



GEOLOGIE - GEOPHYSIQUE - INGENIERIE

N° Dossier : P21.0443

Etude Géophysique et Géotechnique d'avant-projet de type G2 (phase AVP)

Concernant le projet de construction d'une villa avec piscine

Lotissement « Domaine du Prieuré » - Lot 7
24 Bis Chemin de San Peyre
06650 Opio

Février 2021

2Gi Consultant

287 Route du Champ d'Astier
06260 La Penne
04.93.02.58.10
contact@2gi-consultant.fr
Siret /RC Nice 519 524 342

L'équipe en charge de votre étude

Directrice

Audrey Olivier

Hydrogéologue

06 78 02 89 72

a.olivier@2gi-consultant.fr

Coordinateur technique

Gérard BAUDRY

Chef de Projet

06 47 58 34 33

g.baudry@2gi-consultant.fr

Chargés d'étude

Jonathan SABIDUSSI

Hydrogéologue

06 37 44 71 89

j.sabidussi@2gi-consultant.fr

Océane DE RACO

Géologue

o.deraco@2gi-consultant.fr

Adrien DE HEAULME

Hydrogéologue

06 52 34 26 26

a.deheaulme@2gi-consultant.fr

Sommaire

1. Nature et objectifs de la Mission (NFP 94-500) :	5
1.1. Contexte de l'étude	5
1.1.a) Objectif de l'étude	5
1.2. Documents mis à disposition	5
2. Situation géographique de la zone d'étude :	6
3. Caractéristiques du sous-sol :	9
3.1. Contexte géologique :	9
3.2. Contexte hydrogéologique général :	10
3.3. Situation du Projet par rapport aux risques naturels :	11
3.3.a) Risque lié au retrait - gonflement des argiles :	13
3.3.b) Risque lié à la présence de cavités :	13
3.3.c) Risque lié aux inondations et aux crues torrentielles :	14
3.3.d) Risque lié aux mouvements de terrain :	15
3.3.e) Risque Sismique :	15
4. Méthodes de prospections géophysique et géotechnique :	17
4.1. Naturaliste :	17
4.2. Sismique réfraction :	17
4.3. Sondage au pénétromètre dynamique :	18
4.4. Sondage électrique :	18
5. Nos Investigations	19
5.1. Etats des lieux	19
5.1.a) Description du terrain :	19
5.1.b) Implantation des sondages :	20
5.2. Pédologie et classe des sols	21
5.2.a) Pédologie :	21
5.2.b) VS30 et Classe des sols :	21
5.3. Sondages sismiques :	22
5.3.a) Sismique S1	22
5.3.b) Sismique S2	23
5.4. Pénétromètre dynamique	26
5.5. Sondage électrique :	27
6. Synthèse : conseils pour les fondations	28
6.1. Bibliographie	28
6.1.a) Géologie/Hydrogéologie	28
6.1.b) Risques/Plan de Prévention des Risques (PPR)	29
6.1.c) Cavité	29
6.1.d) Inondation	29
6.1.e) Mouvement de terrain	29
6.1.f) Sismique	29
6.2. Prospection terrain	31

7. Fondations : nos préconisations	32
8. Conclusion :	35
Annexe 1 – Classe des sols Eurocode 8	36
ANNEXE 2 – Horizon des sols	37
ANNEXE 3 – Prescription terrains argileux	38
ANNEXE 4 - CONDITIONS D'UTILISATION DU CONTENU DU RAPPORT	39
ANNEXE 5 - Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94.500 - version de Novembre 2013)	40

Sommaire des figures

Figure 1 - Localisation de la ville	6
Figure 2 - Situation géographique sur fond IGN	7
Figure 3 - Situation géographique sur fond cadastral	7
Figure 4 - Situation géographique sur photographie aérienne (Echelle élargie)	8
Figure 5 - Situation géographique sur photographie aérienne (Echelle rapprochée)	8
Figure 6 - Extrait de la carte géologique au 1:50 000 (source : www.infoterre.brgm.fr).	9
Figure 7 - Extrait de la carte d'aléa lié au retrait - gonflement des argiles. (source : www.infoterre.brgm.fr)	13
Figure 8 - Extrait de la carte d'aléa lié à la présence de cavités. (source : www.infoterre.brgm.fr)	14
Figure 9 - Extrait de la carte du PPR Cavité	Erreur ! Signet non défini.
Figure 10 - Extrait de la carte d'aléa lié aux inondations et aux crues torrentielles. (source : www.infoterre.brgm.fr)	14
Figure 11 - Extrait de la carte du Territoire à Risque Important d'inondation - TRI (a) et du Plan de Prévention des Risques inondations - PPRi (b)	Erreur ! Signet non défini.
Figure 12 - Extrait de la carte d'aléa lié aux mouvements de terrain. (source : www.infoterre.brgm.fr).	15
Figure 13 - Extrait de la carte du PPR Mouvement de terrain	Erreur ! Signet non défini.
Figure 14 - Extrait de la carte de risque sismique.	16
Figure 15 - Extrait de la carte du PPR séisme	Erreur ! Signet non défini.
Figure 16 - Implantation des mesures géophysiques	20
Figure 17 - VS30 mesurée (656.0 m/s).	21
Figure 18 - Coupe sismique S1	22
Figure 19 - Coupe sismique S2	23
Figure 20 - Sondage pénétrométrique PE1	26
Figure 21 - Graphique géo-électrique SE1	27
Figure 22 - Tableau de calcul des structures pour leur résistance aux séismes	30
Figure 23 - Coupe de la villa	Erreur ! Signet non défini.
Figure 24 - Profondeur de fondation préconisée	32
Figure 25 - règle de fondation du DTU 13.12	34
Figure 26 - 18 : Classes de sol (Eurocode 8).	36
Figure 27 - Extrait de schéma d'aléa lié au retrait - gonflement des argiles.(source : www.brgm.fr)	38

Sommaire des tableaux

Tableau 1 - Synthèse des risques à prendre en compte pour le projet	12
Tableau 2 - Synthèse des cavités à moins de 500m de notre zone d'étude	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 3 - Synthèse des mouvements de terrain à moins de 500m de notre zone d'étude	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 4 - Synthèse des profondeurs des vitesses sismiques S1	22
Tableau 5 - Synthèse des profondeurs des vitesses sismiques S2	23
Tableau 6 - Synthèse des profondeurs des horizons de compacité	31
Tableau 7 - Corrélation Vitesse sismique, qELS, qELU, et Qu	31

1. Nature et objectifs de la Mission (NFP 94-500) :

1.1. Contexte de l'étude

Le bureau d'études 2GI Consultant a été missionné pour réaliser une étude G2AVP selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 sur le terrain du Domaine du Prieuré (Lot 7) situé à Opio, dans le but de construire une villa individuelle avec piscine.

1.1.a) Objectif de l'étude

Il est rappelé que la mission d'étude géotechnique de conception (Phase avant-projet/mission partielle), doit être complétée par les autres phases de cette mission de conception :

- Phase PRO et phase DCE/ACT: Mission G2 ;
- Phase de suivi géotechnique d'exécution : Mission G3 ;
- Phase de supervision géotechnique d'exécution : Mission G4.

L'enchaînement de ces missions permet de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours d'exécution ou après réception des ouvrages. 2GI Consultant reste à disposition des intervenants, et notamment du maître d'ouvrage, pour l'exécution des missions complémentaires G2-PRO, G2-DCE/ACT et G4, la mission G3 étant généralement réalisée par les entreprises de travaux.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « conditions d'utilisations du présent document » données en fin de rapport.

L'étude présentée ici se fixe comme principaux objectifs :

- La description des différentes couches du sous-sol dans la zone du projet.
- L'évaluation des paramètres géotechniques du sous-sol dans la zone d'édification du projet.
- L'énoncé des mesures particulières à prendre éventuellement lors de la construction du projet.

Il convient de rappeler que la mission ne comprend pas les points suivants :

- Les reconnaissances structurelles ou le diagnostic des bâtiments existants,
- Les études de pollutions,
- L'évolution dans le temps de l'hydrogéologie locale,
- La reconnaissance de zones d'anomalies géotechniques en dehors de la zone d'investigation et du projet

1.2. Documents mis à disposition

Les documents mis à disposition pour le déroulement de cette étude :

- Le plan cadastral : PCMI 1, 02/2021
- Le plan de masse : PCMI 2.3, 02/2021
- Les plans de coupe : PCMI 3.1-3.2, 02/2021

2. Situation géographique de la zone d'étude :

La zone d'étude se situe dans le département des Alpes-Maritimes (06), sur la commune d'Opio (Fig.1).

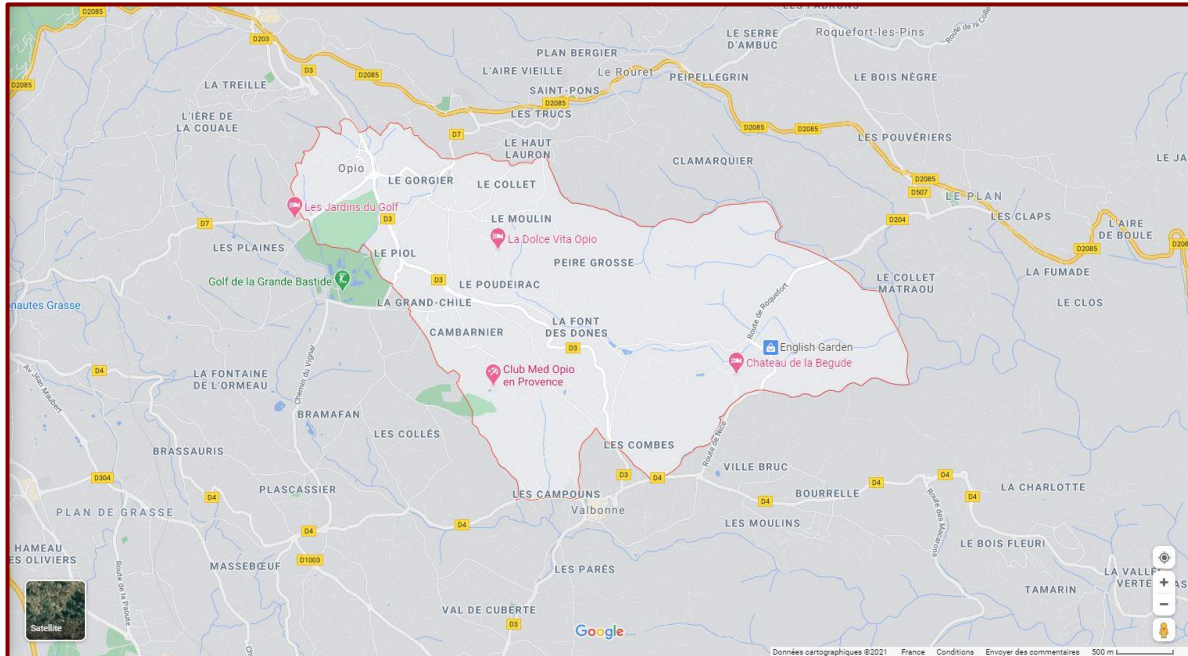


Figure 1 - Localisation de la ville

Adresse du projet du Domaine du Prieuré

24 bis Chemin de San Peyre – Lot 7
06650 Opio

Coordonnées GPS : N 43.663735° et E 6.991186°

Coordonnées cadastrales : Section A parcelle N°1391 et 1392,

Coordonnées Altimétriques : ~295.87 N.G.F. (données Géoportail)

Nous retrouvons ci-dessous différentes cartes permettant de justifier les contextes environnant de notre zone d'étude

