

maître d'ouvrage

Voies navigables de France

Direction Territoriale du Nord-Pas de Calais



---

## Canal d'Aire et de Neufossé

Réfection des digues du canal d'Aire et de Neufossé

N° pièce

**003**

## PROJET

Maître d'oeuvre

INGEROP

5 rue Baudouin IX - Activotel 1  
BP10020  
59651 Villeneuve d'Ascq Cedex  
tél. : 03.20.59.15.50



Conducteur d'opération

V.N.F.

Service Maîtrise d'Ouvrage - COP2  
37 rue du Plat - BP 725  
59034 LILLE CEDEX  
Tel 03 20 17 19 62 Fax 03 20 17 04 31

**Notice de  
dimensionnement  
et hypothèses  
géotechniques**

**Echelle : -**

**Décembre 2017**

**Indice C**

Parc d'activités du Mélantois

50 rue des Sorbiers

CS 20541 – 59815 LESQUIN CEDEX

☎ : 03.20.14.99.40 / 📠 : 03.20.13.84.32



💻 : [conception.lille@fondasol.fr](mailto:conception.lille@fondasol.fr)



Réfections de berge sur les canaux  
d'Aire et de Neufossé  
Etude géotechnique G2 PRO  
Note d'hypothèses géotechniques  
Phase PRO

# Suivi des modifications et mises à jour

FTQ.261-A

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
				Nom, Visa	Nom, Visa
	07/01/2014	40	Première diffusion	P. AUBRION	L. PECOU
A	12/01/2014	39	Prise en compte remarques INGEROP	P. AUBRION	L. PECOU
B	29/08/2017	38	MAj rapport	P. AUBRION	L. PECOU
C	15/12/2017	40	MAj rapport	P. AUBRION 	L. PECOU 

REV PAGE		A	B	C		REV PAGE		A	B	C	
1	X	X	X	X		41					
2	X	X	X	X		42					
3	X	X	X	X		43					
4	X	X	X	X		44					
5	X	X	X	X		45					
6	X	X	X	X		46					
7	X	X	X	X		47					
8	X	X	X	X		48					
9	X	X	X	X		49					
10	X	X	X	X		50					
11	X	X	X	X		51					
12	X	X	X	X		52					
13	X	X	X	X		53					
14	X	X	X	X		54					
15	X	X	X	X		55					
16	X	X	X	X		56					
17	X	X	X	X		57					
18	X	X	X	X		58					
19	X	X	X	X		59					
20	X	X	X	X		60					
21	X	X	X	X		61					
22	X	X	X	X		62					
23	X	X	X	X		63					
24	X	X	X	X		64					
25	X	X	X	X		65					
26	X	X	X	X		66					
27	X	X	X	X		67					
28	X	X	X	X		68					
29	X	X	X	X		69					
30	X	X	X	X		70					
31	X	X	X	X		71					
32	X	X	X	X		72					
33	X	X	X	X		73					
34	X	X	X	X		74					
35	X	X	X	X		75					
36	X	X	X	X		76					
37	X	X	X	X		77					
38	X	X	X	X		78					
39		X	X	X		79					
40				X		80					

## Sommaire

<b>I. Présentation de notre mission</b>	<b>4</b>
I.1. Mission selon la norme NF P 94-500	4
I.2. Données d'entrée	5
<b>2. Présentation du site et de l'environnement géotechnique</b>	<b>6</b>
2.1. Situation, topographie du site et description générale du projet	6
2.2. Contexte géologique	7
2.3. Analyse hydrologique	8
2.4. Zonage sismique	9
<b>3. Résultats des investigations</b>	<b>10</b>
3.1. Description lithologique	10
3.2. Profils stratigraphiques	12
3.3. Description géologique et géomécanique	14
3.4. Coupes transversales du canal	20
3.5. Investigations complémentaires recommandées	21
<b>4. Conclusion</b>	<b>22</b>
<b>Conditions Générales</b>	<b>23</b>
<b>Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)</b>	<b>25</b>
<b>Classification des missions d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)</b>	<b>26</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>27</b>
<b>I. Fiches synthétiques des profils géotechniques</b>	<b>28</b>

## I. Présentation de notre mission

Dans le cadre du marché de maîtrise d'œuvre confié par Voies Navigables de France (VNF) à la société INGEROP, sur les canaux d'Aire et de Neufossé, pour la réfection de digues entre Béthune et Aire sur la Lys, le service conception géotechnique de Fondasol s'est vu confier, par INGEROP, l'établissement d'une synthèse géotechnique sur le linéaire étudié et de participer aux choix et aux prédimensionnements des confortements des berges.

Cette mission de diagnostic géotechnique a été confiée à FONDASOL, service Conception Géotechnique de Lille suite à l'acceptation de notre devis référencé DE.ML.12.01.014 – B en date du 7 février 2012 et par votre contrat de sous-traitance en date du 25 juin 2012 et reçu le 17 juillet 2012.

### I.1. Mission selon la norme NF P 94-500

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une mission G2 PRO selon la norme NF P 94-500 en phase d'étude PRO du projet.

Les objectifs de notre rapport sont de développer les points suivants :

- Analyser les résultats des sondages géotechniques existants de la société Abrotec fournis par VNF maître d'ouvrage (60 sondages pressiométriques, 60 sondages carottés et les 117 pénétromètres dynamiques) ;
- Analyser les résultats des sondages géotechniques complémentaires de la société Hydrogéotechnique fournis par VNF maître d'ouvrage (11 sondages pressiométriques, 10 sondages carottés et 16 essais de pénétration statique) ;
- Reprise de la synthèse géotechnique établie sur le linéaire étudié ;
- Définir les hypothèses géotechniques et les contraintes géotechniques majeures du projet, et ce sur la base des données géotechniques fournies ;
- Participer aux choix techniques de confortement ;
- Participer aux calculs de stabilité de berges ;
- Définir et repérer d'éventuels sondages et essais géotechniques complémentaires nécessaires, à la charge de VNF maître d'ouvrage.

## I.2. Données d'entrée

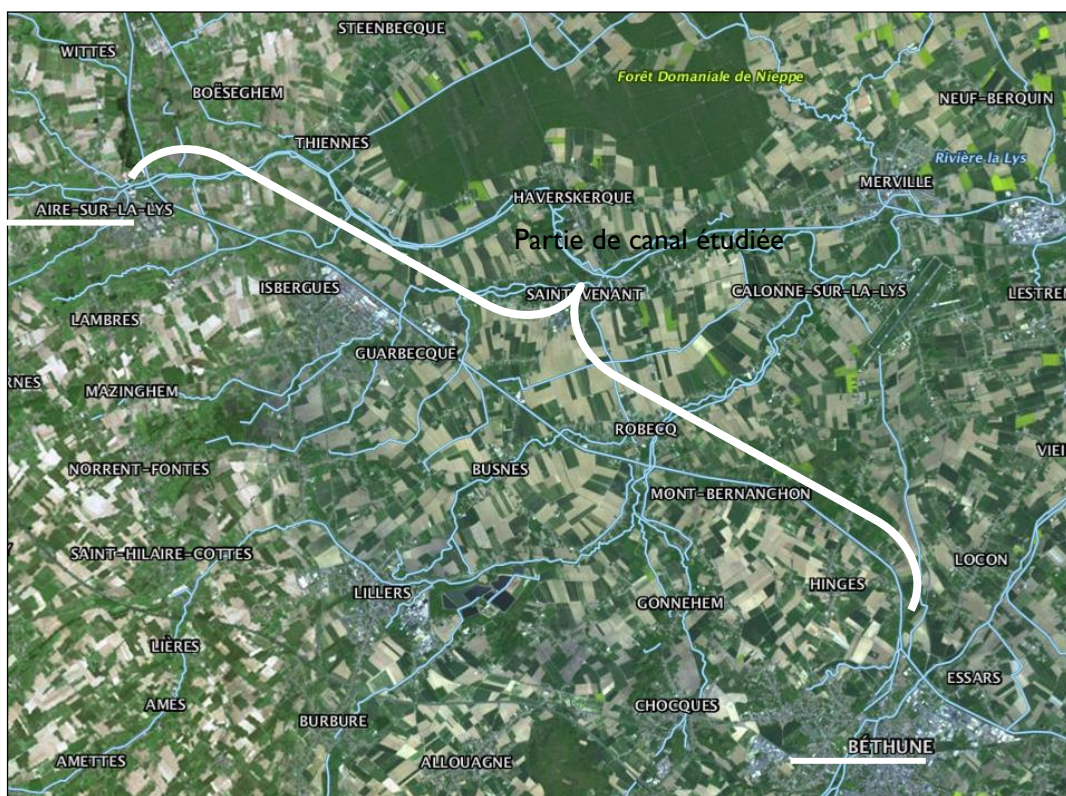
Pour mener à bien cette mission, nous avons disposé des documents de référence suivants :

- Etude diagnostique phase 1 sur les digues à forte criticité (niveau 3) : ROYAL HASKONING, Rapport n° 8F187001, Mai 2010
- Etude diagnostique phase 2 sur les digues à forte criticité (niveau 3) : *Proposition de scénarios de confortement des digues*, ROYAL HASKONING, Rapport n° 8F187002, Février 2011
- Etude diagnostique phase 1 sur les digues à très forte criticité (niveau 4) : Etat des lieux, GINGER CEBTP Dossier n°NBE3.82106d, Mars 2009
- Etude diagnostique phase 2 sur les digues à très forte criticité (niveau 4) : *Proposition de scénarios de confortement des digues*, GINGER CEBTP Dossier N° NBE3.82106-2, Mai 2010 ;
- Rapport des investigations géotechniques, Abrotec Dossier n° PA11 6275.2 (Volume 1, 2 et 3), 30 septembre 2011 ;
- Note d'hypothèses générales – Etude préliminaires, INGEROP version D, Juin 2012 ;
- CETMEF, juin 2010 « Digues et berges des voies navigables, retour d'expériences sur les désordres et les réparations » ;
- Compte rendu factuel de sondages et essais HYDROGEOTECHNIQUE dossier n°C14 33 040-A, Mai 2014 et n°C14 33 040-B, Octobre 2014.

## 2. Présentation du site et de l'environnement géotechnique

### 2.1. Situation, topographie du site et description générale du projet

Des dégradations de berges le long des canaux d'Aire (PK 71.349 à 92.300) et de Neufossé (PK 93.190 à 95.490) ont été observées par VNF et nécessitent des réparations.



*Situation de la zone d'étude*

Les berges étudiées sont protégées sur la quasi-totalité du linéaire par des perrés de type Sensée ou des perrés inclinés en béton. Ces protections de berge peuvent être, par endroit, consolidées par des enrochements en pieds de perré ou, dans quelques zones, remplacées par des palanches.

Les secteurs étudiés ont été reconnus dans des études préalables de diagnostic réalisées par les sociétés Ginger CEBTP et Royal Haskoning. Une synthèse de ces études, présentée par Ingerop, identifie le positionnement de ces secteurs et les dégradations qui y ont été observées (voir Note d'hypothèse générales – Etudes préliminaires, INGEROP).










## 2.2. Contexte géologique

Au regard des cartes géologiques (du BRGM au 1/50 000<sup>e</sup>) de St-Omer, Hazebrouck, Béthune ; les formations que l'on peut rencontrer le long du canal sont :

- des alluvions modernes,
- des limons de la plaine/vallée de la Lys,
- l'argile de Roubaix ou argiles et sables supérieurs des Flandres (formation tertiaire appelé Yprésien supérieur),
- l'argile inférieure des Flandres ou argiles d'Orchies (formation tertiaire appelé Yprésien inférieur).



