observations

## Informations générales

Projet : POLE ENERGIE - ST HERBLAIN  
Référence : 44GT.25.0091  
Laboratoire : TOULOUSE

Date : 23/06/2025  
Opérateur : MOHAMMADI Rashid  
Approbateur : BOUTON Florian

## Informations sur l'échantillon

Sondage : SD1  
Profondeur : 0.50 à 1.50 m  
Profondeur moyenne : 1.00 m

Date de prélèvement : 02/06/2025  
Date de réception : 17/06/2025  
Mode de prélèvement : SP  
Mode de conservation : Sac

## Résultats d'essai : teneur en eau fraction 0/5 mm

Description : Limon sableux gris verdâtre sombre et marron

$D_{max}$  : 11.73 mm  
Coupure : -

Température de la salle d'essai : 20 °C  
Mode de séchage des matériaux : 105 °C

Teneur en eau de la fraction 0/5 mm:

w =	18.0	%
-----	------	---

## Résultats d'essai : valeur de bleu

Masse humide soumise à l'essai :  $m_{h2}$  = 30.6 g  
Masse sèche soumise à l'essai :  $M_1$  = 26.0 g  
Volume de solution de bleu injecté : V = 30.0 cm<sup>3</sup>  
Masse de bleu injectée : B = 0.3 g  
Proportion de la fraction 0/5mm dans la fraction 0/50mm du sol sec : C = 99.6 %

$V_{BS}$ =	1.15	g de bleu pour 100 g de sol sec
------------	------	---------------------------------

## Observations

## Informations générales

Projet : POLE ENERGIE - ST HERBLAIN  
Référence : 44GT.25.0091  
Laboratoire : TOULOUSE

Date : 23/06/2025  
Opérateur : MOHAMMADI Rashid  
Approbateur : BOUTON Florian

## Informations sur l'échantillon

Sondage : SD1  
Profondeur : 0.50 à 1.50 m  
Profondeur moyenne : 1.00 m

Date de prélèvement : 02/06/2025  
Date de réception : 17/06/2025  
Mode de prélèvement : SP  
Mode de conservation : Sac

## Résultats d'essai : données générales

Description : Limon sableux gris verdâtre sombre et marron  
 $D_{max}$  : 11.73 mm  
Coupure du matériau : -  
Type de matériau : Anguleux

Température de la salle d'essai : 20 °C  
Mode de séchage des matériaux : 105 °C  
Densité des grains,  $\rho_s$  : 2.70 Mg/m<sup>3</sup> estimée

## Résultats d'essai : granulométrie

Maille maximum utilisée  $d_m$  : 20 mm

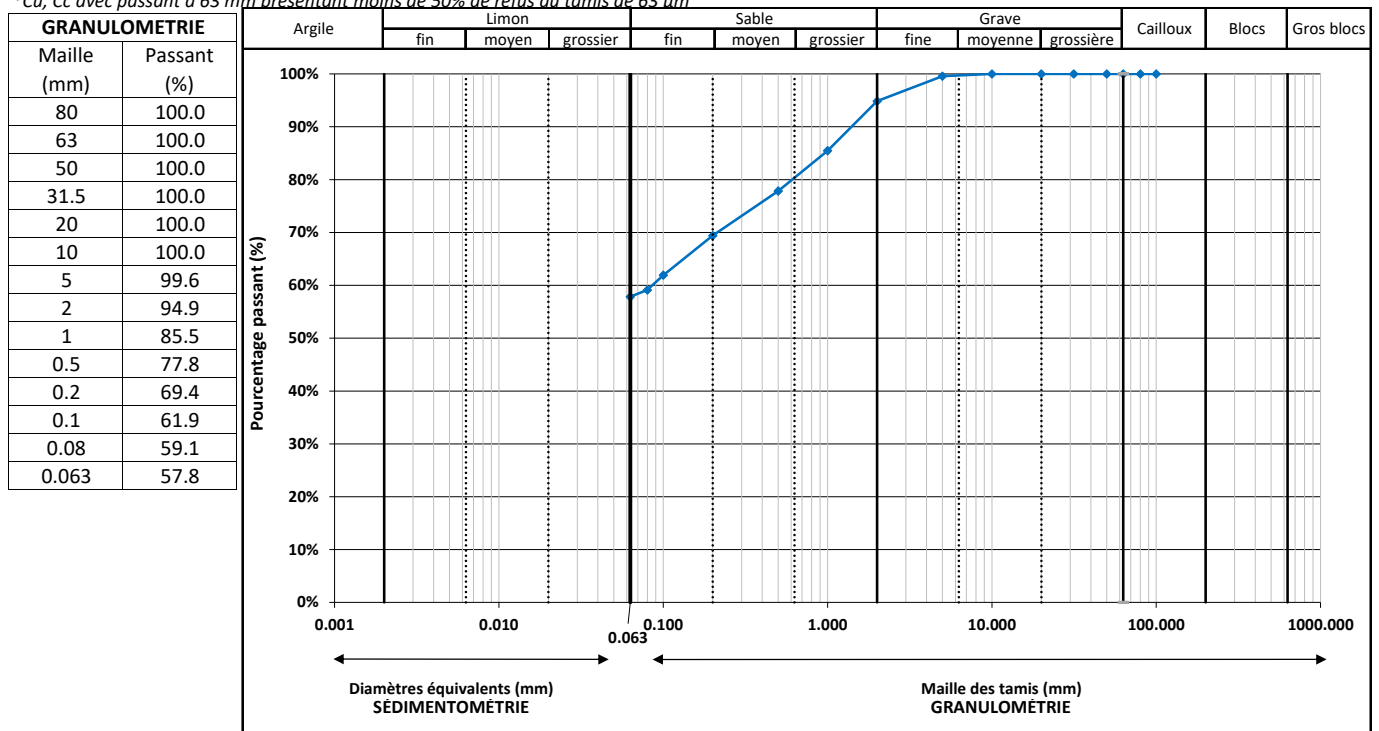
Classification selon la granularité : Limon sableux gris verdâtre sombre et marron

% de	63 mm	50 mm	20 mm	5 mm	2 mm	80 $\mu$ m	63 $\mu$ m
passant à	100.0	100.0	100.0	99.6	94.9	59.1	57.8

Facteur d'uniformité Cu : Impossible à déterminer

Facteur de courbure Cc : Impossible à déterminer

\*Cu, Cc avec passant à 63 mm présentant moins de 50% de refus au tamis de 63  $\mu$ m



## Observations

A large, stylized graphic of a sphere or eye shape. The top half is a solid orange arc. The middle section is a white horizontal band containing the text 'fondasol'. The bottom half is a grey arc. The central area of the graphic is filled with a collage of images: a modern glass skyscraper, a green building with vertical gardens, and an aerial view of a city with orange location pins.

**fondasol**

[www.groupefondasol.com](http://www.groupefondasol.com)