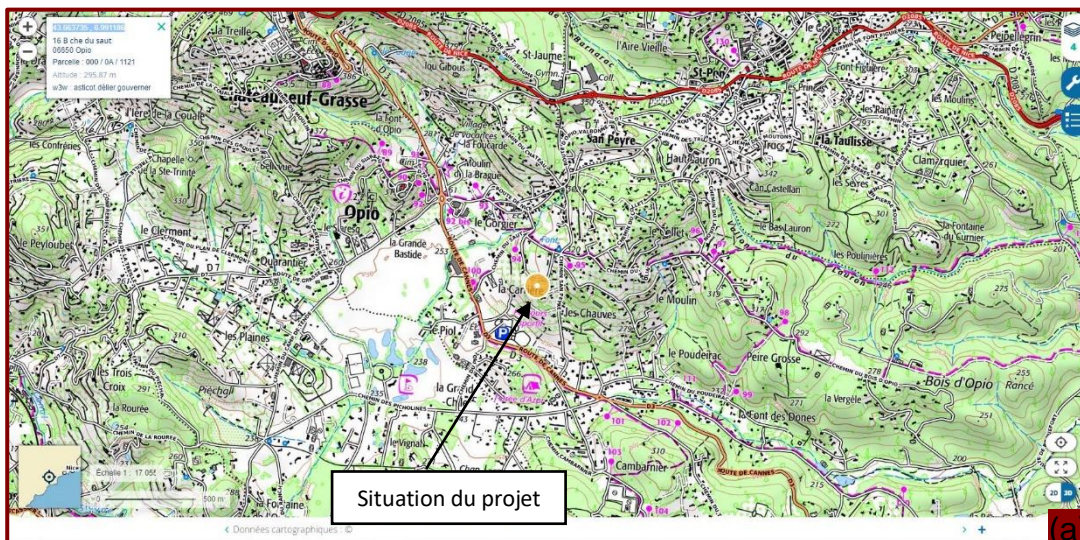


Figure 3 - Situation géographique sur fond IGN



Figure 2 - Situation géographique sur fond cadastral

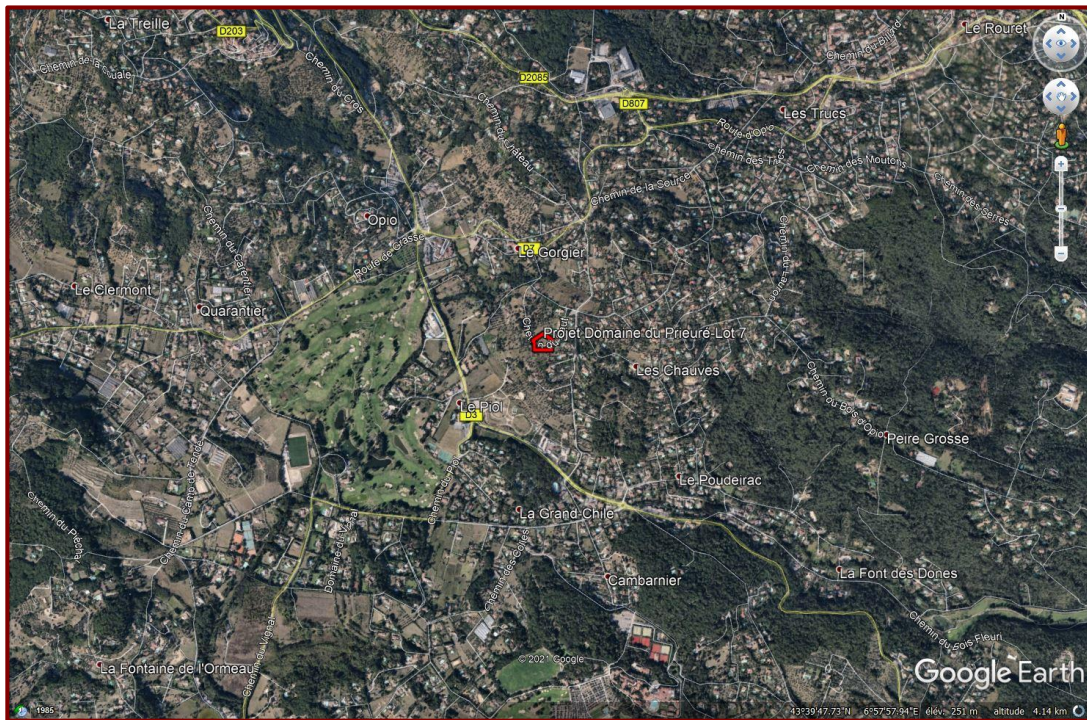


Figure 4 - Situation géographique sur photographie aérienne (Echelle élargie)

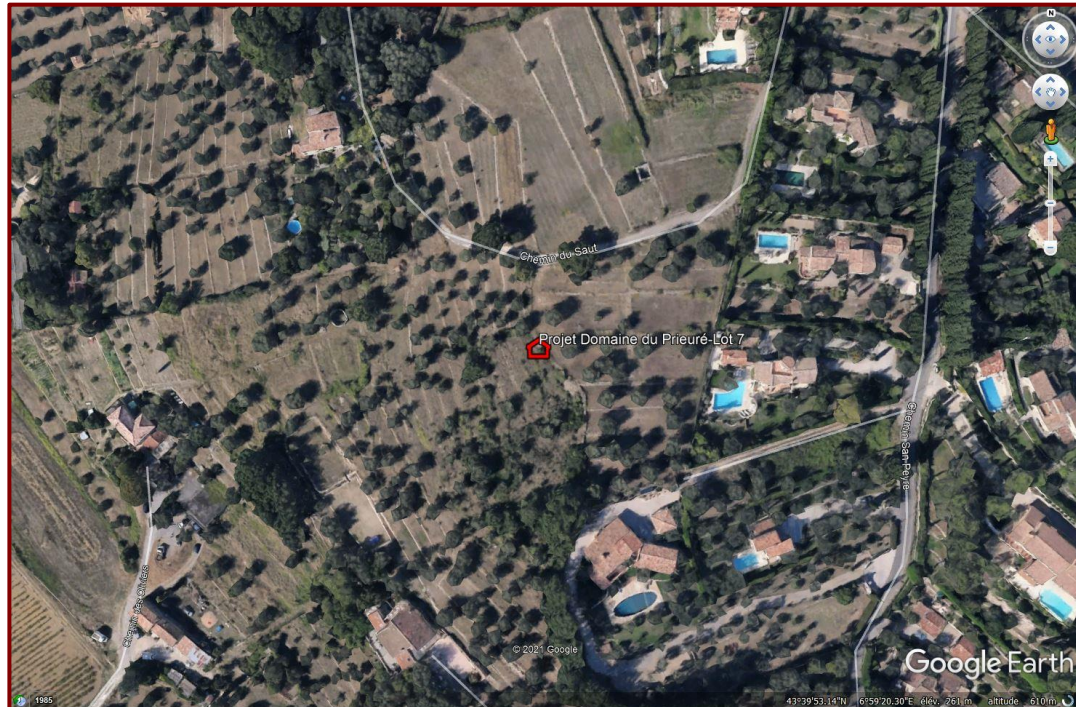


Figure 5 - Situation géographique sur photographie aérienne (Echelle rapprochée)

3. Caractéristiques du sous-sol :

3.1. Contexte géologique :

Nature du sous-sol dans la zone étudiée : extrait de la carte géologique de Grasse-Cannes (N°999) au 1/50 000ème du BRGM (fig.5).

D'après la notice géologique du BRGM, la zone étudiée est indiquée (**T7a I1**).

Cela correspond à des formations du Rhétien. Il s'agit de marnes vertes et calcaires. À la partie inférieure, des marnes vertes et des calcaires bioclastiques en bancs minces, de faciès comparable à ceux qui terminent l'unité suivante du Rhétien, affleurent de façon discontinue avec de fortes variations d'épaisseur, vers Plascassier et Valbonne. Au-dessus, viennent des marnes et des bancs épais (0,5 à 1 m) de calcaires bioclastiques gris-beige ou bruns, riches en débris de lamellibranches, qui affleurent largement autour de Plascassier. Ces différents faciès viennent sur des assises triasiques d'âge varié : Norien (entre Mougins et Cannes) ou Ladinien-Carnien (entre Valbonne et Opio) ; cette formation semble donc cartographiquement discordante

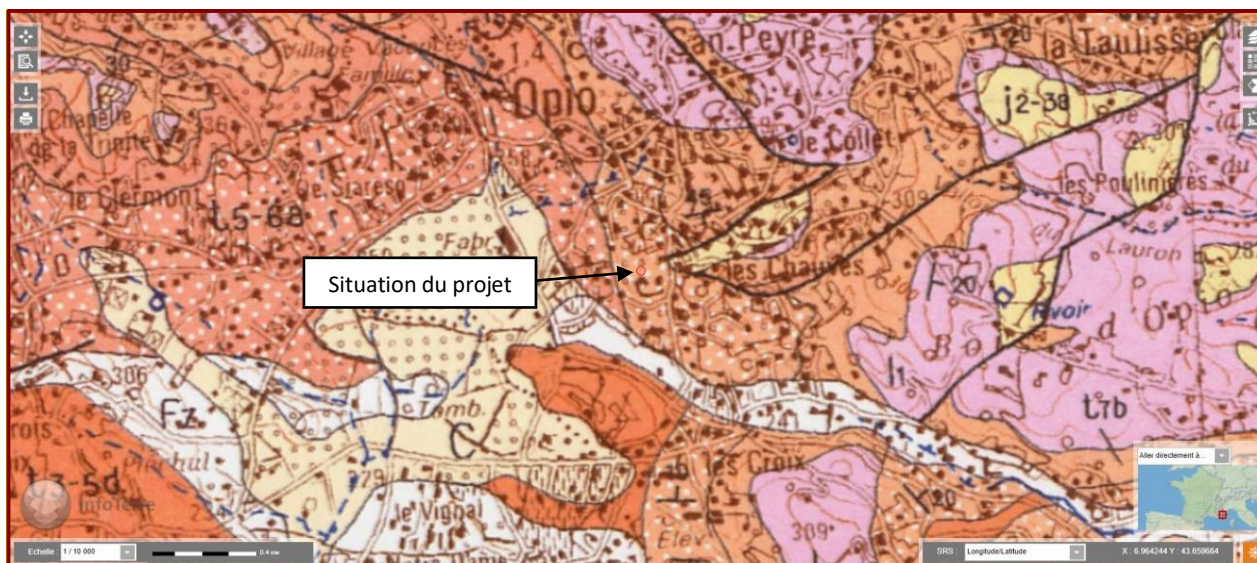


Figure 6 - Extrait de la carte géologique au 1 :50 000 (source : www.infoterre.brgm.fr).

3.2. Contexte hydrogéologique général :

Le comportement hydrogéologique de notre zone d'étude dépend du sol en surface, en profondeur et de la morphologie du site. L'étude de ceux-ci sont la pédologie, la géologie et la morphologie d'aujourd'hui et passée.

Pédologie

Nous sommes sur un sol argileux, ce sol aura comme impact de défavoriser l'infiltration de l'eau.

Géologie

Nous sommes dans des marno-calcaires. Nous nous trouvons dans une alternance d'une formation à hydrogéologie fissurales (perméabilité bonne étroitement lié au développement de l'altération des calcaires) à une formation à hydrogéologie intra granulaire plutôt imperméable.

Morphologie

Notre zone d'étude se situe en flanc de montagne, dans un terrain rendu tabulaire par les restanques.

Nous retrouverons un sol qui lors de précipitations de faible à moyenne intensité permettra l'infiltration de l'eau dans le sol. Lors de pluie de fort intensité (pluie battante) la pente dans un premier temps favorisera l'écoulement gravitaire de l'eau météorique, puis celle-ci s'infiltrera au niveau des replats. De manière plus globale, notre zone d'étude appartient à un aquifère fissural où les percolations suivent le pendage global de la stratigraphie géologique. Par ces dispositions, lors de contre pente ou de changement géologique (marno-calcaire) des sources peuvent ressurgir de manière pérenne ou lors de précipitations.