-  Terrils, crassiers et remblais indifférenciés
-  Colluvions indifférenciées (limoneuses de fond de vallon et vallées sèches, limons de lavage, de pentes et diverses), Quaternaire
-  Alluvions récentes, Holocène
-  Loess, pouvant inclure à la base des vestiges tertiaires (sableux ou galets ou Lutétien silicifié) et des RS, Quaternaire
-  Cailloutis à silex en épandage au sommet des buttes tertiaires, Plio-Pléistocène
-  Altérites à silex in situ et en poches karstiques + apports allochtones (limons, sables, grès landéniens et galets avallanaires résiduels), localement remaniées sur les versants (biefs à silex), Cénozoïque
-  Yprésien argileux - Argile des Flandres (Orchies, Roubaix)

- Extrait des cartes géologiques de St-Omer, Hazebrouck et Bethune -

Il est noté, dans les notices associées à ces cartes, que les limons de la plaine de la Lys présente un faciès argileux à argilo-sableux. Ils recouvrent des terrains tertiaires (sables verts et argiles des Flandres).



Toutefois ces limons peuvent masquer d'anciens lits de la Lys et les limites indiquées sur ces cartes ne sont donc pas précises et sont sujettes à interprétation en fonction des résultats des sondages.

## 2.3. Analyse hydrologique

### ▪ **Niveau d'eau du canal :**

Les niveaux d'eau du canal sont répertoriés (dans la *Note d'hypothèse générales – Etudes Préliminaires version D* présenté par INGEROP) comme suit :

- Niveau Normal de Navigation (NNN) : c'est le niveau, exprimé en cote d'altitude, du niveau normal théorique du plan d'eau. Il est également appelé niveau statique ou Retenue Normale (RN)
- Plus Hautes Eaux Navigables (PHEN) : c'est le niveau maximal admissible d'un cours d'eau, exprimé en cote d'altitude, pour permettre la navigation. Avec le PBEN (voir définition ci-dessous), la différence de ces cotes d'altitude définissent le marnage (variation de la hauteur d'un plan d'eau) admissible pour la navigation.
- Ligne d'Eau de Référence (LER) : c'est le niveau d'eau dont la cote est égale à la moyenne des niveaux caractéristiques annuels calculée sur les 20 dernières années. Le niveau caractéristique annuel représente le niveau le plus élevé atteint chaque année pendant cinq jours consécutifs hors crues de périodicité décennale ou supérieure.
- Plus Basses Eaux Navigables (PBEN) : c'est le niveau minimal admissible d'un cours d'eau, exprimé en cote d'altitude, pour permettre la navigation.

### ▪ **Niveau d'eau dans les berges :**

Les niveaux d'eau mesurés lors des investigations sont très hétérogènes.

Il s'agit de niveaux d'eau mesurés en fin de forage qui ne sont certainement pas stabilisés.

Par ailleurs l'injection éventuelle de fluide de forage (eau, boue bentonitique,...), nécessaire à la bonne exécution des sondages avec essais pressiométriques peut altérer la mesure de niveau d'eau ou empêcher de déceler des arrivées d'eau.

Les niveaux d'eau mesurés dépendent de la situation exacte du forage sur la berge ainsi que du contexte météorologique. En effet, les niveaux d'eau mentionnés dans le rapport d'investigation géotechnique correspondent nécessairement à des relevés effectués à un moment donné, sans possibilité d'apprécier la variation inéluctable des nappes et circulations d'eau qui dépendent notamment des conditions météorologiques ainsi que du niveau d'eau du canal dans notre cas.

Ces données n'étant pas disponibles nous ne pouvons déterminer précisément les hauteurs d'eau à l'intérieur des berges ni la présence ou non d'un gradient hydraulique entre la berge et le canal.

A ce stade de l'étude, nous faisons donc l'hypothèse d'un niveau d'eau identique dans les berges que le canal. Le niveau d'eau normal de navigation (NNN) est considéré à la cote 19.52 NGF.

Nous rappelons que la connaissance des circulations d'eau dans les berges est importante pour identifier les risques d'instabilité pouvant être générés par des valeurs élevées de gradients hydrauliques et, si ce dernier est élevé, de la possibilité d'apparition de phénomènes d'érosion régressive appelés renard.

## 2.4. Zonage 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 :

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

Ces nouveaux textes sont d'application obligatoire depuis le 1<sup>er</sup> mai 2011.

La partie de canal étudiée est classée en zone de sismicité 2 (faible) d'après ces décrets.

Toutefois le projet prévoit une réfection des berges avec pour objectif la remise en état de l'existant et non la réalisation de nouvelles digues sur l'ensemble du linéaire. Ainsi la composition générale des digues ne sera pas modifiée. Nous ne prendrons donc pas en compte les efforts dus aux sollicitations sismiques impliquant les caractéristiques des corps de digue.

Une évaluation des effets de sollicitations sismiques sur les corps de digue avec une définition des risques et des enjeux par la maîtrise d'ouvrage VNF entraînera certainement des travaux beaucoup plus importants, impliquant le traitement des digues dans leur ensemble.

### 3. Résultats des investigations

#### 3.1. Description lithologique

Pour plus de clarté, les sondages réalisés par la société Abrotec ont été classés selon le découpage défini par INGEROP dans sa note d'hypothèses générales.

En première approche, la société Abrotec a réalisé :

- 58 sondages carottés (descendus à environ 10m),
- 58 sondages pressiométriques (descendus à environ 10m),
- 111 essais au pénétromètre dynamique de type B, masse de 63.5 kg (descendus à environ 10m),
- 170 mesures de teneur en eau (sur des échantillons intacts),
- 41 classifications GTR (essais d'identification de la nature des sols),
- 18 essais de cisaillement mécanique (essais Consolidé Drainé à la boîte de Casagrande).

Dans un second temps et partiellement, la société Hydrogéotechnique a réalisé :

- 11 sondages carottés (descendus à environ 14m),
- 10 sondages pressiométriques (descendus à environ 15m),
- 16 essais au pénétromètre statique à la pointe mécanique 200kN (descendus à environ 15m ou au refus),
- 140 mesures de teneur en eau (sur des échantillons intacts),
- 10 classifications GTR (essais d'identification de la nature des sols),
- 2 mesures de teneur en matière organique (sur des échantillons intacts),
- 5 essais de cisaillement triaxial (essais Consolidé Drainé non drainé).

L'analyse de ces données s'est appuyée sur les identifications des matériaux reconnus par les sondages carottés.

Ensuite grâce aux « trios » de reconnaissances (sondage carotté, sondage pressiométrique et essai au pénétromètre), rassemblés tous les 500m, nous avons pu réaliser des recoupements entre les variations lithologiques et les variations des caractéristiques mécaniques mesurées.

Sur l'ensemble des investigations, 6 formations géologiques principales ont été observées et présentent des caractéristiques mécaniques similaires.

*Récapitulatif des formations observées et de leurs caractéristiques mécaniques mesurées « in situ »*

	GTR	Résistance de pointe	Résistance de pointe	Pression limite nette	Module pressiométrique
		qd (MPa)	qc (MPa)	Pl* (MPa)	E <sub>M</sub> (MPa)
Les remblais		-	-	-	-
Argiles	A1, A2, A3, A4	<5	<5	0.1-1.7	0.5-36.0
Les argiles sableuses aux sables argileux	A1, A2,	<10	<5	<2.07	<25
Les sables très légèrement argileux	B5, B2	>9	>5	0.3-5.5	2.0-111.1
Les sables graveleux	CIB5, B2, CIB5	>14	> 15	0.4-5.1	1.9-68.9

Nous avons ensuite réinterprété l'ensemble des sondages pressiométriques et des essais pénétrométriques à l'aide de cette lithologie simplifiée.

Remarques sur les investigations Abrotec :

- Le rapport des investigations géotechniques ne fournit pas le système de coordonnées géographiques du repérage des sondages.
- Les coupes lithologiques des sondages indiquent des cotes altimétriques dans le repère NGF.
- Pour des raisons d'inaccessibilité, 3 sondages pressiométriques, 3 sondages carottés et 6 essais au pénétromètre dynamique n'ont pas pu être réalisés sur une section de canal à étudier, en rive gauche entre les PK 90.7 et 92.2.
- Les coupes lithologiques des sondages carottés et des sondages pressiométriques sont identiques. Une homogénéisation des résultats, par groupe de sondages carottés et pressiométriques, a dû être effectuée par la société Abrotec.
- Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels. Les intervalles importants entre les sondages et les essais (250 m entre essais au pénétromètre dynamique et 500 m entre groupe de sondages pressiométriques et carottés) ne permettent pas d'extrapoler de façon fiable les lithologies observées sur l'ensemble du linéaire du projet.
- Des bancs de craie blanchâtre ont localement été observés au droit du sondage SC7.
- Des passages de tourbe noire ont localement été observés (en dehors des prélèvements d'échantillons intacts) au droit des sondages SC20 et SC60.

- Les échantillons intacts prélevés lors des sondages carottés ont montré la présence de tourbe (au droit du sondage SC10), d'argile vasarde (au droit du sondage SC26), d'argile tourbeuse (au droit du sondage 52) et de l'argile contenant de la matière organique (au droit du sondage SC60). Tous ces échantillons présentent des teneurs en eau élevées (de l'ordre de 100 %) et confirment donc le caractère organique de ces sols.

#### Remarques sur l'analyse des investigations complémentaires Hydrogéotechnique :

- Un repérage corrigé (points kilométriques) des sondages a été pris en compte afin de placer ces derniers correctement dans les zones d'homogénéité géotechnique de notre synthèse.
- Pour des raisons d'inaccessibilité, 1 sondage pressiométrique, 1 sondage carotté et 2 essais au pénétromètre statique n'ont pas pu être réalisés sur une section de canal à étudier, en rive gauche entre les PK 88.0 et 87.6.
- Les valeurs de rapport de frottement Rf (%) affichées sur les coupes d'essais de pénétration statique ne nous semblent pas nécessairement représentatives des différentes natures de sols traversés (notamment pour les sols argileux) du fait de l'utilisation d'une pointe mécanique.
- Les échantillons intacts prélevés lors des sondages carottés ont montré localement la présence de tourbe (au droit du sondage SC 1). Cet échantillon présente des teneurs en eau élevées (de l'ordre de 100 %) et confirme donc le caractère organique de ce passage.

### 3.2. Profils stratigraphiques

La représentation des investigations sur le linéaire du canal fait apparaître des secteurs ayant des profils lithologiques similaires correspondant approximativement aux formations observées sur les cartes du BRGM.

Nous avons ainsi déterminé 7 sections de canal ayant des profils géotechniques relativement homogènes. Toutefois, les distances séparant les points de reconnaissance (500m entre les sondages pressiométriques et 250m entre les essais pénétrométriques) ne permettent pas de définir des limites précises pour chaque zone et de s'affranchir de zones géologiques singulières.

Dans l'état actuel des connaissances, les zones retenues sont :

Zone	Pk		Contexte géologique
	Début	Fin	
1	71.3	74	Limons de la vallée de la Lys
2	75.66	80.2	Limons de la vallée de la Lys
3.1	80.5	81.1	Alluvions et complexe limoneux de la vallée de la Lys
3.2	81.1	82.5	Alluvions
4	82.6	86.7	Complexe limoneux
5	87.2	89.23	Limons de la vallée de la Lys
6	90.0	91.5	Alluvions et Limons de la plaine de la Lys
7.1	91.5	93.5	Alluvions de la Lys
7.2	93.5	95.2	Alluvions de la Lys
7.3	95.3	95.5	Alluvions de la Lys

Un plan de repérage de ces zones est présenté en annexe I.



Sur chaque secteur, nous avons établi des profils statistiques représentant les pressions limites nettes et les modules pressiométriques mesurés en fonction de la profondeur.

Ces courbes nous ont permis de proposer des profils géotechniques types.

Les paramètres géotechniques (angle de frottement, cohésion, coefficient rhéologique et poids volumique) de chaque formation ont été déduits des essais en laboratoire et de corrélations avec les mesures « in situ » (voir paragraphe 2.2.4 Description géologique et géomécanique).

Les profils géotechniques établis dans cette note seront utilisés ultérieurement pour les calculs de stabilité des berges et le dimensionnement des confortements choisis.

On trouvera, en annexe I, une fiche d'analyse synthétique des données par zone repérée. Ces fiches présentent :

- les lithologies simplifiées des sondages du secteur,
- les caractéristiques pressiométriques mesurées,
- les contextes géologiques reconnus (correspondant plus ou moins au contexte observé sur les cartes géologiques),
- les points kilométriques approchés du repérage des sondages,
- les essais réalisés en laboratoire,
- les hypothèses géotechniques retenues pour les calculs de stabilité.

### **Nota important :**

On attire l'attention sur le fait que ces maquettes ont été établies en vue réaliser les calculs de dimensionnement des confortements. Les caractéristiques mécaniques sont donc prudentes et peuvent masquer des passages très indurés et pouvant provoquer des refus de battage/fonçage des palplanches (en particulier dans les sables et graviers). Il convient de se référer aux fiches signalétiques des différents profils.

### **Remarques sur les profils géotechniques :**

- Profil géotechnique 2

La zone 2 recoupe, d'après les cartes géologiques, des limons de la vallée de la Lys et des argiles des Flandres observées entre les PK 75.660 et 80.000. Toutefois les profils pressiométriques mesurés sur ce secteur sont relativement homogènes et les limites représentées sur ces cartes géologiques restent interprétables. Nous avons donc établi un profil unique sur ce secteur.

- Profil géotechnique 3

La zone a été scindée en 2 (profils 3.1 et 3.2) entre les PK 80.200 et 82.600 pour tenir compte sur les premiers mètres d'un faciès argileux et semblant correspondre à l'argile des Flandres et un faciès argilo-sableux. La limite de ces deux sous-profils devra être confirmée par la réalisation d'investigations complémentaires pour préciser la géologie de ce secteur (cf. 3.5 Investigations complémentaires préconisées).

- Profil géotechnique 6

Cette zone, comprise entre le PK 90.000 et 91.500, n'est pas homogène : elle recoupe des limons de la plaine de la Lys et des alluvions. Ces derniers ne sont repérés que sur un seul sondage et ne devraient pas représenter un grand linéaire de canal (en principe inférieur à 500m).

- Profil géotechnique 7

Cette zone, située dans des alluvions modernes, étant très difficile à caractériser, des sondages complémentaires ont été réalisés afin de préciser cette zone. Cela a abouti à la création de sous-profils nommés 7.1, 7.2 et 7.3. Le profil 7.2 présente une homogénéité suffisante pour poser une modélisation géotechnique fiable. Le profil 7.1 demeure quant à lui hétérogène. On supposera le profil 7.3 homogène, au vu de sa très courte longueur. Ce profil est d'ailleurs le profil le plus défavorable d'un point de vue géomécanique.

On recommande la réalisation de sondages complémentaires au droit des profils 7.1 et 7.3 afin de confirmer leur zonage (cas du profil 7.3) ou afin de découper en sous-profils plus courts et plus homogènes (cas du prof 7.1). On se reportera au point cf. 3.5 Investigations complémentaires préconisées.

### 3.3. Description géologique et géomécanique

On trouvera dans ce paragraphe le détail des descriptions géologiques et des paramètres géotechniques retenus pour les formations géologiques reconnues le long du projet, citées dans le paragraphe 3.1.

Cette analyse a été réalisée sur la base des investigations de la société ABROTEC et HYDROGEOTECHNIQUE.

- **Les remblais**

Ils ont été reconnus sur la quasi-totalité du linéaire étudié du canal. On les retrouve majoritairement sur les 1.5 premier mètres et jusqu'à 2.4m de profondeur sur les sondages carottés SC 5 et SC12 Abrotec.

Ces remblais sont très hétérogènes et font encore l'objet de « réparations » (comblement des érosions de berges) à l'heure actuelle. Leur composition n'est donc pas définie et nous avons décidé de leur affecter des caractéristiques géotechniques moyennes pour ce genre de matériau :

	Cote bas	$\gamma_h$	PI*	Em	$\alpha$	$\varphi'$	C'
	m	kN/m <sup>3</sup>	MPa	MPa		°	kPa
Remblais	1.5	18	0.3	1.5-3	1	25	0

- **Les argiles**

On retrouve ces argiles dans la formation appelée « limons de la vallée de la Lys » sur les cartes géologiques.

L'épaisseur de cette formation est très variable. Elle a été reconnue sur toute la hauteur des sondages entre les PK 76 et 79.5 et n'est pas présente sur certaines portions de linéaire étudiées.

Les essais pressiométriques réalisés dans ces argiles donnent :

- des pressions limites  $Pl^*$  comprises entre 0,08MPa et 1,7MPa, pour une moyenne de 0,4MPa entre 1,5m et 4,5m de profondeur et 0,7MPa lorsqu'il se trouve sous les 4,5m de profondeur ;
- des modules pressiométriques EM compris entre 0,5MPa et 36,0MPa, pour une moyenne de 4,6MPa entre 1,5m et 4,5m de profondeur et 9,2MPa lorsqu'il se trouve sous les 4,5m de profondeur ;

Ces mesures sont complétées par des classifications GTR, caractérisant ces matériaux dans les catégories A1 (limons peu plastiques) à A4 (argiles très plastiques).

On note que les argiles classées A3 et A4 se situent toutes entre les Pk 75.5 et 79.5, ce qui nous indique que cette zone est plus spécifiquement concernée par des argiles très plastiques.

Les teneurs en eau mesurées sur les échantillons intacts d'argiles sont comprises entre 21.5% et 37.4% pour une moyenne de 29.5%.

Les essais de laboratoire, réalisés sur cette formation, montrent des résultats hétérogènes (voir tableau page suivante) :

- des angles de frottement  $\varphi'$  compris entre 16° et 32° (avec une valeur à 11° dans un passage tourbeux) ;
- des cohésions  $c'$  comprises entre 2kPa et 27kPa ;

Néanmoins on retirera, de ces résultats, les essais réalisés sur les forages SC10 et SC20 qui représentent des poches d'argiles tourbeuses ou très plastiques se trouvant dans la couche sableuse.

<b>Abrotec</b>							
	Forage	profondeur	w	GTR	$\varphi'$	$c'$	MO
		m	%		°	kPa	%
Argile gris-marron	SC26	1.5-2.4	29,7	A3	20	6	
Argile	SC27	1.5-2.4	29,7	A3	24	17	
Argile compacte	SC30	3-3.9	29	A3	17	2	
Argile marron bleutée avec nodules de craie	SC41	3-3.7	34,2	A4	17	8	
Remblais argileux	SC5	1.5-2.4	24,7	A1	22	23	
Tourbes	SC10	1.5-2.4	119	A2	11	11	
Argile marron foncée bleutée verte avec poche sableuse ocre	SC19	1.2-2.1	21,3	A2	23	27	
Argile	SC24	3.9-4.8	25,3	A2	32	20	
Argile grise	SC20	7.8-8.7	38,1	A4	16	8	

Hydrogéotechnique							
	Forage	profondeur	w	GTR	$\phi'$	c'	MO
		m	%		°	kPa	%
Limon argileux	SC09	2.5-3.0	32.3	A2			2,0
Limon argileux	SC09	3.5-3.9	34.1	A2			1,0
Argile gris vert	SC10	2.5	43.3		16	10	
Argile gris vert	SC10	2.5-2.8	33.7	A3			
Argile gris vert	SC10	3.5-3.9	31.9	A2			
Argile	SC06	3.5	27.5			18	4
Argile	SC06	3.5-3.8	27	A2			
Argile	SC06	6.5-7.0	29	A2			
Argile	SC07	2.5-2.9	28.8	A2			
Argile	SC07	4.0	43.3		16	10	
Argile	SC07	5.2-5.5	30.8	A3			

Les données étant très hétérogènes, nous retenons, pour cette formation, les caractéristiques géotechniques suivantes :

	$\gamma_h$	PI*	Em	$\alpha$	$\phi'$	C'
	kN/m <sup>3</sup>	MPa	MPa		°	kPa
Argiles	18	0.3	2-3.6	2/3	20	5

#### ▪ Les argiles sableuses aux sables argileux

Les valeurs pressiométriques des argiles sableuses sont semblables à celles des argiles. Toutefois les essais au pénétromètre dynamique et au pénétromètre statique montrent une augmentation des caractéristiques mécaniques au niveau du toit des argiles sableuses.

De plus les différentes classifications GTR effectuées dans cette couche n'indiquent que des sols fins, peu à très peu plastiques (A2 et majoritairement A1).

Les teneurs en eau sont plus faibles que pour les argiles et varient de 16.4% à 32.2% pour une valeur moyenne de 24.5%.

On remarque également que les essais de cisaillement à la boîte et essais triaxiaux (voir figure en page 19) sont plus homogènes. Les angles de frottement qui sont supérieurs à 27° confirmant effectivement une fraction très sableuse de cette couche.

Les essais de cisaillement recensés dans cette formation donnent :

<b>Abrotec</b>						
	Forage	profondeur	w	GTR	$\varphi'$	$c'$
		m	%		°	kPa
Argile limoneuse légèrement sableuse	SC3bis	1.5-2.4	23,7	A2	35	3
Argile sableuse	SC1	1.1-2	22,5	A2	27	4
Limons argileux à graviers calcaires	SC2	1.1-2	25,4	A2	33	7
Sable argilo-marneux marron grisâtre	SC6	3.9-4.8	22,8	A1	36	0
Sable argileux	SC3	1.4-2.3	28,4	A2	28	13
Sable argileux	SC58	7.8-8.7	19,4	A1	38	13
Sable argileux beige	SC7	3.9-4.8	27,5	A1	31	13

Les essais de triaxiaux recensés dans cette formation donnent :

<b>Hydrogeotechnique</b>						
	Forage	profondeur	w	GTR	$\varphi'$	$c'$
		m	%		°	kPa
Argile sableuse	SC3	2.5-2.8	27,4	A2		
Argile	SC2	2.5	32,1		24.6	4

Nous proposons de retenir les paramètres mécaniques suivants :

	$\gamma_h$	PI*	Em	$\alpha$	$\varphi'$	C'
	kN/m <sup>3</sup>	MPa	MPa		°	kPa
Argiles sableuses à sables argileux	18	0.3	2.5	1/2	28	5

#### ▪ **Les sables**

La couche sableuse a été reconnue à partir de 4.8m sur certains sondages carottés.

Le passage des argiles (sableuses ou non) se remarque également par une augmentation significative de la résistance de pointe mesurée au pénétromètre dynamique et statique. Cette dernière étant majoritairement supérieure à 7MPa dans cette formation.

On notera également que tous les refus au pénétromètre dynamique et statique ont été obtenus dans cette formation.



Les pressions limites et les modules pressiométriques mesurés dans les sables sont :

- $PI^*$  compris entre 0.3MPa et 5.5MPa pour une moyenne de 1.5MPa ;
- $Em$  compris entre 2MPa et 111MPa pour une moyenne de 25MPa ;

Ces valeurs sont très hétérogènes sur l'ensemble du linéaire mais on remarque sur l'annexe I que les résultats sont assez cohérents sur certains secteurs.

Les teneurs en eau mesurées dans ces sables varient de 14% à 25% pour une valeur moyenne de 20.9%.

Les sables ont globalement été classés dans la catégorie B2 de la classification GTR, soit des sables contenant des fines.