3.3. Situation du Projet par rapport aux risques naturels :



Argile



Cavité



Inondation


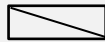







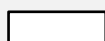




Mouvement de terrain



Sismique

Ci-dessous, un tableau récapitulatif des risques naturels recensés pour la zone d'étude sur la commune. (Source : www.infoterre.brgm.fr pour le type de risques et <http://observatoire-regional-risques-paca.fr> pour les différents PPR)

Type de risque et réglementation	Niveau de risque et identification dans réglementation (si existante)
 Retrait gonflement des argiles* (Fig.6)	<input type="checkbox"/> A priori nul.  <input type="checkbox"/> Faible.  <input type="checkbox"/> Moyen.  <input checked="" type="checkbox"/> Fort. 
 Cavités souterraines (Fig.7)	<input type="checkbox"/> Cavité recensée dans un rayon de 500m. <input checked="" type="checkbox"/> Aucune cavité recensée dans un rayon de 500m.
PPR Cavité (Fig.7 bis)	<input checked="" type="checkbox"/> Aucun PPRc prescrit sur la commune. <input type="checkbox"/> PPRc prescrit sur la commune.
 Inondation par remontée de nappe * (Fig.8)	<input type="checkbox"/> Zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe  <input type="checkbox"/> Zones potentiellement sujettes aux inondations de cave  <input checked="" type="checkbox"/> Pas de débordement de nappe, ni d'inondation de cave  <input type="checkbox"/> Entités Hydrogéologiques imperméables à l'affleurement  <input type="checkbox"/> Enveloppes approchées des inondations Potentielles cours d'eau et submersion marine de plus d'un hectare 
PPR Inondation (Fig.8 bis)	<input checked="" type="checkbox"/> Aucun PPRI prescrit sur la commune. <input type="checkbox"/> PPRI prescrit sur la commune.








Type de risque et réglementation	Niveau de risque et identification dans réglementation (si existante)
 Mouvements de terrain (Fig 9)	<input checked="" type="checkbox"/> Aucun recensé dans un rayon de 500m <input type="checkbox"/> Mvt recensé dans un rayon de 500m
PPR Mouvements de terrain (Fig.9 bis)	<input checked="" type="checkbox"/> Aucun PPR MVT prescrit sur la commune <input type="checkbox"/> Risque mouvements de terrain PPR MVT <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> « G » Glissement <input type="checkbox"/> « Eb » Eboulement <input type="checkbox"/> « E » Effondrement <input type="checkbox"/> « Ra » Ravinement <input type="checkbox"/> « NE » Exempt de risque de mouvement de terrain - zone non exposée
 Risque Sismique (Fig 10)	<input type="checkbox"/> Zone 1 (sismicité très faible)  <input type="checkbox"/> Zone 2 (sismicité faible)  <input checked="" type="checkbox"/> Zone 3 (sismicité modérée)  <input type="checkbox"/> Zone 4 (sismicité moyenne)  <input type="checkbox"/> Zone 5 (sismicité forte) 
PPR Séisme (Fig.10 bis)	<input checked="" type="checkbox"/> Aucun PPR Séisme prescrit sur la commune <input type="checkbox"/> PPR séisme prescrit sur la commune <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Zone B0 <input type="checkbox"/> Zone B1 <input type="checkbox"/> Zone B2 <input type="checkbox"/> Zone B3 <input type="checkbox"/> Zone B4

Tableau 1 - Synthèse des risques à prendre en compte pour le projet

3.3.a) Risque lié au retrait - gonflement des argiles :

Cet aléa peut être très problématique car certaines argiles ont un comportement variable en fonction de la présence d'eau ou non dans le sol.

En effet, celles-ci gonflent quand elles sont saturées en eau provoquant des déstabilisations en surface et se rétractent, créant des fissures importantes, quand le sol est très sec.

Le terrain étudié se situe en zone d'aléa **fort de retrait et gonflement des argiles** (fig.6).

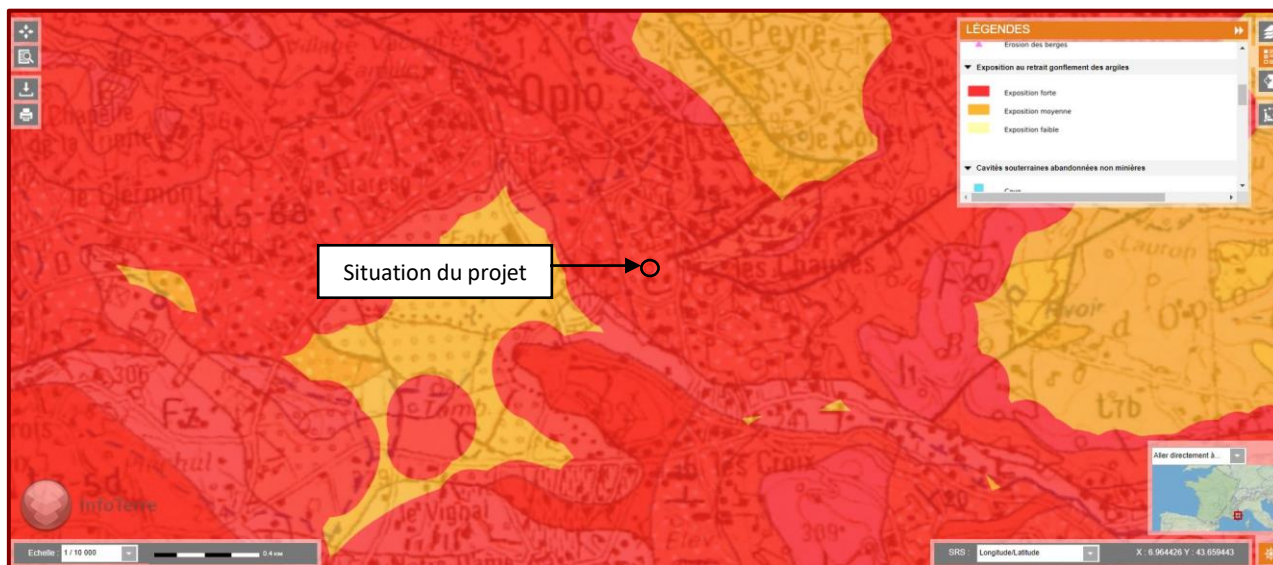


Figure 7 - Extrait de la carte d'aléa lié au retrait - gonflement des argiles. (Source : www.infoterre.brgm.fr)

3.3.b) Risque lié à la présence de cavités :

Ce risque se manifeste par des désordres susceptibles d'apparaître à tout moment et souvent sans signe précurseur au cœur même des zones urbanisées.

Les cavités présentes dans le sous-sol entraînent une altération des propriétés du massif rocheux et sans entretien ou confortement, elles sont susceptibles de générer à terme des désordres en surface, difficilement prévisibles et potentiellement dangereux pour les personnes et les biens.

Pour la présence de cavités, aucune cavité n'est recensée dans un rayon de 500m autour de la zone d'étude.

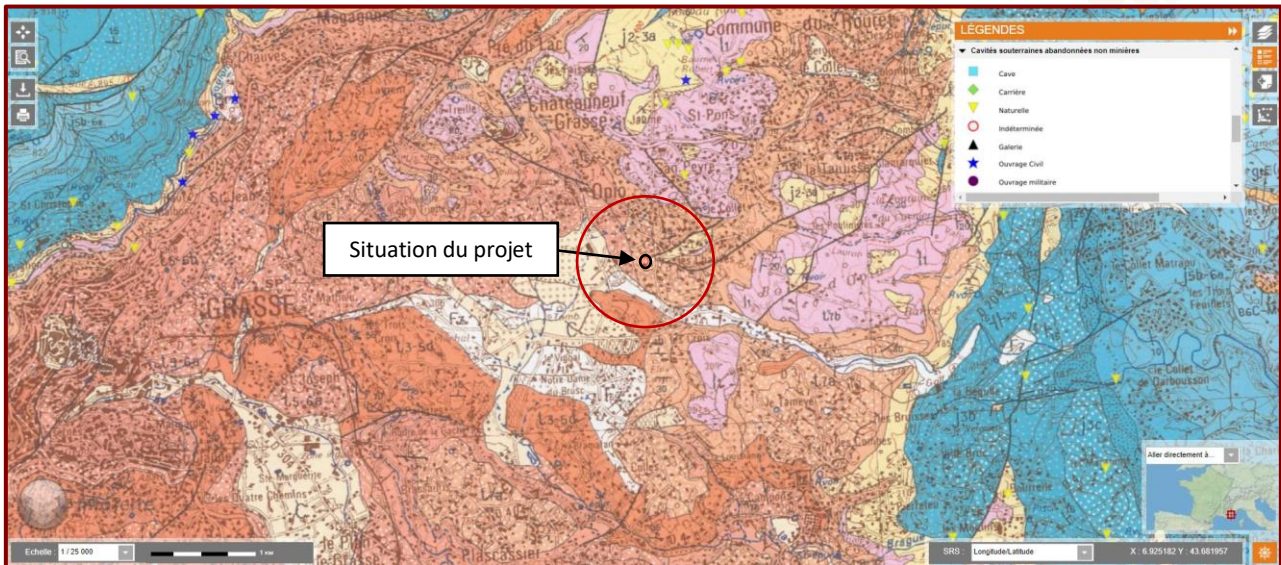


Figure 8 - Extrait de la carte d'aléa lié à la présence de cavités. (Source : www.infoterre.brgm.fr)

La commune d'Opio n'est soumise à aucun plan de prévention des risques cavité (PPRc). Aucune prescription particulière n'est à prendre en compte pour le projet.

3.3.c) Risque lié aux inondations et aux crues torrentielles :

La zone d'étude est classée en **zone sans débordement de nappe ni inondation de cave** au niveau du **risque d'inondation par remontée de nappe** (fig.8).

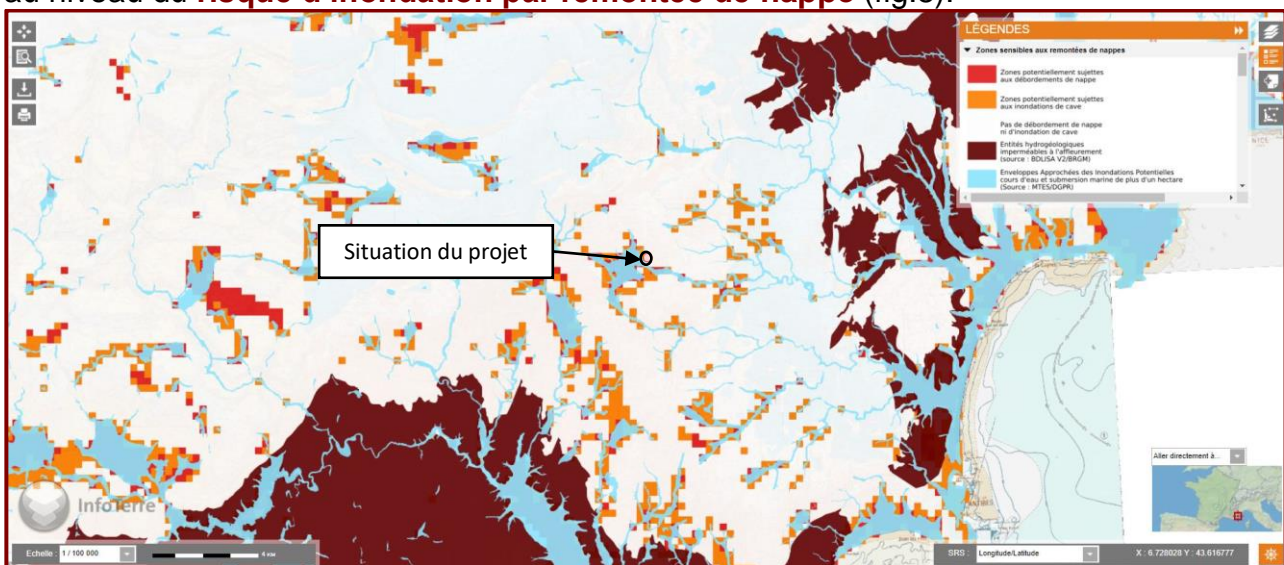


Figure 9 - Extrait de la carte d'aléa lié aux inondations et aux crues torrentielles. (Source : www.infoterre.brgm.fr)

De plus d'après le site Géorisques, la commune se situe dans un atlas de zone inondable mais pas dans un territoire à risque important d'inondation (TRI).

La commune d'Opio n'est soumise à aucun Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRi). Aucune prescription particulière n'est à prendre en compte pour le projet à ce jour.