Un seul essai de cisaillement a été réalisé sur cette formation et a montré les caractéristiques suivantes :

<b>Abrotec</b>						
	Forage	profondeur	w	GTR	$\varphi'$	$c'$
		m	%		°	kPa
Sable marron grisâtre	SC13	8-8.9	20.8	B2	28	7

Toutefois, au vu des résultats pressiométriques, nous avons retenu les paramètres suivants pour les sables :

	$\gamma_h$	$PI^*$	$Em$	$\alpha$	$\varphi'$	$c'$
	kN/m <sup>3</sup>	MPa	MPa		°	kPa
Sables	19	0.9	12	1/3	30	0

#### ▪ Les sables graveleux aux graves sableuses

Les formations graveleuses ont toutes été reconnues dans des secteurs définis comme alluvionnaires.

Leurs caractéristiques pressiométriques sont très hétérogènes :

- $PI^*$  compris entre 0.5MPa et 5.1MPa pour une moyenne de 2.3MPa ;
- $Em$  compris entre 2.4MPa et 63.4MPa pour une moyenne de 20.6MPa ;

Les analyses et les essais sur les échantillons intacts ont donné :

<b>Abrotec</b>	Forage	profondeur	w	GTR	$\phi'$	$c'$
		m	%		°	kPa
Graves à silex	SC3bis	3.9-4.8	5.3	CIB5		
Grave sablo limoneuse	SC2	8.1-9	8			
Graves	SC7	7.8-8.7	6.3			
Grave sableuse	SC58	3.9-4.8	6.6	CIB4		
Grave sableuse argileuse ocre	SC59	3.9-4.8	5.3			
Sable graveleux	SC56	7.8-8.7	7	B5	36	0

Cette couche est donc principalement composée de graves sableuses contenant des fines en proportions variables.

Nous proposons de retenir les paramètres géotechniques suivants :

	$\gamma_h$	PI*	Em	$\alpha$	$\phi'$	$c'$
	kN/m <sup>3</sup>	MPa	MPa		°	kPa
Sables graveleux aux graves sableuses	20	2.2	19	1/4	32	0

#### ▪ Cas du profil 7.3 :

Ce profil présente un linéaire relativement faible (du PK95.35 au PK 95.49) et a fait l'objet lors des investigations complémentaires d'un sondage pressiométrique, d'un sondage carotté et d'un essai de pénétration statique.

Bien qu'en zone alluvionnaire, les résultats des différentes investigations sont cohérents et ont permis de mettre en évidence un profil lithologique et mécanique différent des couches décrites jusqu'alors.

Une synthèse spécifique et plus détaillée a donc été proposée, du fait de caractéristiques mécaniques notoirement faibles avec la présence d'une couche de tourbe franche clairement identifiés sur échantillons intacts (visuellement et par la mesure des teneurs en eau) et retrouvée sur le profil pressiométrique.

#### Remarques sur les résultats des essais de cisaillement :

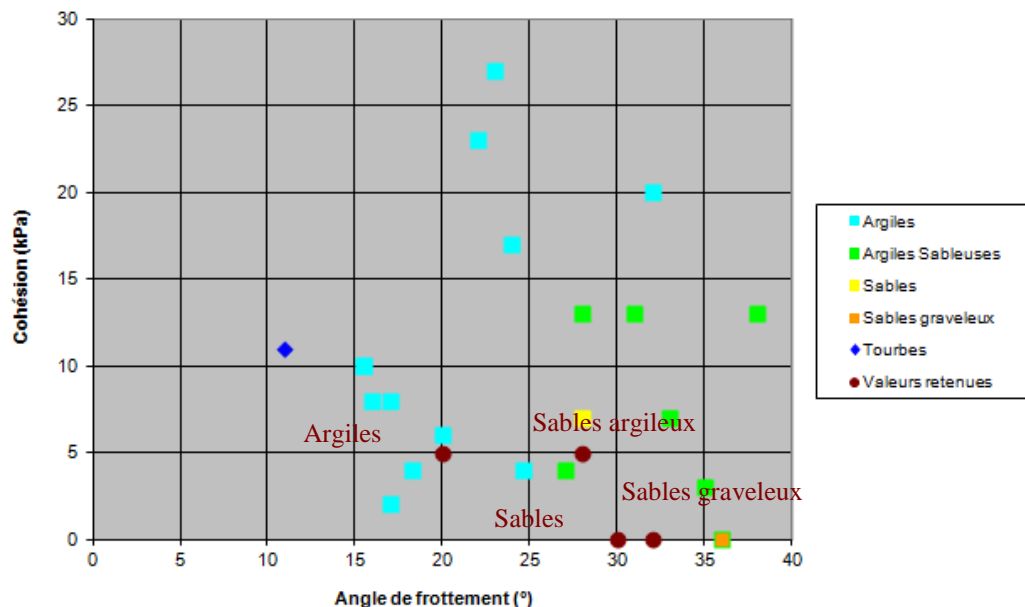
Dans l'ensemble, les essais de cisaillement sont concentrés sur la fin du linéaire. 9 essais de cisaillement sur 18 ont été réalisés entre les PK 90.7 et 94.5, soit 4km sur les 24km du projet. De plus ce secteur est considéré comme alluvionnaire, pouvant expliquer l'hétérogénéité des résultats.

Nous avons donc privilégié des valeurs représentatives de la lithologie et déduit les paramètres mécaniques par corrélations avec les mesures « in situ ».

La figure suivante représente les différents résultats des essais de cisaillement en fonction de la nature du terrain.

On remarque que les formations géologiques sont plus ou moins concentrées sur ce graphique.

Nous avons représenté les caractéristiques de résistance au cisaillement, déduites des différentes investigations, essais et corrélations, que nous proposons de retenir pour chaque formation lithologique.



Analyse des essais de cisaillement mécanique

### Conclusion

Les profils lithologiques et les paramètres mécaniques retenus par zone ont été résumés en annexe I.

## 3.4. Coupes transversales du canal

Nous avons à notre disposition les coupes transversales théoriques citées par INGEROP dans sa note d'hypothèses générales.

Chaque secteur identifié pourra faire l'objet d'une ou de plusieurs coupes transversales. Elles dépendront de la rive étudiée et du type de berge existant.

Une synthèse des profils et des coupes, des sondages et des essais de la société ABROTEC et HYDROGEOTECHNIQUE en notre possession, réalisés le long du canal est fournie en annexe 2.

Les dimensions des défenses de berge existantes de type perrés sont celles fournies dans l'étude diagnostique phase I sur les digues à très forte criticité (niveau 4) : Etat des lieux, GINGER CEBTP Dossier n°NBE3.82106d, Mars 2009.

La géométrie et les caractéristiques des différents rideaux de palplanches présents sur le linéaire de projet ne nous ont pas été communiquées.

### 3.5. Investigations complémentaires recommandées

Les sondages complémentaires se sont globalement concentrés sur le canal de NEUFOSSE du PK 93.7 au PK 95.5 rive gauche, le canal de d'AIRE présentant des investigations complémentaires au PK 78.5 rive droite et du PK 84.1 au PK 88.9 rive gauche.

Ces investigations ont permis de confirmer globalement le modèle géotechnique des zones 2, 4, 5 et 7.

Sur certains secteurs du canal, malgré les sondages complémentaires, nous considérons que les données doivent être complétées et qu'il est nécessaire de réaliser des investigations complémentaires.

De manière générale les formations alluvionnaires sont très hétérogènes et présentent des profils lenticulaires. Les investigations concentrées en quelques points épars ne révèlent donc que ponctuellement la lithologie.

Nous préconisons la réalisation d'essais complémentaires afin d'affiner le contexte géotechnique de certaines zones pour préciser les profils :

- Profil 3.1/3.2 – Rive droite : entre les PK 81.000 et 81.500 :
  - 1 sondage pressiométriques descendus à 10.0 m
  - 3 essais au pénétromètre statique descendus à 10.0 m ou au refus
- Profil 7.1 – Rive gauche : entre les PK 91.500 – 93.300 :
  - 3 sondages pressiométrique descendus à 10.0 m
  - 6 essais au pénétromètre statique descendus à 10.0 m ou au refus
- Profil 7.3 – Rive gauche : entre les PK 93.4 – 95.5 :
  - 1 sondage pressiométriques descendus à 15.0 m
  - 3 essais au pénétromètre statique descendus à 15.0 m ou au refus

Les essais de pénétration statique seront réalisés avec une pointe électrique et non un pointe mécanique, et ce afin d'obtenir le paramètre  $R_f$ , très utile pour estimer la lithologie rencontrée.

## 4. Conclusion

La présente note conclut la synthèse géotechnique réalisée dans le cadre d'une étude géotechnique G2 PRO, qui nous a été confiée par INGEROP dans le cadre de la réfection des berges sur les canaux d'Aire et de Neufossé (62).

Elle fournit les hypothèses et les paramètres à retenir pour le dimensionnement des renforcements de berges.

FONDASOL reste à la disposition de la société INGEROP pour tout renseignement concernant le présent document.

**P. AUBRION**



## 1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du co-contractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.

Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite. Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

## 2. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

Conformément à l'article L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

## 3. Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.

La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.

Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.

Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

## 4. Plans et documents contractuels

Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

## 5. Limites d'engagement sur les délais

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.

Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

## 6. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au

Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.

Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutages nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.

Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les mises en état, réparations ou indemnités correspondantes sont à la charge du Client.

## 7. Implantation, nivellement des sondages

Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

## 8. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

## 9. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.

L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

## 10. Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

## 11. Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes

Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

## 12. Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation

La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

## 13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.

Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

## 14. conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.

Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975. Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Si la carence du Client rend nécessaire un recouvrement contentieux, le Client s'engage à payer, en sus du principal, des frais, dépens et émoluments ordinairement et légalement à sa charge, une indemnité fixée à 15% du montant en principal TTC de la créance avec un minimum de 150 euros et ce, à titre de dommages et intérêts conventionnels et forfaitaires. Cette indemnité est due de plein droit, sans mise en demeure préalable, du seul fait du non-respect de la date.

Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

## 15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

## 16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

### Assurance décennale obligatoire

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-I du Code des assurances. Ce contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Le client prendra en charge toute éventuelle surcotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voire inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières.

Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

### Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en référera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle surcotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

## 17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

## 18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

Juillet 2014

## Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)

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 : Etude géotechnique préalable (G1)</b>		<b>Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude 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
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	<b>Etudes 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 : Etude géotechnique de conception (G2)</b>	APD/AVP	<b>Etude 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 (choix constructifs)
	PRO	<b>Etudes géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)</b>		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	<b>Etude 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 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)</b>		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	<b>Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (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>	Etude 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 (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	<b>Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude)</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>A 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

## Classification des missions d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)

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 PREALABLE (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, participer 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).

FEVRIER 2014

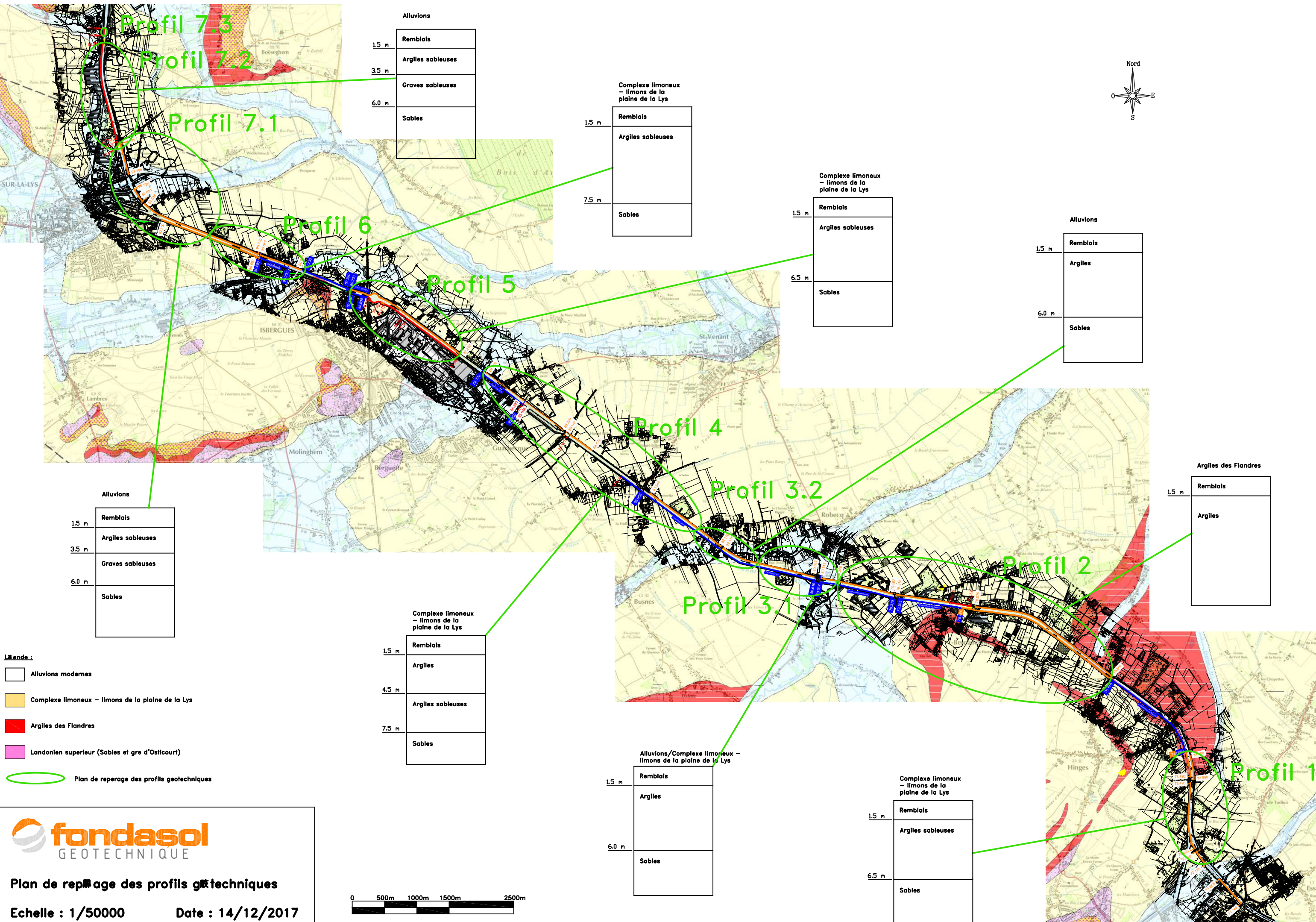
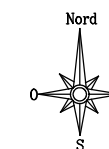
## Annexes





## I. Fiches synthétiques des profils géotechniques





Alluvions	
1.5 m	Remblais
3.5 m	Argiles sableuses
6.0 m	Graves sableuses
	Sables

Complexe limoneux - limons de la plaine de la Lys	
1.5 m	Remblais
7.5 m	Argiles sableuses
	Sables

Complexe limoneux - limons de la plaine de la Lys	
1.5 m	Remblais
6.5 m	Argiles sableuses
	Sables

Alluvions	
1.5 m	Remblais
6.0 m	Argiles
	Sables

Argiles des Flandres	
1.5 m	Remblais
	Argiles

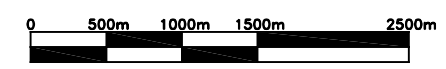
Alluvions	
1.5 m	Remblais
3.5 m	Argiles sableuses
6.0 m	Graves sableuses
	Sables

Complexe limoneux - limons de la plaine de la Lys	
1.5 m	Remblais
4.5 m	Argiles
7.5 m	Argiles sableuses
	Sables

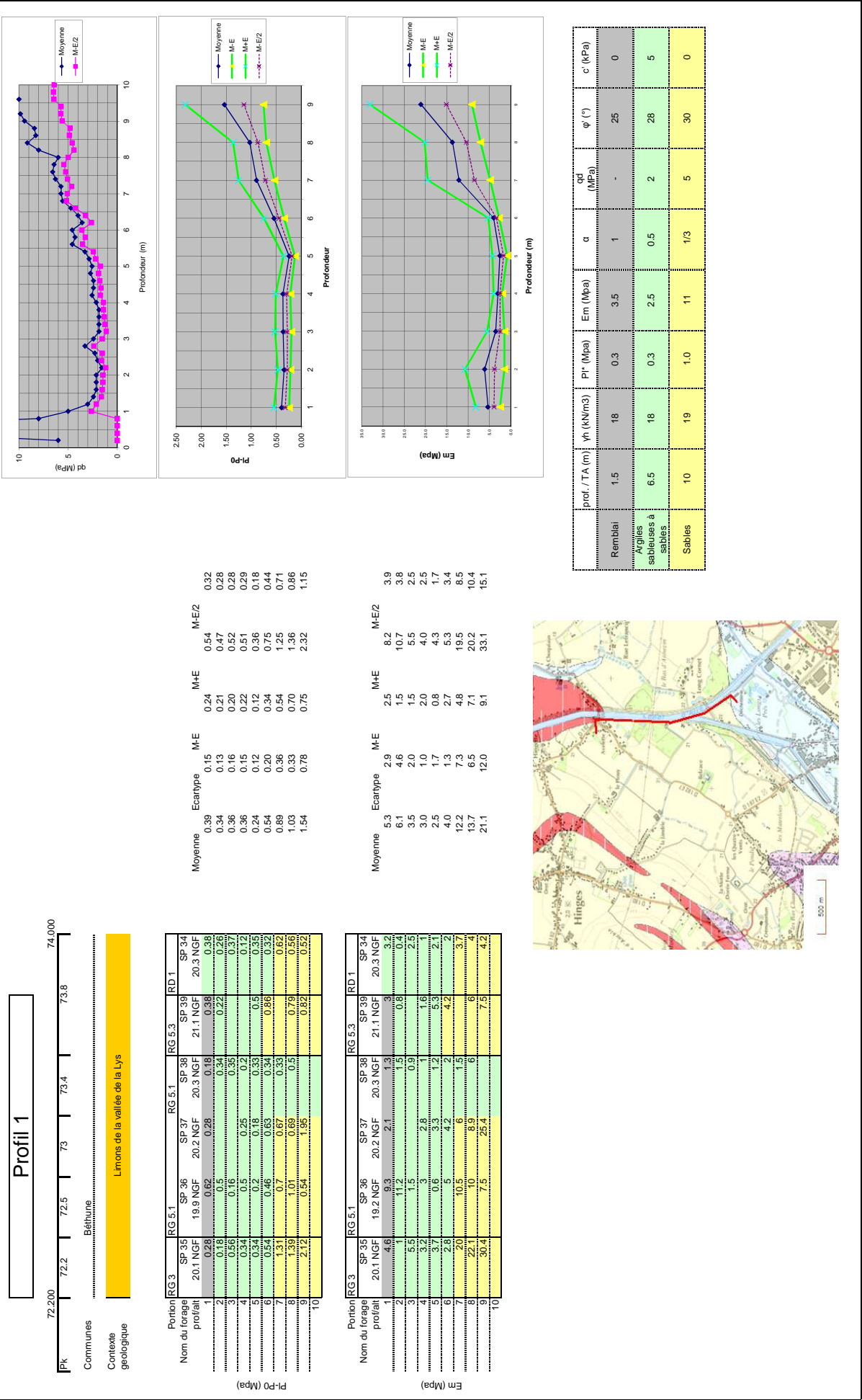
Alluvions/Complexe limoneux - limons de la plaine de la Lys	
1.5 m	Remblais
6.0 m	Argiles
	Sables

Complexe limoneux - limons de la plaine de la Lys	
1.5 m	Remblais
6.5 m	Argiles sableuses
	Sables

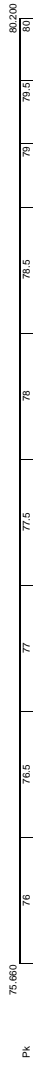
- Legende :**
- Alluvions modernes
  - Complexe limoneux - limons de la plaine de la Lys
  - Argiles des Flandres
  - Landonien superieur (Sables et gre d'Osticourt)
  - Plan de repere des profils geotechniques







## Profil 2

Communities  
Mont' BernenchanCommunities  
Mont' Bernenchan

## Contexte géologique

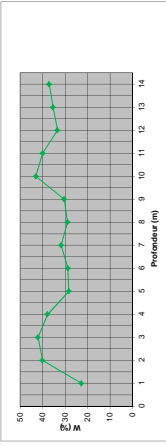
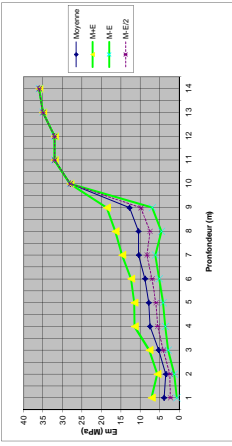
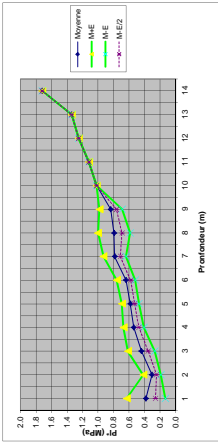
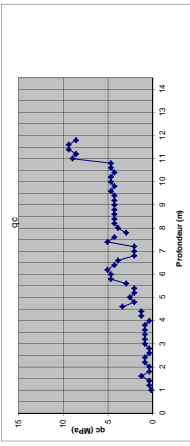
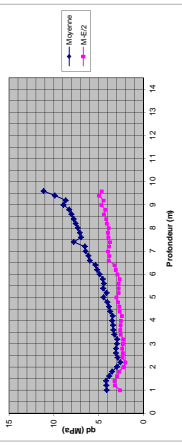
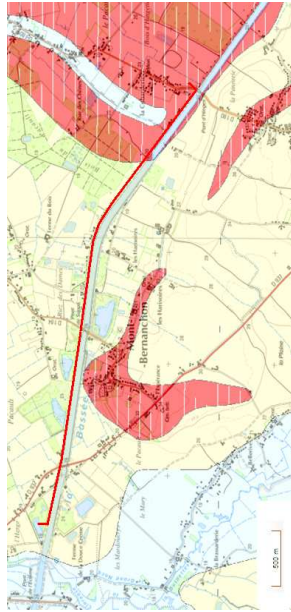
L'Imons de la vallée de la Lys/Arques des Flandres

[illegible][illegible]

Essais en laboratoire

Identification	Fraysse	protocoles	W	GTR	$\Phi^*$	C'
Agile munon bleue avec modules	SC04	3.3.7	34.2	A4	17	8
Agile compute	SC03	3.3.3	45	A3	17	2
Agile	SC27	1.5.2.4	29.7	A3	24	17
Agile gris-munon	SC06	1.5.2.4	36.1	A3	20	6
Agile rose	SC11	2.5	#34.0	A3	18.9	3

	jeol. Titeln	Fl (Mioha)	Fl* (Mioa)	Em (Mioa)	a	qd (MPa)	$\varphi$ (°)	c (MPa)
	Remblai	1,5	18	0,3	2,2	1	25	0
	Argile des Flandres	10	18	0,5	6	23	3	5
	Argile des Flandres	14	18	1,2	30	23	-	10



Moeyene	Ecaytipe	ME	ME2
0.38	0.25	0.63	0.13
0.40	0.17	0.42	0.19
0.34	0.11	0.62	0.27
0.54	0.13	0.67	0.41
0.58	0.11	0.69	0.47
0.64	0.12	0.76	0.52
0.79	0.15	0.93	0.64
0.79	0.21	1.00	0.59
0.84	0.15	0.98	0.69
1.02	0.00	1.02	0.76
1.02	0.00	1.02	1.02
1.02	0.00	1.02	1.02
1.25	0.00	1.25	1.25
1.34	0.00	1.34	1.34
1.72	0.00	1.72	1.72