3.3.d) Risque lié aux mouvements de terrain :

D'après le site www.infoterre.brgm.fr, aucun mouvement de terrain de type glissement éboulement, effondrement ou autres ne sont recensés dans un rayon de 500m autour de la zone d'étude.

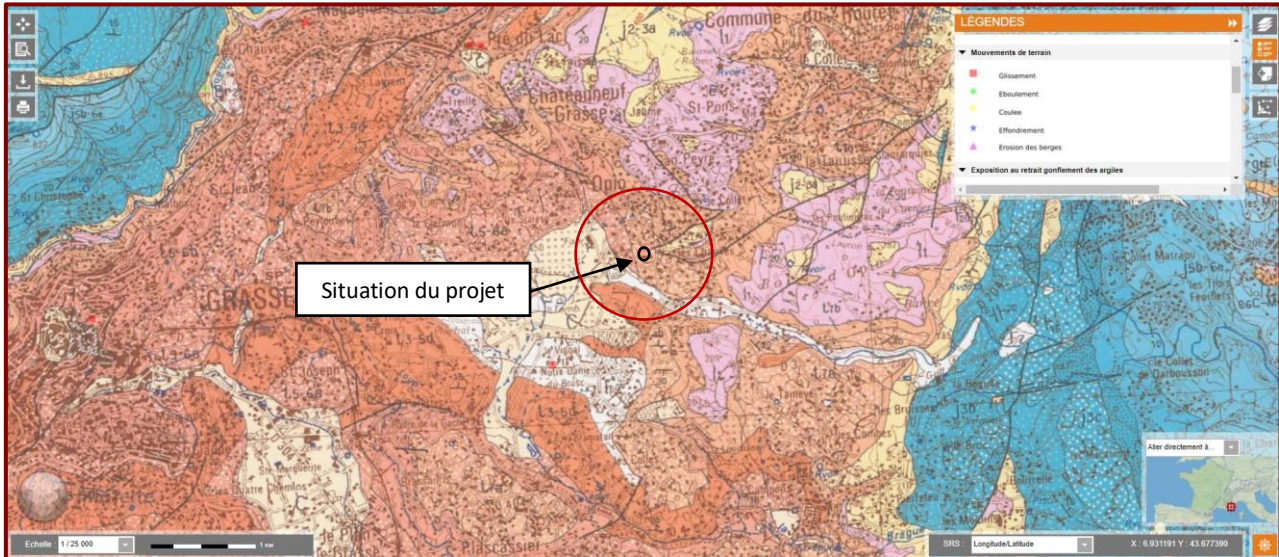


Figure 10 - Extrait de la carte d'aléa lié aux mouvements de terrain. (Source : www.infoterre.brgm.fr).

La commune d'Opio n'est soumise à aucun plan de prévention des risques mouvements de terrain (PPRMvt). Aucune prescription particulière n'est à prendre en compte pour le projet.

3.3.e) Risque Sismique :

Le risque sismique d'un site est un risque naturel lié à l'activité sismique. Il est la conjonction d'un aléa sismique et d'une vulnérabilité des personnes, des biens et des activités sur ce site. La nature et la vulnérabilité des enjeux (économiques, patrimoniaux, sociaux...) sont primordiales pour l'évaluation du risque sismique.

Un séisme (ou tremblement de terre) correspond à une fracturation (processus tectonique aboutissant à la formation de fractures des roches en profondeur), le long d'une faille généralement préexistante.

D'après le site www.georisques.fr, la commune d'Opio se situe en zone d'aléa sismique modérée (3).

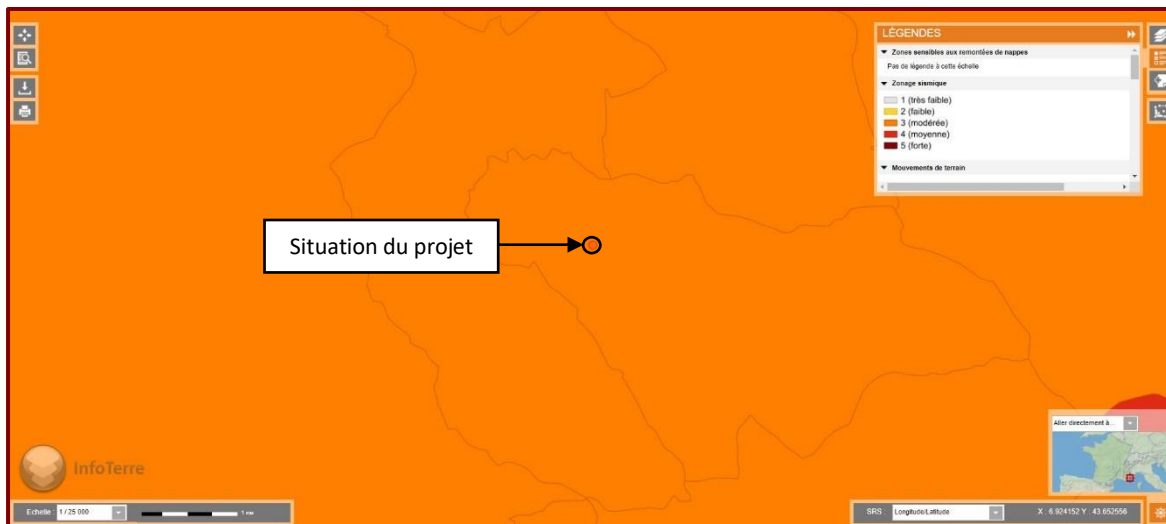


Figure 11 - Extrait de la carte de risque sismique.

La commune d'Opio n'est soumise à aucun Plan de Prévention des Risques séisme (PPRs). Aucune prescription particulière n'est à prendre en compte pour le projet à ce jour.

Afin de définir les conditions optimales de fondation, nous avons réalisé des sondages géophysiques non destructifs.

4. Méthodes de prospections géophysique et géotechnique :

Dans l'objectif de déterminer les contraintes admissibles pas le sol, nous utilisons des méthodes de prospections géophysiques. Ces méthodes sont la sismique de réfraction et le sondage électrique. Ces techniques, en ciblant des caractéristiques physiques du sol permettent lors du traitement du signal (données acquises lors du terrain) de donner une image continue du sous-sol.

4.1. Naturaliste :

Nous réalisons une lecture du paysage de la zone d'étude en caractérisant le sol, la végétation et la morphologie ainsi que les avoisinants en les corrélant au contexte du biome local (aire de morphologie et écosystème similaires).



4.2. Sismique réfraction :



On provoque une onde de choc à la surface du sol. Les ondes induites se propagent à des vitesses différentes suivant les terrains qu'elles traversent. On peut ainsi connaître la coupe du sous-sol en connaissant les vitesses sismiques.

On présente les résultats sous forme d'une coupe verticale où sont figurés en abscisse les différents points de tir et en ordonnées les profondeurs.

La méthode A.C.P.tm (GIRAUD et coll. 1999) permet, en accord avec la DTU 13 -12 fondations superficielles, de connaître les contraintes du sous-sol en fonction des compacités.

Nous retrouvons 4 horizons de compacité distincts, définies par la vitesse sismique au travers :

- En surface des terres de recouvrement peu compactes caractérisées par des vitesses sismiques très faibles (vitesse sismique « V » comprise entre 100 et 500 m/sec). Cet horizon est figuré en blanc ;
- On trouve aussi un horizon à faible compacité. La vitesse sismique est faible (vitesse sismique « V » comprise entre 500 et 600m/sec) Cet horizon est représenté en gris et la contrainte admissible par le sol **Qu** est comprise entre **de 3.6 et 4.5 bars** ;
- En dessous, un horizon à moyenne et forte compacité. La vitesse sismique est moyenne à forte (vitesse sismique « V » comprise entre 600 et 1500m/sec). Cet horizon est représenté en jaune et la contrainte admissible par le sol **Qu** est comprise entre **de 4.5 et 9bars** ;

- En profondeur, un horizon à forte compacité représentés par le substratum compact. La vitesse sismique est élevée ($V > 1500\text{m/sec}$). Cet horizon est représenté en bleu et la contrainte admissible par le sol **$Q_u > 9\text{bars}$** .

Le signal acquis lors de la prospection de sismique réfraction nous permet également d'obtenir la classification des sols de l'Eurocode 8.

4.3. Sondage au pénétromètre dynamique :

On utilise un pénétromètre dynamique léger appelé PANDA®. C'est un pénétromètre à énergie variable destiné au contrôle de compactage et à la reconnaissance des sols. Son utilisation est conforme à la norme NF P 94-105 en contrôle de compactage. Le principe est de connaître l'enfoncement dans le sol d'une tige munie d'une pointe cylindro-conique en fonction d'une masse en chute libre. Cela permet donc de dresser un profil de pénétration des sols et des matériaux, d'estimer l'épaisseur et la profondeur des couches, de déduire les propriétés mécaniques in situ des sols supports ainsi que leurs variations saisonnières, de déterminer la profondeur du socle rocheux lorsque celui-ci est près de la surface.



4.4. Sondage électrique :



On injecte dans le sol un courant électrique de voltage et d'intensité connus. Ceci permet de connaître la résistance électrique des terrains traversés.

On présente les résultats sous forme d'une coupe du sol (Log) identique à une coupe stratigraphique dans laquelle les terrains seraient caractérisés par leur résistivité électrique exprimée en $\Omega.m$.

Il nous permet de confronter les données bibliographiques générales (BRGM) à la réalité géologique du terrain en termes de risque argile et de niveau hydrostatique (zone saturée en eau).

5. Nos Investigations

5.1. Etats des lieux

5.1.a) Description du terrain :

Le projet se situe sur un sol de texture argileuse avec des blocs calcaires, une petite rhizosphère est visible en surface. Le terrain se divise en six restanques de moins d'un mètre séparant les 5 planches tabulaires. Il est entouré de plusieurs maisons voisines

La végétation se compose d'herbes rases et d'oliviers.



Aucune venue d'eau n'a été repérée en surface sur le terrain. Aucun signe d'instabilité majeure n'a été observé le jour de l'étude.

5.1.b) Implantation des sondages :

Les reconnaissances de terrain ont été réalisées par sondages géophysique avec les appareils de mesures de chez Abem (le *Daqlink III* et le *Terrameter SAS1000*) et de chez Sol Solution (PANDA®).

Les sondages sont localisés sur le plan de la Figure 11 ci-dessous :

- Quatres lignes sismiques notées S1 à S4 d'une longueur totale respective de 19.5 et 13 (S4) m linéaire ;
- Un sondage électrique noté SE1 ;
- Un sondage pénétrométrique dynamique P1.