Myosine	Ecotype	ME	ME2
2.3	3.9	7.2	0.6
2.3	3.4	5.6	1.2
2.3	2.4	2.2	4.1
2.3	5.3	2.7	2.9
4.1	7.5	3.9	11.5
4.1	7.8	3.7	11.5
5.5	8.8	3.6	12.4
5.5	8.8	3.6	12.4
6.0	10.4	4.3	14.7
6.0	10.5	5.9	16.4
6.0	12.8	5.8	16.0
6.0	12.8	5.8	16.0
6.0	32.0	0.0	32.0
6.0	32.0	0.0	32.0
6.0	32.0	0.0	32.0
6.0	32.0	0.0	32.0
6.0	36.0	0.0	36.0
6.0	36.0	0.0	36.0
6.0	36.0	0.0	36.0
6.0	36.0	0.0	36.0

Profil 3.1



Communes

Robecq

Contexte géologique Argile des Flandres/Alluvions/Complexe limoneux de la vallée de la Lys

Portion	RD 4.4	
	SP 24	SP 23
Nom du forage		
prof/alt		
1	20.4 NGF	19.4 NGF
2	0.31	0.78
3	0.26	0.41
4	0.24	0.21
5	0.31	0.22
6	0.32	0.17
7	0.31	0.17
8	0.36	0.32
9	1.53	0.46
10	1.68	0.92

PI-P0 (Mpa)

Moyenne	Ecartype	M+E	M-E	M-E/2
0.55	0.33	0.88	0.21	0.38
0.34	0.11	0.44	0.23	0.28
0.23	0.02	0.25	0.20	0.21
0.27	0.06	0.33	0.20	0.23
0.25	0.11	0.35	0.14	0.19
0.24	0.10	0.34	0.14	0.19
0.34	0.03	0.37	0.31	0.33
1.01	0.74	1.75	0.27	0.64
1.30	0.54	1.84	0.76	1.03

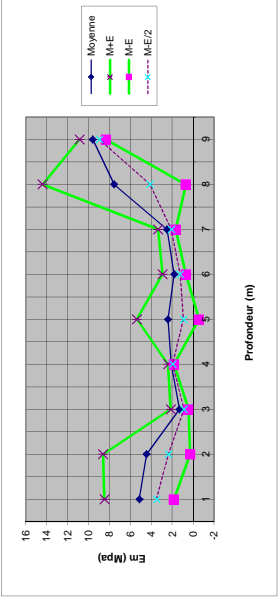
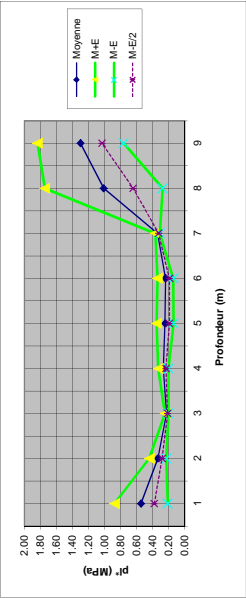
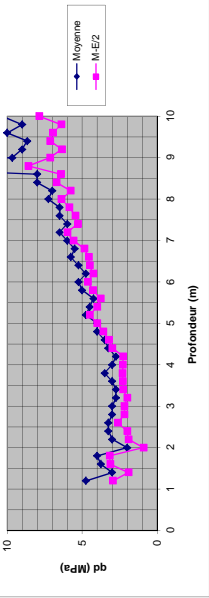
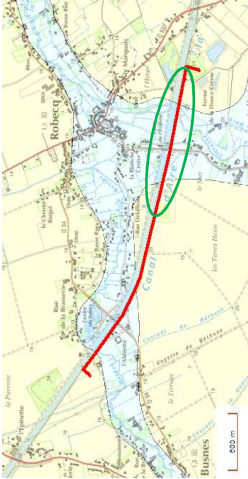
Portion	RD 4.5	
	SP 24	SP 23
Nom du forage		
prof/alt		
1	2.8	7.5
2	1.50	7.40
3	0.70	1.90
4	1.90	2.30
5	4.50	0.30
6	2.6	1.00
7	3.1	1.9
8	12.4	2.7
9	10.5	8.7
10		

Em (Mpa)

Moyenne	Ecartype	M+E	M-E	M-E/2
5.2	3.3	8.5	1.8	3.5
4.5	4.2	8.6	0.3	2.4
1.3	0.8	2.1	0.5	0.9
2.1	0.3	2.4	1.8	2.0
2.4	3.0	5.4	-0.6	0.9
1.8	1.1	2.9	0.7	1.2
2.5	0.8	3.3	1.7	2.1
7.6	6.9	14.4	0.7	4.1
9.6	1.3	10.9	8.3	9.0

Essais en laboratoire

Denomination	Longueur	W	GV	GV	GV
SC24	3.9-4.8	25.3	A2	A2	20



	prof. / TA (m)	vh (kN/m3)	PI* (Mpa)	Em (Mpa)	$\alpha$	qd (MPa)	$\phi$ (°)	c' (kPa)
Remblai	1.5	18	0.5	4	1	-	25	0
Argile des Flandres	6	18	0.2	2	1/2	3	20	5
Sables	10	18	0.8	8	1/3	6	30	0

Profil 3.2



Communes

Robecq

Contexte géologique

Alluvions

Portion	RD4.5			RD 4.7		
	SP 22	20.7 NGF	20.9 NGF	SP 21	SP 20	19.9 NGF
Nom du forage						
1	0.88	1.24	0.64			
2	0.25	0.39	0.35			
3	0.37	0.41	0.38			
4	0.37	0.36	0.28			
5	0.43	0.37	0.3			
6	0.14	0.37	0.6			
7	0.46	0.76	0.53			
8	0.43	0.86	0.52			
9	0.55	0.57	0.54			
10						

Moyenne	Ecantype	M+E	M-E	M-E/2	
0.92	0.30	1.22	0.62	0.77	
0.33	0.07	0.40	0.26	0.29	
0.39	0.02	0.41	0.37	0.38	
0.34	0.05	0.39	0.29	0.31	
0.37	0.07	0.43	0.30	0.33	
0.37	0.23	0.60	0.14	0.26	
0.58	0.16	0.74	0.43	0.50	
0.80	0.23	0.83	0.38	0.49	
0.55	0.02	0.57	0.53	0.54	

Portion	RD4.5			RD 4.7		
	SP 22	20.7 NGF	20.9 NGF	SP 21	SP 20	19.9 NGF
Nom du forage						
1	19.4	15.1	3.4			
2	2.4	3.8	2.2			
3	2.4	3.6	1.7			
4	1.7	3.6	3.2			
5	2	4.4	3			
6	0.9	1.6	5.1			
7	7.5	7.7	3.1			
8	6.4	10.9	2.7			
9			3			
10			3.4			

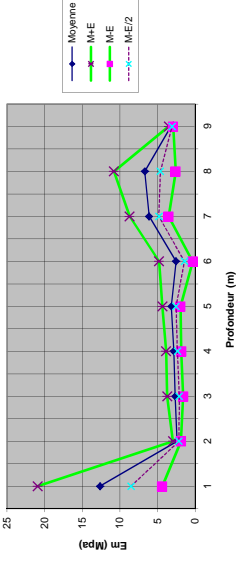
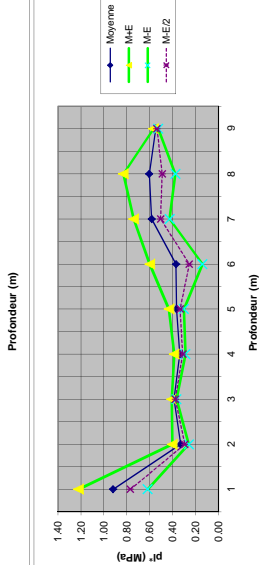
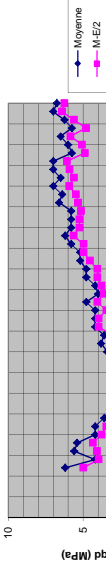
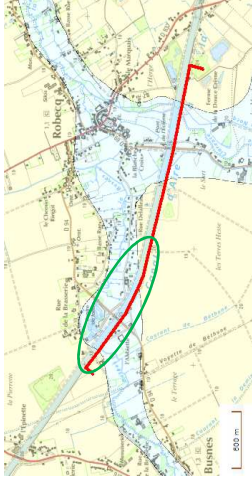
Moyenne	Ecantype	M+E	M-E	M-E/2	
12.6	8.3	20.9	4.4	8.5	
2.4	0.5	2.9	1.9	2.1	
2.6	1.1	3.7	1.6	2.1	
2.8	1.0	3.8	1.8	2.3	
3.1	1.2	4.3	1.9	2.5	
2.5	2.3	4.8	0.3	1.4	
6.1	2.6	8.7	3.5	4.8	
6.7	4.1	10.8	2.6	4.6	
3.2	0.3	3.5	2.9	3.1	

Essais en laboratoire

Denomination	Longueur	Profil	W	QTR	QTR	QTR
Argile	SC2	3.9-4.6	25.3	A2	20	
Argile grise	SC0	7.8-8	38.1	A4	16	8

Poche d'argile dans les sables)

	prod. / TA (m)	vh (kN/m3)	Pl* (Mpa)	Em (Mpa)	$\alpha$	qd (MPa)	$\phi$ (°)	c' (kPa)
Remblai	1.5	18	0.6	6	1	-	25	0
Argiles sableuses à sables	6	18	0.3	2.5	1/2	3	28	5
Sables	10	18	0.5	4.6	1/3	6	30	0



Profil 4



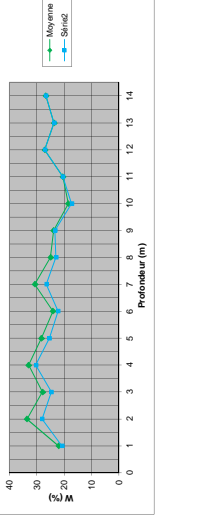
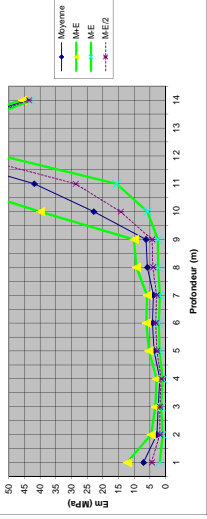
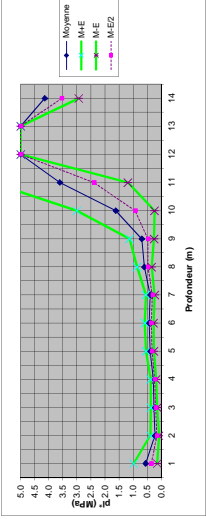
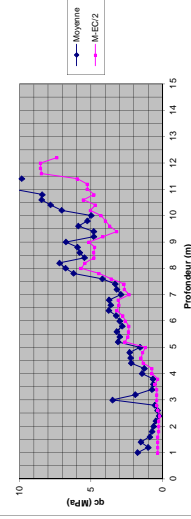
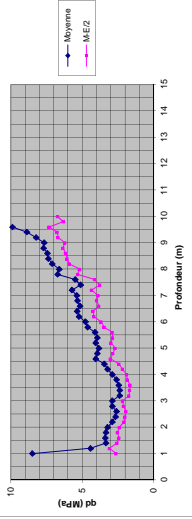
Portion Nom du trage prof/alt	RG 4.8		SP 19		SP 18		RG 11.2		SP 45		PR 11		SP 46		PR 10		SP 47		RD 4.11-12		RD 4.14		RD 11-6		RD 4.14		SP 15		SP 14	
	19.7 NGF	18.8 NGF	19.9 NGF	20.3 NGF	19.9 NGF	20.5 NGF	20.5 NGF	20.3 NGF	20.5 NGF	19.6 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF
1	0.32	0.75	0.16	0.22	0.13	0.14	0.22	0.35	0.92	0.18	1.59	0.57	0.03	0.19	0.17	0.20	0.41	0.37	0.48	0.38	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
2	0.27	0.26	0.21	0.13	0.14	0.22	0.13	0.08	0.16	0.17	0.36	0.17	0.16	0.17	0.16	0.27	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
3	0.44	0.30	0.26	0.17	0.08	0.16	0.17	0.08	0.16	0.17	0.36	0.17	0.16	0.17	0.16	0.27	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
4	0.40	0.26	0.33	0.38	0.17	0.16	0.17	0.16	0.17	0.16	0.27	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
5	0.66	0.34	0.52	0.43	0.45	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20
6	0.47	0.39	0.62	0.44	0.68	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
7	0.47	0.39	0.62	0.44	0.68	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
8	0.47	0.39	0.62	0.44	0.68	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
9	0.55	0.17	0.38	0.81	0.57	1.86	0.39	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
10	0.57	0.11	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12	0.09	1.12
11				0.81	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
12				5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
13				5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
14				3.29																										

Portion du trage prof/alt	RG 4.8		SP 18		SP 45		PR 11		SP 46		PR 10		SP 47		RD 4.11-12		RD 4.14		RD 4.14		RD 4.14		RD 4.14	
	19.7 NGF	18.8 NGF	19.9 NGF	20.5 NGF	20.5 NGF	20.3 NGF	20.5 NGF	20.5 NGF	20.3 NGF	20.5 NGF	19.6 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF	19.9 NGF
1	2.2	4.6	0.9	8.1	2.0	16.4	1.8	13.6																
2	1.7	2.1	1.5	5.4	1.8	3.3	1.5	5.4	0.7															
3	2.8	1.6	1.7	4.3	1.1	2.9	1.5	2.5																
4	3.8	1.5	1.0	2.9	0.9	1.9	2.0	1.6																
5	5.6	2.8	2.7	5.6	2.1	2.7	3.2	0.8																
6	4.2	2.9	4.0	7.4	4.6	7.6	3.0	2.2																
7	3.6	3.7	1.3	5.6	3.7	4.9	2.4	3.5	0.8															
8	3.8	8.3	8.2	12.3	8.1	9.4	2.3	4.0	1.3															
9	3.6	5.2	5.0	28.6	6.0	36.5	3.0	3.2	3.4															
10																								
11				12.2	62.2																			
12				48.2		87.1																		
13				63.8		74.2																		
14				43.3																				

Essais en laboratoire

Identification	Forage	profondeur (m)	w	GTR	φ°	C	M <sub>0</sub> (%)
Argile marron foncée bleutée verte avec poche sableuse ocre	SC19	1,22.1	21.3	A2	23	27	
Limons +/- argileux	SC09	2,63.0	32.3	A2			2.04
Argile grise vert	SC10	3,53.9	34.1	A2			0.88
Argile gris vert	SC10	2,52.8	44.3	A3	15.5	10	
Argile grise	SC10	3,53.9	31.9	A2			

Remblais	1.5	18	0.3	3	1	-	25	0
Argiles	4.5	18	0.3	2	23	2	0.5	20
Argiles sableuses à sables argileux	7.5	18	0.3	3	1/2	3.5	2.5	28
Sables	0.5	18	0.7	6	1/3	6	5	30
Sables	14	20	5	50	1/3	≥ 6.5	≥ 5	35



Moyenne	Ecartype	M+E	M-E	M-E/2
0.56	0.42	0.97	0.14	0.35
0.23	0.15	0.38	0.08	0.15
0.25	0.11	0.37	0.18	0.20
0.28	0.10	0.37	0.18	0.23
0.40	0.14	0.54	0.26	0.33
0.43	0.16	0.58	0.27	0.35
0.36	0.16	0.52	0.24	0.31
0.38	0.16	0.54	0.24	0.31
0.44	0.18	0.62	0.26	0.34
0.69	0.44	1.12	0.25	0.47
1.62	1.38	3.00	0.23	0.92
3.60	2.42	6.02	1.18	2.39
5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
4.15	1.21	5.35	2.94	3.54

Moyenne	Ecartype	M+E	M-E	M-E/2
7.1	5.2	12.2	1.9	4.5
2.8	1.8	4.6	1.0	1.9
2.3	0.9	3.3	1.4	1.9
1.9	1.0	2.9	0.9	1.4
1.9	1.2	3.1	0.5	1.3
2.1	1.2	3.3	0.5	1.3
4.2	2.0	6.3	2.2	3.2
3.9	2.0	5.9	1.9	2.9
5.8	3.5	9.3	2.3	4.1
6.3	3.8	10.1	2.4	4.3
22.9	17.1	39.9	5.8	14.3
41.8	26.3	68.1	15.6	28.7
72.4	20.3	92.7	52.1	62.2
70.9	6.2	77.1	64.7	67.8
44.3	1.3	45.6	42.9	43.6





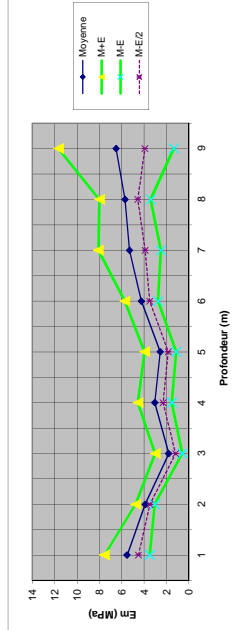
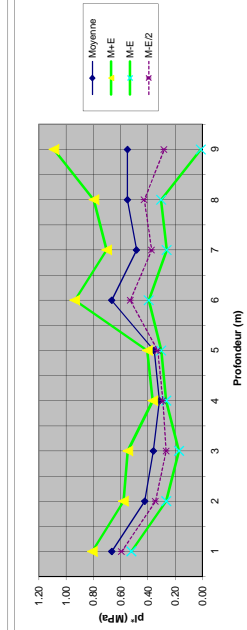
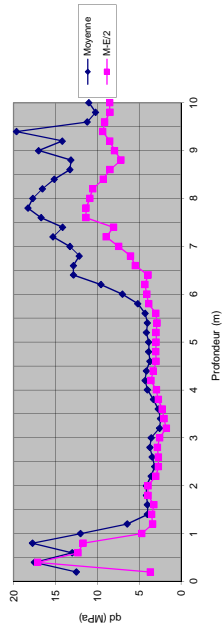
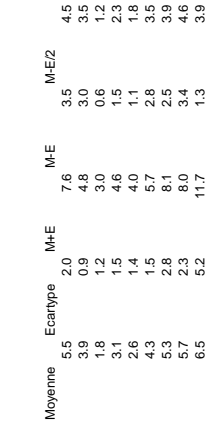
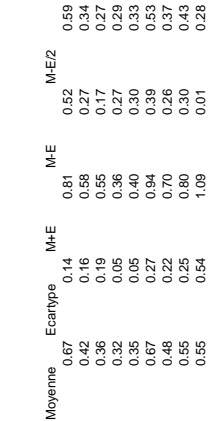


## Profil 6

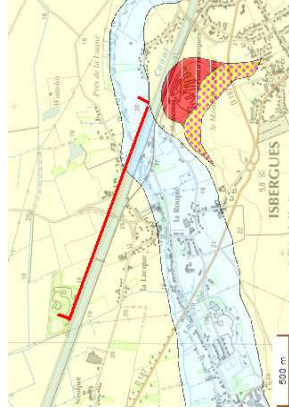


Communes	Isbergues	Aire sur la Lys
----------	-----------	-----------------

Contexte

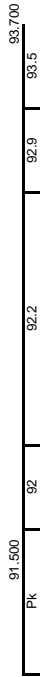


Identification	Forage	profondeur w	GTR	$\Phi^*$	C
Sable argilo-marneux marron	SC7	39-48	A1	21	13
Sable argilo-marneux marron	SC8	39-48	A1	36	0
Remblais argileux	SC5	15-24	A1	22	23



	prof./TA (m)	$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	Pr' (Mpa)	Em (Mpa)	$\alpha$	qd (Mpa)	$\varphi$ (°)	c' (kPa)
Remblai	1.5	18	0.5	4.7	1	10	25	0
Argiles sableuse à sables	7.5	18	2.5	3	2/3	3	28	5
Sables	10	18	0.4	4	1/3	10	30	0

Profil 7.1



Portion	RD 6.4	SP 04	SP 03 bis	RG17-2	RD 6.5-6	SP 03	RD 6.8	RD 6.12
Nom du forage	20.0 NGF	19.7 NGF	20.0 NGF	19.5 NGF	21.4 NGF	20.0 NGF	20.0 NGF	20.0 NGF
prof/ait	0.23	0.6	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
1	0.23	0.6	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
2	0.23	0.6	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
3	0.23	0.6	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
4	0.23	0.6	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
5	0.23	0.6	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
6	0.23	0.6	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
7	0.23	0.6	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
8	0.23	0.6	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
9	0.23	0.6	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
10	0.23	0.6	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49

Portion	RD 6.4	SP 04 3bis	SP 03	RD 6.8	RD 6.12
Nom du forage	20.0 NGF	19.7 NGF	19.5 NGF	21.4 NGF	20.0 NGF
prof/ait	3.5	3.8	5.3	3.8	3.8
1	3.5	3.8	5.3	3.8	3.8
2	3.5	3.8	5.3	3.8	3.8
3	3.5	3.8	5.3	3.8	3.8
4	3.5	3.8	5.3	3.8	3.8
5	3.5	3.8	5.3	3.8	3.8
6	3.5	3.8	5.3	3.8	3.8
7	3.5	3.8	5.3	3.8	3.8
8	3.5	3.8	5.3	3.8	3.8
9	3.5	3.8	5.3	3.8	3.8
10	3.5	3.8	5.3	3.8	3.8

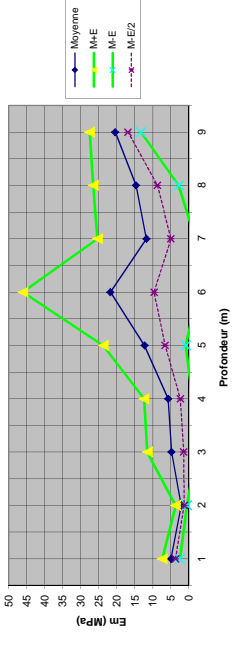
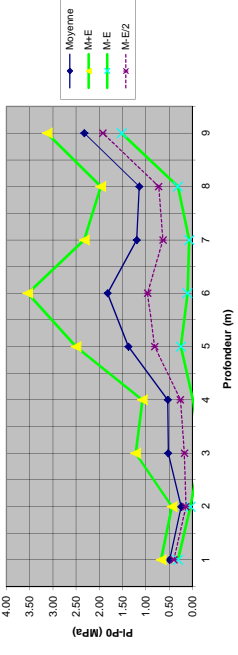
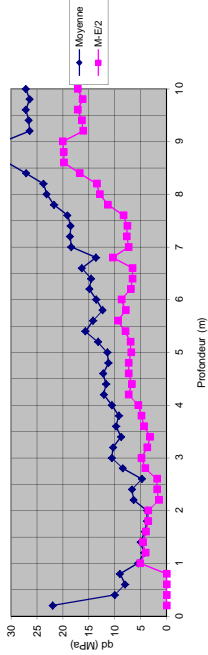
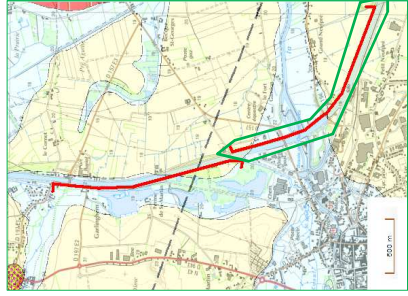
Essais en laboratoire