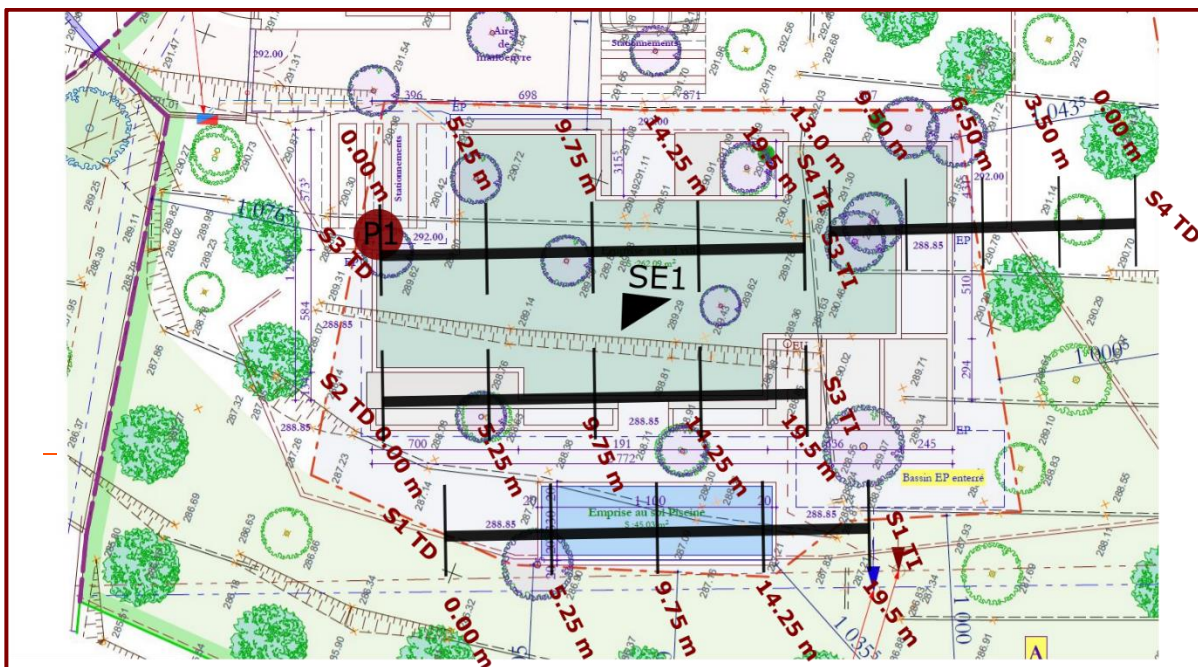


Figure 12 - Implantation des mesures géophysiques

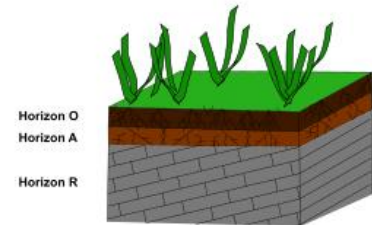
Légende

- SE : sondages électriques
- S : lignes sismiques
- P : Pénétromètre dynamique
- TD : Tir Direct (Début de ligne)
- TI : Tir Inverse (Fin de ligne)

5.2. Pédologie et classe des sols

5.2.a) Pédologie :

Le sol présente un horizon O peu développé, suivi d'un horizon de texture argileuse avec la présence de blocs calcaires.



5.2.b) VS30 et Classe des sols :

La VS30 correspond à la vitesse de propagation des ondes S, correspondant aux ondes de Rayleigh.

La vitesse moyenne de propagation de ces ondes permet de classer les sols suivant les réglementations en vigueur (Eurocode 8).

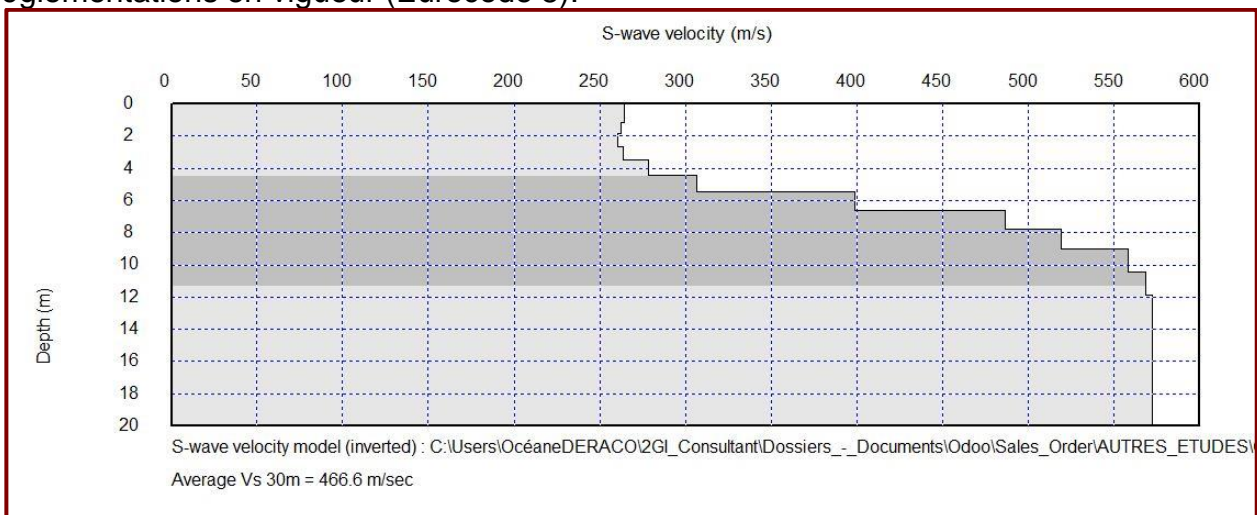


Figure 13 - VS30 mesurée (466.6 m/s).

Le sol appartient, selon la classe de sol de l'Eurocode, à la classe **B (Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur)**. On retrouvera les différentes classes de sols en annexe 1.

5.3. Sondages sismiques :

On représente sur les figures 18 à 21 ci-dessous, les coupes sismiques S1 à S4, ainsi qu'un tableau descriptif apportant les profondeurs des horizons en fonction du TN sous chaque tir sismique.

5.3.a) Sismique S1 - Piscine

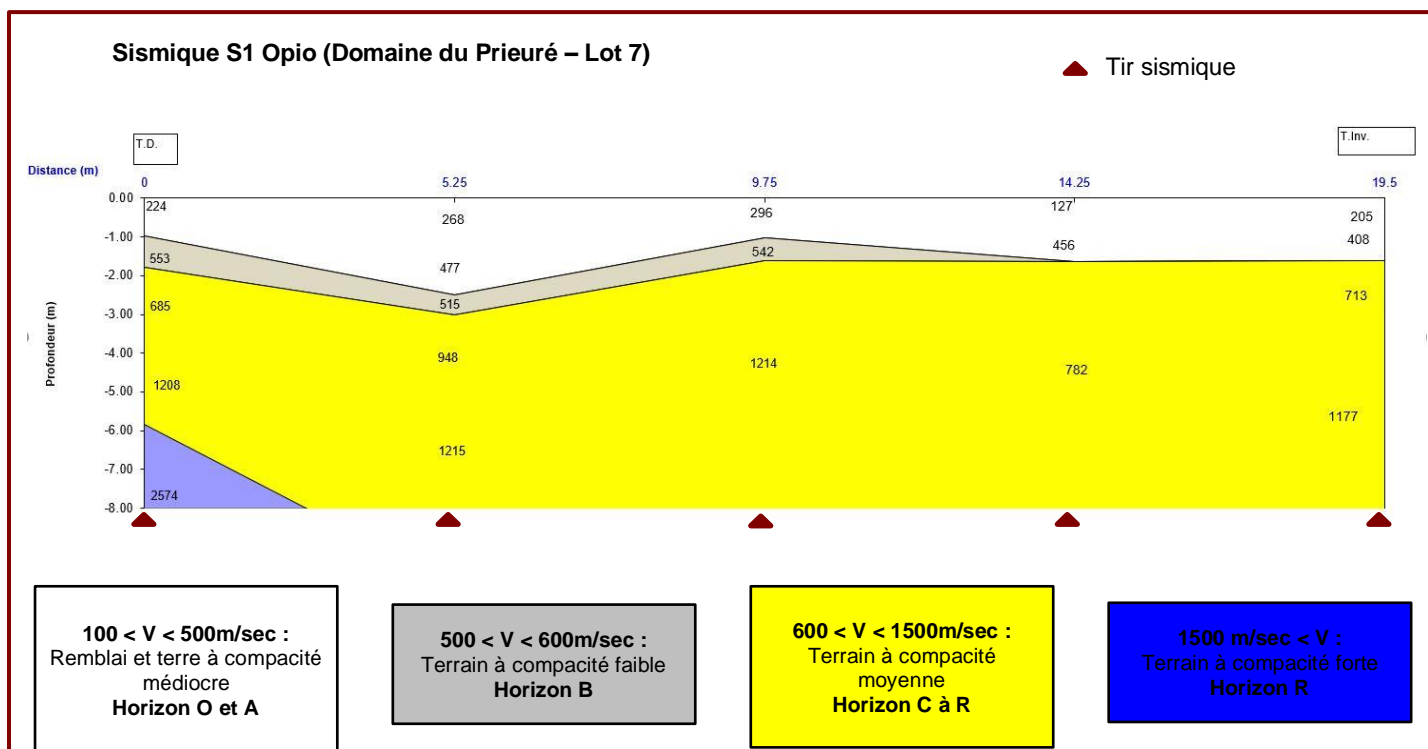


Figure 14 - Coupe sismique S1

Profondeur m/TN	0m	5.25m	9.75m	14.25m	19.5m
Horizon 1	0m/TN à -0.98m/TN	0m/TN à -2.50m/TN	0m/TN à -1.00m/TN	0m/TN à -1.60m/TN	0m/TN à -1.60m/TN
Horizon 2	-1.00m/TN à -1.80m/TN	-2.50m/TN à -3.00m/TN	-1.00m/TN à -1.60m/TN	-	-
Horizon 3	-1.80m/TN à -5.80m/TN	-3.00m/TN à + de 8.00m/TN	-1.60m/TN à + de 8.00m/TN	-1.60m/TN à + de 8.00m/TN	-1.60m/TN à + de 8.00m/TN
Horizon 4	à partir de -5.80m/TN	à + de 8.00m/TN	à + de 8.00m/TN	à + de 8.00m/TN	à + de 8.00m/TN

Tableau 2 - Synthèse des profondeurs des vitesses sismiques S1

5.3.b) Sismique S2

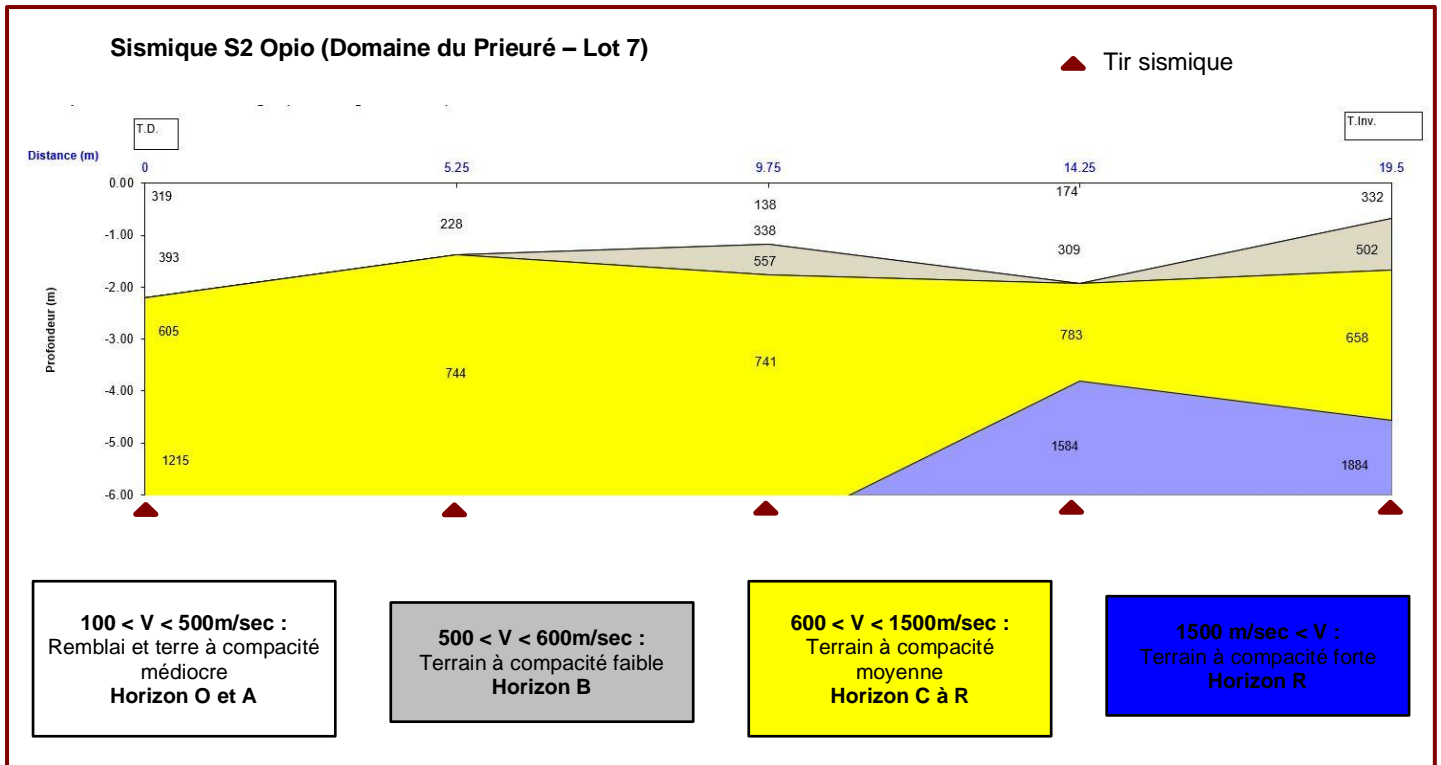


Figure 15 - Coupe sismique S2

Profondeur m/TN	0m	5.25m	9.75m	14.25m	19.5m
Horizon 1	0m/TN à -2.21m/TN	0m/TN à -1.37m/TN	0m/TN à -1.17m/TN	0m/TN à -1.93m/TN	0m/TN à -0.68m/TN
Horizon 2	-	-	-1.2m/TN à -1.8m/TN	-	-0.7m/TN à -1.7m/TN
Horizon 3	-2.2m/TN à -7.2m/TN	-1.4m/TN à -6.4m/TN	-1.8m/TN à -6.8m/TN	-1.9m/TN à -3.8m/TN	-1.7m/TN à -4.6m/TN
Horizon 4	à partir de -7.21m/TN	à partir de -6.37m/TN	à partir de -6.77m/TN	à partir de -3.81m/TN	à partir de -4.56m/TN