Identification	Forage	profondeur	w	GTR	Φ°	C°
Argile sableuse	SC1	1.1-2	22.5	A2	27	4
Limons argileux à graviers calcaires	SC2	1.1-2	25.4	A2	33	7
Sable argileux	SC3	1.4-2.3	28.4	A2	28	13
Argile limoneuse légèrement	SC3bis	1.5-2.4	23.7	A2	35	3

Prof / T.A.	W (N/m3)	P (Mpa)	Em (Mpa)	a	σ	ed (Mpa)	φ (°)	C (Mpa)
Remblai	1.5	18	0.4	3.7	1	-	25	0
Argiles sableuse à sables argileux	4	18	0.15	2	2/3	5	28	5
Graves sableuses	6	6	1	10	1/4	10	30	0
Sables	10	18	1.3	15	1/3	10	30	0

Moyenne	Ecartype	M+E	M-E2
0.18	0.24	0.67	0.31
0.20	0.52	1.22	0.04
0.70	0.53	1.08	0.17
1.13	1.37	2.50	0.26
0.25	1.82	3.54	0.81
0.11	1.20	2.32	0.96
0.07	1.14	1.97	0.63
0.31	2.32	3.12	0.73
1.52	2.32	3.12	1.92

Moyenne	Ecartype	M+E	M-E2
4.9	2.1	7.4	2.5
1.6	6.7	3.7	0.5
1.3	4.8	11.5	1.4
1.4	5.7	12.4	2.4
6.6	12.3	23.8	0.8
6.6	11.5	46.1	2.5
8.6	24.3	28.4	-1.6
5.0	11.6	26.5	8.7
8.7	11.9	27.5	13.3
16.9	20.4	7.1	



Profil 7.2

Pk	93.6 94.3 94.5 94.7 95 95.2									
Communes	Aix sur la Vex Gathingen									
Contexte géologique	Alluvions									

Portion	RG 20.7	PR 57	PR 5	RG 20.3-5	PR 4	SP 58	PR 3	SP 59	PR 2
Nom du forage	20.2 NGF	20.8	20.8	19.9 NGF	21	20.0 NGF	20.8		
prof (m)	0.3	0.8	0.8	0.5	0.16	0.15	0.37		
1	1.0	1.2	1.2	0.3	0.1	0.1	0.19		
2	1.2	1.4	1.4	0.2	0.1	0.1	0.19		
3	1.4	1.6	1.6	0.2	0.1	0.1	0.19		
4	1.6	1.8	1.8	0.2	0.1	0.1	0.19		
5	1.8	2.0	2.0	0.2	0.1	0.1	0.19		
6	2.0	2.2	2.2	0.2	0.1	0.1	0.19		
7	2.2	2.4	2.4	0.2	0.1	0.1	0.19		
8	2.4	2.6	2.6	0.2	0.1	0.1	0.19		
9	2.6	2.8	2.8	0.2	0.1	0.1	0.19		
10	2.8	3.0	3.0	0.2	0.1	0.1	0.19		
11	3.0	3.2	3.2	0.2	0.1	0.1	0.19		
12	3.2	3.4	3.4	0.2	0.1	0.1	0.19		
13	3.4	3.6	3.6	0.2	0.1	0.1	0.19		
14	3.6	3.8	3.8	0.2	0.1	0.1	0.19		

PR-P0 (Mpa)

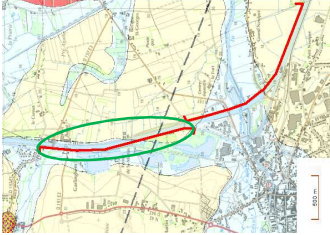
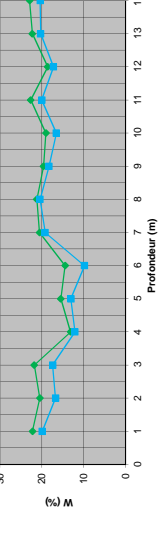
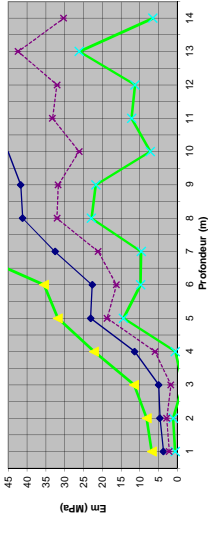
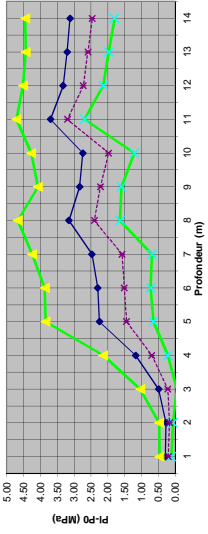
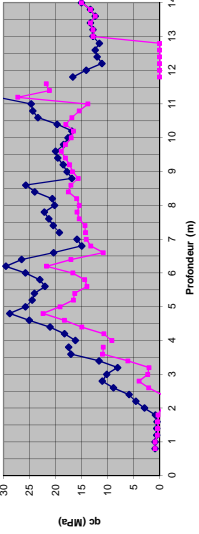
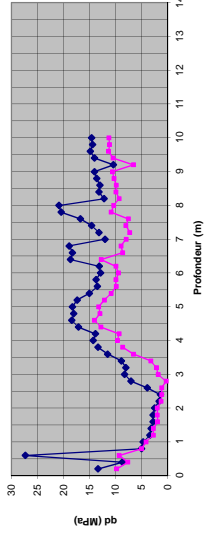
Portion	RG 20.1	PR 57	PR 5	RG 20.3-5	PR 4	SP 58	PR 3	SP 59	PR 2
Nom du forage	20.2 NGF	20.8	20.8	19.9 NGF	21	20.0 NGF	20.8		
prof (m)	0.3	0.8	0.8	0.5	0.16	0.15	0.37		
1	1.0	1.2	1.2	0.3	0.1	0.1	0.19		
2	1.2	1.4	1.4	0.2	0.1	0.1	0.19		
3	1.4	1.6	1.6	0.2	0.1	0.1	0.19		
4	1.6	1.8	1.8	0.2	0.1	0.1	0.19		
5	1.8	2.0	2.0	0.2	0.1	0.1	0.19		
6	2.0	2.2	2.2	0.2	0.1	0.1	0.19		
7	2.2	2.4	2.4	0.2	0.1	0.1	0.19		
8	2.4	2.6	2.6	0.2	0.1	0.1	0.19		
9	2.6	2.8	2.8	0.2	0.1	0.1	0.19		
10	2.8	3.0	3.0	0.2	0.1	0.1	0.19		
11	3.0	3.2	3.2	0.2	0.1	0.1	0.19		
12	3.2	3.4	3.4	0.2	0.1	0.1	0.19		
13	3.4	3.6	3.6	0.2	0.1	0.1	0.19		
14	3.6	3.8	3.8	0.2	0.1	0.1	0.19		

Em (Mpa)

Essais en laboratoire

Identification	Forage	prof (m)	w	GTR	φ	C'
Sable argileux	SC58	7.8-9.7	19.4	A1	38	13
Argile sableuse	SC03	2.5-2.8	27.4	A2	24.6	4
Argile	SC02	2.5	#32.1			

prof. / FA (m)	Vh (kN/m3)	PR (Mpa)	Em (Mpa)	α	φ (°)	c (kPa)	
Remblai	1.5	18	0.1	1.5	1	25	0
Argiles sableuses à sables argileux	3.5	18	0.2	1	1/2	28	5
Graves sableuses	6	18	2.5	20	1/4	30	0
Sables	10	20	2	20	1/3	30	0
	14	20	3	40	1/3	35	0



Profil 7.3

Pk	95.35	95.49
----	-------	-------

Communes	Wiltres
Contexte géologique	Alluvions

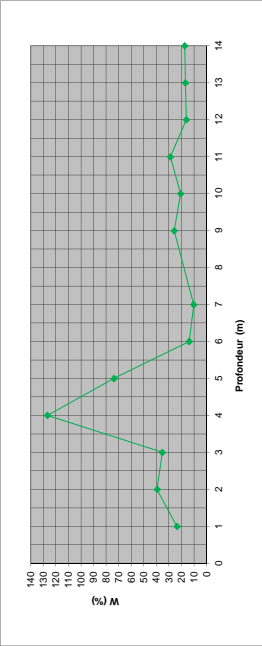
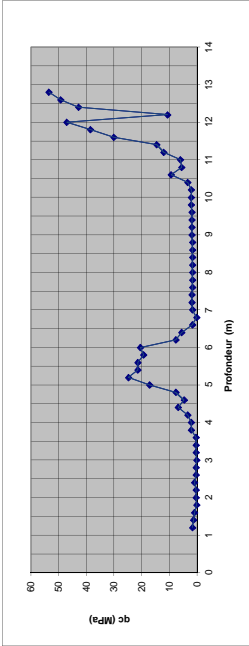
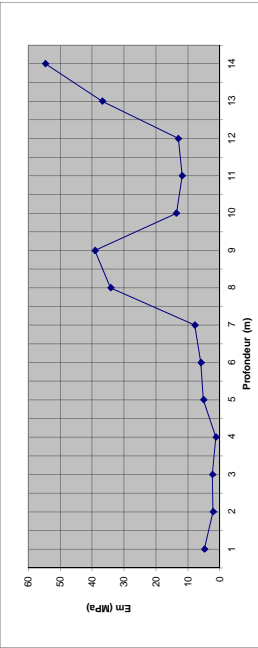
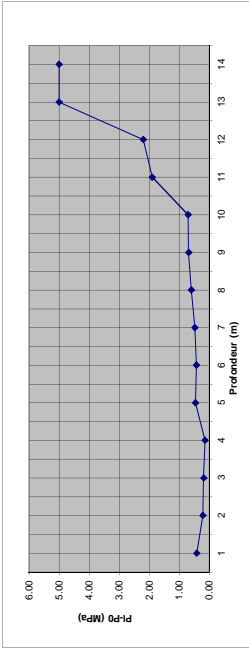
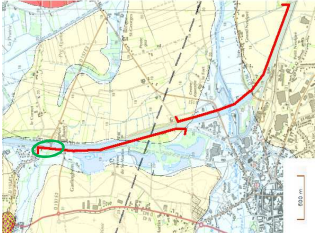
Portion	RG 20.7	PR 1
Nom du forage	profil	
1	0.42	21.0
2	0.22	
3	0.19	
4	0.14	
5	0.46	
6	0.43	
7	0.48	
8	0.6	
9	0.69	
10	0.71	
11	1.9	
12	2.2	
13	5.00	
14	5.00	

Portion	RG 20.7	PR 1
Nom du forage	profil	
1	4.6	21.0
2	2.3	
3	2.3	
4	2.3	
5	2.3	
6	2.3	
7	2.3	
8	3.2	
9	3.2	
10	13.6	
11	11.8	
12	13.0	
13	36.8	
14	54.6	

Essais en laboratoire

Identification	Forage	profondeur	w	GTR	C'
Argile	SC01	2.6-3.0	34.0	A2	

	prof. 1/TA (m)	PR (Mpa)	Em (Mpa)	$\sigma$	$\phi$ (°)	c (kPa)
Remblai	1.5	18	0.2	3	1	25
Union argileux à argile vaseuse	3.5	18	0.1	2	1/2	23
Tourbe	5	17	0.1	1.2	1	15
Graves sableuses	7	18	0.4	5.5	1/3	30
Argile	12	18	0.6	10	2/3	20
Sable	14	20	5	50	1/3	35





**fondasol**

TERRITOIRE(S) D'EXIGENCE

[www.fondasol.fr](http://www.fondasol.fr)