Tableau 3 - Synthèse des profondeurs des vitesses sismiques S2

5.3.c) Sismique S3

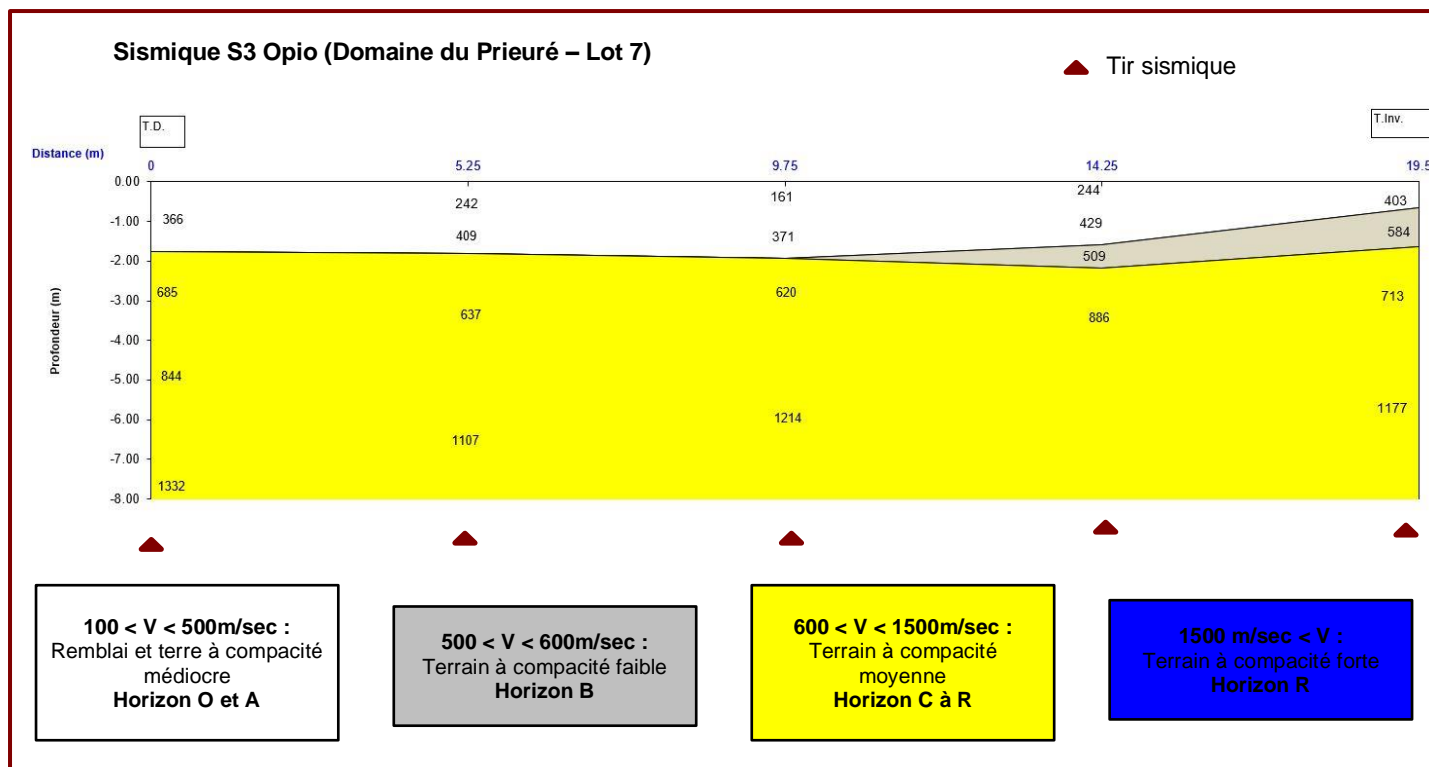


Figure 20 - Coupe sismique S3

Profondeur m/TN	0m	5.25m	9.75m	14.25m	19.5m
Horizon 1	0m/TN à -1.80m/TN	0m/TN à -1.80m/TN	0m/TN à -1.90m/TN	0m/TN à -1.60m/TN	0m/TN à -0.60m/TN
Horizon 2	-	-	-	-1.60m/TN à -2.20m/TN	-0.60m/TN à -1.60m/TN
Horizon 3	-1.80m/TN à + de 6.0m/TN	-1.80m/TN à + de 6.0m/TN	-1.90m/TN à + de 6.0m/TN	-2.20m/TN à + de 6.0m/TN	-1.60m/TN à + de 6.0m/TN
Horizon 4	à + de 6.0m/TN	à + de 6.0m/TN	à + de 6.0m/TN	à + de 6.0m/TN	à + de 6.0m/TN

Tableau 4 - Synthèse des profondeurs des vitesses sismiques S3

5.3.d) Sismique S4

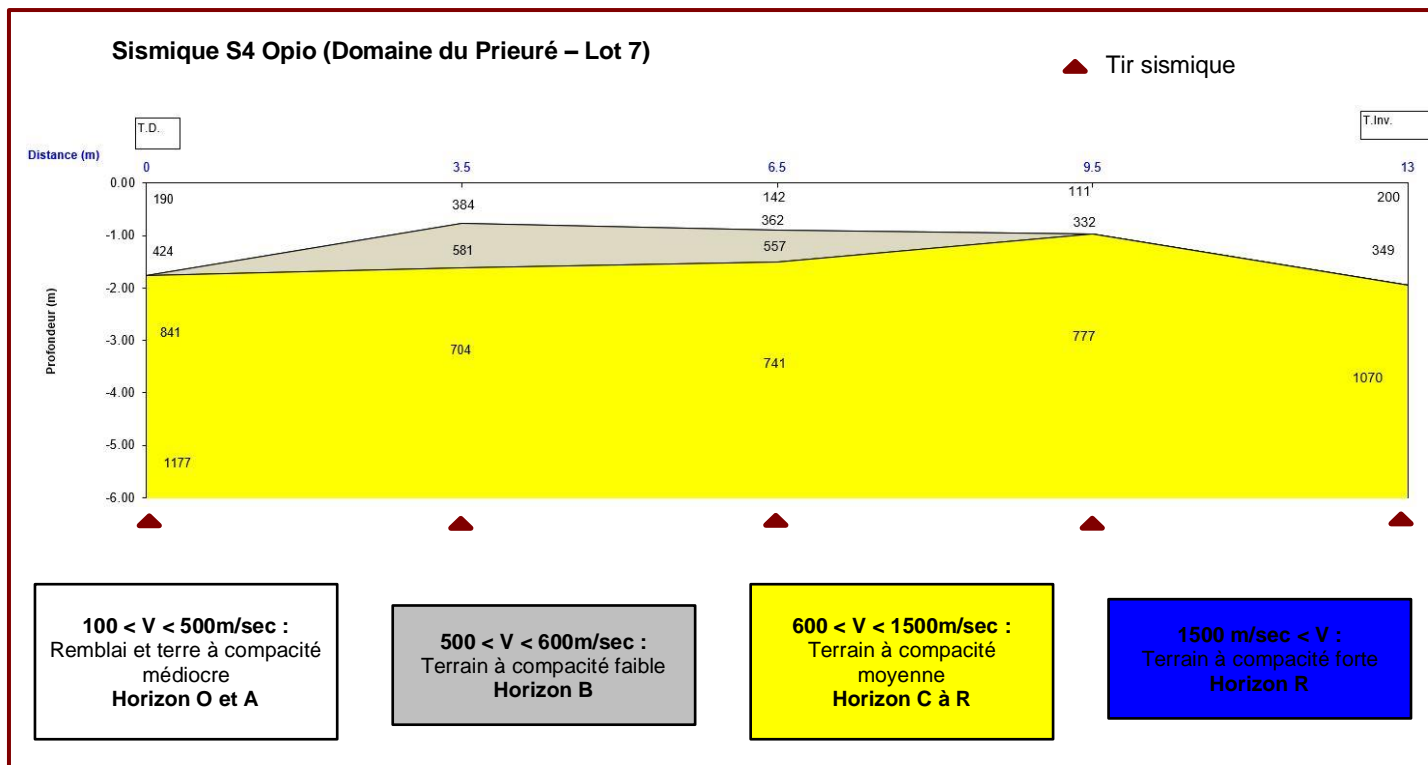


Figure 21 - Coupe sismique S4

Profondeur m/TN	0m	3.5m	6.5m	9.5m	13m
Horizon 1	0m/TN à -1.80m/TN	0m/TN à -0.80m/TN	0m/TN à -0.90m/TN	0m/TN à -1.00m/TN	0m/TN à -1.90m/TN
Horizon 2	-	-0.80m/TN à -1.60m/TN	-0.90m/TN à -1.50m/TN	-	-
Horizon 3	-1.80m/TN à + de 6.0m/TN	-1.60m/TN à + de 6.0m/TN	-1.50m/TN à + de 6.0m/TN	-1.00m/TN à + de 6.0m/TN	-1.90m/TN à + de 6.0m/TN
Horizon 4	à + de 6.0m/TN	à + de 6.0m/TN	à + de 6.0m/TN	à + de 6.0m/TN	à + de 6.0m/TN

Tableau 5 - Synthèse des profondeurs des vitesses sismiques S4

5.4. Pénétrromètre dynamique

On représente sur la figure 20 ci-dessous, le sondage pénétrométrique P1

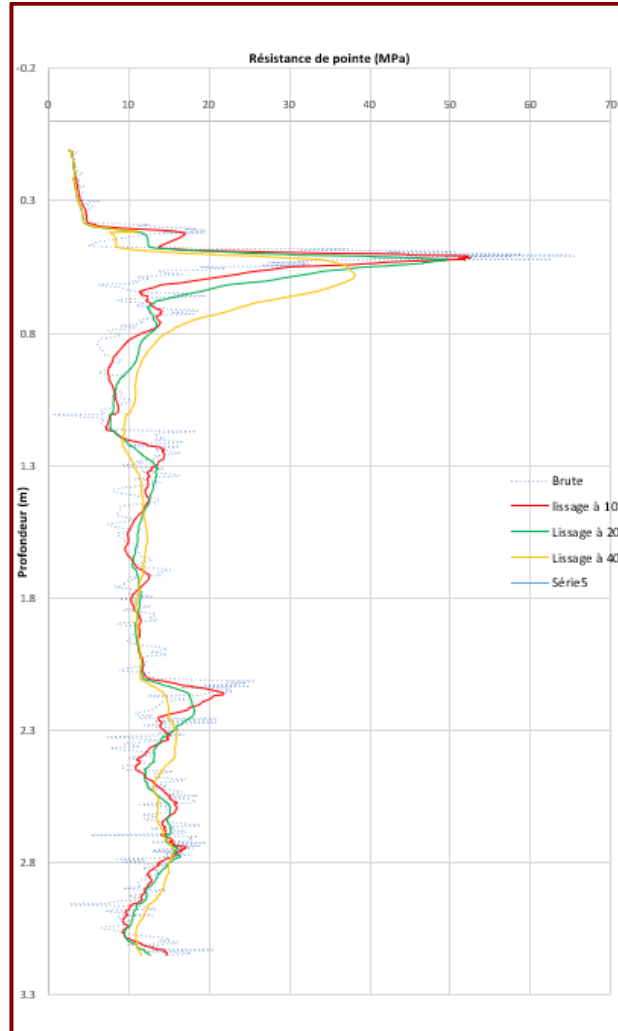


Figure 16 - Sondage pénétrométrique P1

Le sondage pénétrométrique P1 montre un refus à 3.20m/TN pour une résistance en pointe d'environ 10.59 MPa. Cependant à partir de 0.39m/TN, la résistance de pointe est > 6MPa.

5.5. Sondage électrique :

Pour vérifier la disposition du sondage sismique, on a réalisé un sondage électrique. Le sondage électrique est repéré SE1, son implantation est représentée sur le plan de la Fig.16. On représente sur la Figure 21 ci-dessous, la coupe du sondage électrique SE1.

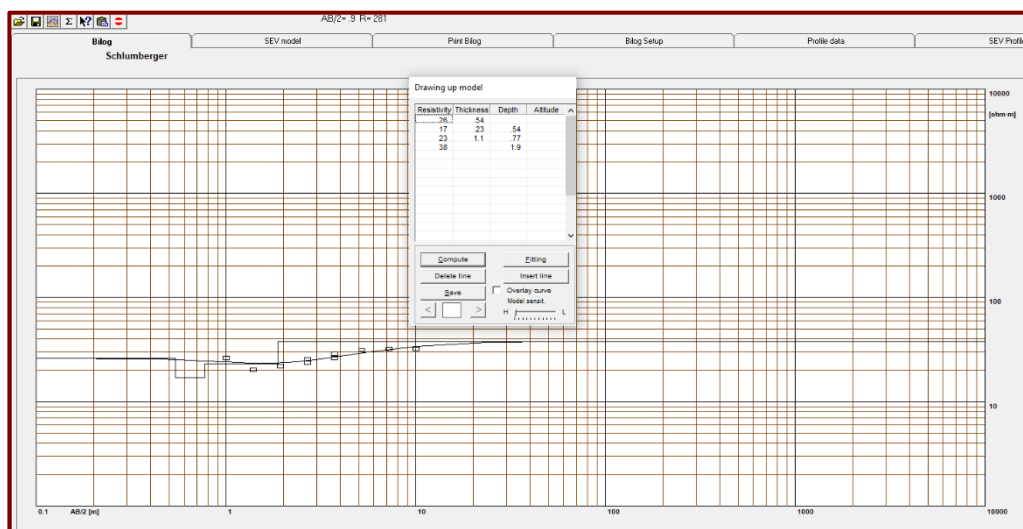


Figure 17 - Graphique géo-électrique SE1

Les résistivités enregistrées sur le sondage SE1 mettent en évidence :

- De 0.00m à 0.54m : une formation superficielle composée de terres superficielles et de marnes à blocs calcaires avec une résistivité de $26\Omega.m$;
- De 0.54m à 0.77m : une formation composée d'argiles avec une résistivité de $17\Omega.m$;
- De 0.77m à 1.90m : une formation composée de marnes avec une résistivité de $23\Omega.m$;
- A partir de 1.90m : une formation de marnes à blocs calcaires avec une résistivité de $38\Omega.m$.

6. Synthèse : conseils pour les fondations

Le projet consiste à la construction d'une villa individuelle sans sous-sol avec piscine, notre étude consiste à déterminer les fondations et leurs caractéristiques. Pour cela nous combinons recherches bibliographiques (BRGM, ORRM, Géorisques, PLU) avec des prospections effectuées par sondages géophysiques et naturalistes.

6.1. Bibliographie

6.1.a) Géologie/Hydrogéologie

Le terrain se trouve, en flanc de montagne dans une zone de géologie de marnes et calcaires. Localement, nous avons un sol pédologie horizon B plus développé sur un terrain de morphologie tabulaire.

Lors de pluie de fort intensité (pluie battante) la pente dans un premier temps favorisera l'écoulement gravitaire de l'eau météorique, puis celle-ci s'infiltrera au niveau des replats. (Cf Contexte hydrogéologique général).

Lors de notre intervention, aucune venue d'eau n'a été relevée au droit des sondages. Les caractéristiques hydrogéologiques du site (aquifère fissurale), confirme les risques d'inondation défini par le BRGM. Nous sommes dans un contexte favorable à l'infiltration et la percolation de l'eau dans le sol mais également en zone de convergence des eaux météoriques vont favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol.

Si des venues d'eau sont rencontrées avant ou lors des travaux de terrassements, il conviendra de nous informer le plus tôt possible afin d'émettre des prescriptions complémentaires. La présence d'eau peut modifier considérablement les caractéristiques mécaniques du sous-sol et provoquer des tassements différentiels.

Il sera indispensable de détourner au maximum les eaux de ruissèlement provenant des surfaces imperméabilisées et les eaux d'infiltration en dehors du périmètre de la villa. Aucune partie enterrée ou semi enterrée n'a été évoquée à ce stade de l'étude pour la villa. Pour le drainage, on préconise donc la mise en place en périphérie de la villa, à une distance de 1 à 2m par rapport aux murs de la villa, un exutoire (cunette ou rigole) possédant une légère pente afin de pouvoir drainer les écoulements épidermiques. Cet exutoire devra être entretenu afin que les eaux s'évacuent gravitairement et ne s'accumulent pas autour de la villa.

Au niveau de la piscine les parties enterrées ou semi-enterrées sont devront être protégées au stade définitif par un système de drainage périphérique pérenne et vérifiable afin de prévenir toute accumulation d'eau en amont de la construction. Ces eaux seront drainées et rejetées vers un exutoire adapté et autorisé. Les murs enterrés ou semi enterrés devront être traités et imperméabilisés.

Dans le cas de l'absence de réseaux de rejet collectif, une étude d'impact hydrogéologique devra être réalisé dans l'objectif de gérer les eaux pluviales bloquées par l'imperméabilisation des sols (loi GEMAPI) et les eaux usées.

Nous portons à votre vigilance le fait que la totalité des dispositifs hydriques (eau potable, pluvial et usée) peuvent altérer sol et fondation. Vous veillerez donc à assurer leurs étanchéités et nous vous conseillons de contrôler votre compteur d'eau (une fuite sera déterminée dans le cas où le volume croît lors d'aucune utilisation de la ressource).

6.2. Risques/Plan de Prévention des Risques (PPR)

6.2.a) Argile

La zone d'étude se trouve d'après la carte du BRGM, dans une zone d'aléa **fort** au niveau du risque gonflement – dégonflement des argiles. Il conviendra d'appliquer les prescriptions habituellement édictées dans ce genre de terrain (voir annexe 2 de ce rapport). (Profondeur préconisée des fondations au minimum à -1.20m si la présence d'argile est confirmée par le sondage électrique)

6.2.b) Cavité

Aucune cavité n'est recensée dans un rayon de 500m autour de la zone d'étude, ni dans la même géologie.

Aucun PPRc n'est prescrit dans la commune d'étude.

6.2.c) Inondation

La zone d'étude est classée en **zone sans débordement de nappe ni inondation de cave** au niveau du **risque d'inondation par remontée de nappe**.

La commune n'est soumise à aucun Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRi). Aucune prescription particulière n'est à prendre en compte pour le projet à ce jour.

6.2.d) Mouvement de terrain

Aucun mouvement de terrain n'est recensé dans un rayon de 500m autour de la zone d'étude, ni dans la même géologie.

La commune n'est soumise à aucun Plan de Prévention des Risques de Mouvements de terrain (PPRMvt). Aucune prescription particulière n'est à prendre en compte pour le projet à ce jour.

6.2.e) Sismique

Le projet se situe dans une zone de risque **sismique modérée (3)** et appartient à la **catégorie d'importance de niveau II** (habitation individuelle).

Conformément à l'**Eurocode 8**, chaque catégorie d'importance est associée à un coefficient d'importance **γ_1** qui vient moduler l'action sismique de référence.

Pour notre projet $\gamma_1 = 1$

On veillera à appliquer les prescriptions de l'Eurocode 8 se rattachant aux règles EN 1998-1 :2004, 1.1.1. (Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes). Voir tableau ci-dessous :

	I	II	III	IV
Zone 1	aucune exigence			
Zone 2				
Zone 3	PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 1,1 \text{ m/s}^2$	
Zone 4	PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 1,6 \text{ m/s}^2$	
Zone 5	CP-MI ²	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr} = 3 \text{ m/s}^2$	

¹ Application **possible** (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI

² Application **possible** du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide

³ Application **obligatoire** des règles Eurocode 8

Figure 18 - Tableau de calcul des structures pour leur résistance aux séismes

La commune n'est soumise à aucun Plan de Prévention des Risques de séismes (PPRs). Aucune prescription particulière n'est à prendre en compte pour le projet à ce jour.

6.3. Prospection terrain

La visite du terrain, nous amène aux corrélations suivantes :

La pédologie nous montre un sol peu développé avec une de géologie marneuses avec des blocs calcaires.

Profondeur	Horizon 1	Horizon 2	Horizon 3	Horizon 4
Min	-	-1.00	-1.25	-7.30
Max	-	-2.05	-2.65	-7.55

Tableau 6 - Synthèse des profondeurs des horizons de compacité

La résistivité électrique **confirme la présence d'argile ce qui corrobore le risque argile.**
 Nous retrouvons ci-dessous un tableau récapitulatif des horizons prospectés.

Vitesse Sismique (m/s) Type de terrain	200 400 600 1000 1500 2000 5000 (m/s)	Interprétation en fonction de la géologie locale	Q ELS	Q ELU	Qu
Niveau à compacité Médiocre Horizon O et A	100 à 500 m/s	Terre superficielles	Portance Faible		
Niveau à compacité faible Horizon B	500 à 600 m/s	Marnes à faible compacité	1.2bars	1.8bars	3.6bars
Roche à compacité Moyenne Horizon C à R	600 à 1500 m/s	Marnes et marnes calcaires à compacité moyenne et forte	1.5bars	2.3bars	4.5bars
Roche Saine à bonne compacité Horizon R	+ de 1500 m/s	Substratum Compact	3bars	4.5bars	9bars

Tableau 7 - Corrélation Vitesse sismique, qELS, qELU, et Qu

Il apparaît au vu de ce Tableau que dans la zone prévue pour l'implantation de la villa le terrain porteur correspond à des marnes à blocs calcaires. Il convient de se reporter aux coupes des Fig.18 à 21 pour connaître la profondeur du bon sol et appliquer les valeurs de contraintes admissibles.

La mission G2AVP consiste à caractériser les données géotechniques du sol de fondation en l'absence de dimensionnement précis. Toutefois, sans les dimensionner précisément, on peut donner des indications sur le type de fondation optimal.

7. Fondations : nos préconisations

- Pour le projet de la villa (S2 à S4)

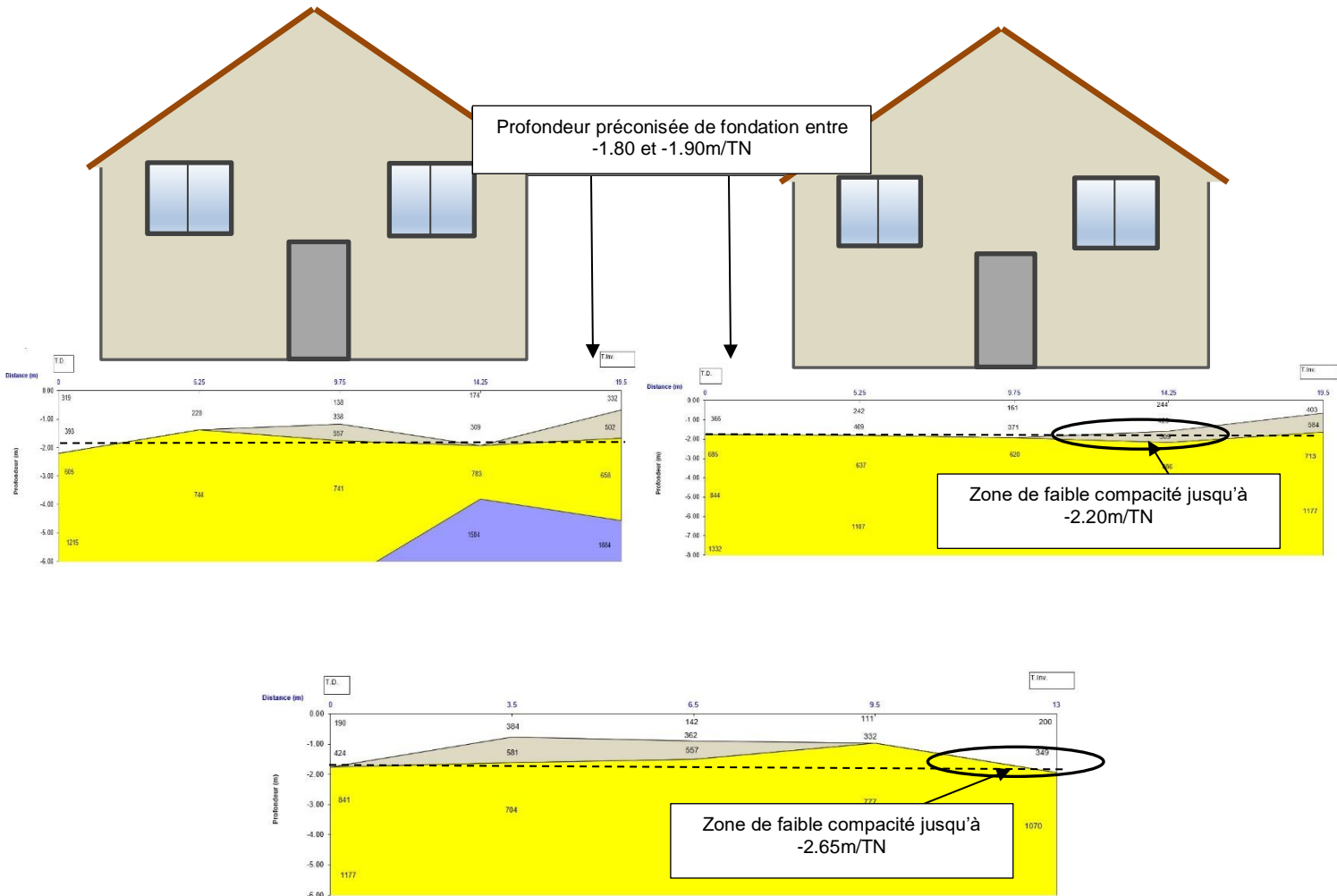


Figure 19 - Profondeur de fondation préconisée

On peut considérer, entre -1.80m et -1.90m/TN, que la contrainte admissible par le sol est **$Q = 0.20\text{MPa}$ soit 2.0bars aux Els** pour une **$Q_{\text{elu}} = 0.30\text{MPa}$ soit 3.00bars** au niveau de l'horizon 3.

A ce stade de l'étude, en l'absence de donnée précise sur les descentes de charges du projet et compte tenu les capacités portantes obtenues sur les sondages, la villa peut être fondée superficiellement sur des **semelles filantes ou semelles isolées reliées par des longrines**.

Les semelles devront être descendues en tout point de manière homogènes au sein de l'horizon 3 sur les coupes sismiques S2 à S4.

Les fondations devront être descendues en tout point de manière homogènes au sein des formations de l'horizon de moyenne compacité (terrain de couleur jaune sur les coupes

sismiques), et seront ancrées au minimum de 0.30m pour les semelles filantes et de 0.50m pour les semelles isolées.

Le niveau d'assise des fondations se trouvera entre -1.80m/TN et -1.90m/TN. Le principe d'homogénéité du sol d'assise des fondations devra être respecté sur l'ensemble du projet. Il sera donc possible que des sur-profondeurs soient occasionnées à certains endroits pour atteindre l'horizon de moyenne compacité et éviter le risque de tassement différentiel. Les sur-profondeurs pourront alors être rattrapées au gros béton. Les fouilles devront être sèches et purgées de tout élément compressible.

Le béton devra être coulé en pleine fouille après le coulage d'un béton de propreté à la base des fouilles d'une épaisseur de 5 à 10 cm environ dont l'objectif est l'isolation des armatures.

On peut préconiser une largeur minimale de fondations de 0.50m pour les semelles filantes et de 0.80m pour les semelles isolées. Ces largeurs devront quand même être dimensionnées par un cabinet spécialisé (ingénieur béton) car elles dépendront des descentes de charges du projet et de la contrainte de calcul précédemment fournie.

Remarques :

Les murs porteurs doivent comporter un chaînage horizontal et vertical liaisonné, dimensionné et réalisé selon les préconisations de la norme DTU 20-1 (ouvrages de maçonnerie en petits éléments; règles de calcul et dispositions constructives minimales).

Pour le niveau bas, il devra être réalisé sur vide sanitaire ou sur sous-sol total. En zone d'aléa fort de retrait gonflement des argiles, le vide sanitaire doit être en béton armé. La structure doit pouvoir supporter des tassements différentiels.

Les parties du projet (garage ou autre) accolées et fondées différemment peuvent subir des mouvements d'ampleur variable. Il convient de ce fait de désolidariser ces structures afin que les sollicitations du sous sol ne se transmettent pas entre elles et ainsi à autoriser des mouvements différentiels. Pour cela il faudra mettre en place un joint de rupture sur toute la hauteur du bâtiment ainsi que les fondations pour désolidariser les différentes parties de la construction

On veillera à respecter la profondeur de mise hors gel.

- **Pour le projet de la piscine**

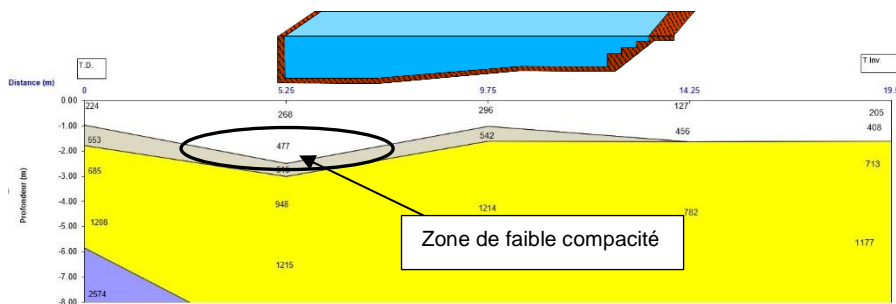
Au niveau du sondage S1, on observe en surface, un horizon superficiel jusqu'à -1.60m/TN. A partir de -1.00m/TN, on observe l'horizon de faible compacité (horizon 2). A partir de -1.60m/TN en moyenne, on peut observer le toit des marnes de moyenne à forte compacité (horizon 3). On notera tout de même la présence de surprofondeurs de terrain de faible compacité à certains endroits pouvant atteindre environ 2.90m/TN.

On peut retenir pour le projet de piscine, à partir de -1.00m/TN une contrainte admissible par le sol **Q de 1.4bars aux Els** pour une **Qelu de 2.1bars** (au niveau du terrain de gris sur la coupe sismique « horizon 2 »). A partir de -1.60m/TN on peut retenir une contrainte admissible par le sol **Q de 1.8bars aux Els** pour une **Qelu de 2.7bars** (au niveau du terrain de jaune sur la coupe sismique « horizon 3 »)

A ce stade de l'étude, les dimensions et les charges du projet de piscine ne sont pas connues. A titre indicatif, pour les fondations de la piscine, on peut préconiser la mise en place d'un **radier**. Les formations superficielles seront impérativement purgées. On creusera le fond de fouille de la profondeur du bassin. Le fond de fouille devra être plat et horizontal.

Le radier pourra être composé de ballast (environ 0.30m) et sera également dimensionné par un ingénieur béton. Sa mise en place devra se faire dans le respect des normes et des DTU en vigueur.

Il sera peut-être nécessaire d'adapter la solution retenue en fonction du choix de type de piscine (coque polyester, béton, inox...)



- **Pour le projet de la villa et de la piscine**

En cas de dénivelé entre les fondations, une pente maximale de 2V/3H sera à respecter entre deux fondations voisines ou deux redans successif (*règle DTU 13.12*) (voir schéma ci-après) :

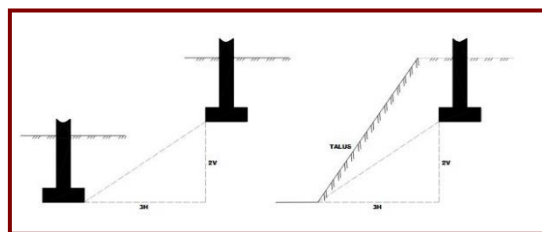


Figure 20 - règle de fondation du DTU 13.12

A ce stade de l'étude les profondeurs de terrassement pour l'aménagement du site ne sont pas connues. Le projet nécessitera tout de même les terrassements suivants :

- Terrassement pour la mise en place d'une plateforme (reprofilage du terrain)
- La réalisation des fouilles de fondation.

Les travaux de terrassements seront réalisables avec des moyens classiques (pelle mécanique) au niveau des formations superficielles, des remblais et des marnes décomprimées. A partir de l'horizon de moyenne compacité, les terrassements nécessiteront l'usage d'engins de forte puissance (pelle hydraulique de fort tonnage ou brh) pour extraire et entamer les formations plus indurées composées de marnes et de calcaires de moyenne à forte compacité.

Si des arbres sont envisagés d'être plantés à proximité de l'habitation, ils devront être situés à une distance inférieure à la hauteur adulte H (1H pour les arbres isolés et 1,5H pour les haies) sauf avec la mise en place d'un écran anti racines d'une profondeur minimale de 2m.

8. Conclusion :

Nos préconisations de profondeurs sont données au niveau du TN. Si la profondeur des terrassements dépasse nos préconisations, les conclusions de ce présent rapport ne s'appliquent plus et une mission complémentaire devra être réalisée. Une caractérisation plus précise des fondations avec sa justification pourra être donnée dans le cadre d'une étude géotechnique de projet lorsque les descentes de charges du projet seront connues.

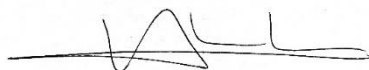
Nous rappelons que selon la norme NF P 94-500, l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) devra respecter les étapes de conception et de réalisation de tout projet et devra contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique globale.

Au moment des travaux une mission de contrôle des fonds de fouilles sera nécessaire afin de vérifier l'homogénéité et la nature du terrain ainsi que le niveau d'assise des fondations. 2GI Consultant se tient à la disposition du client pour la réalisation de cette mission et demande à être présent lors de l'ouverture des fouilles de fondation afin de valider les résultats de la présente étude.

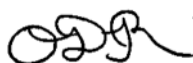
Lors du terrassement, s'il apparaissait la présence localisée d'une quelconque anomalie (anomalie de portance ou autres structures diverses), il faudra procéder à une nécessaire adaptation des fondations. Nous invitons à cet effet, le Maître d'Ouvrage à prévoir une mission de suivi géotechnique (mission G4 de la norme NF P 94-500) afin de gérer tout aléa géotechnique lors de la réalisation des travaux.

Nous donnons un **AVIS GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE FAVORABLE** à la réalisation de ce projet sous réserve de mettre en œuvre les recommandations techniques développées dans ce rapport.

Nous restons à la disposition du maître d'ouvrage et de son représentant pour tout renseignement complémentaire qu'ils jugeraient nécessaire.



Adrien DE HEAULME
Hydrogéologue
2GI consultant



Océane DE RACO
Géologue
2GI consultant



Gérard BAUDRY
Coordinateur Technique
2GI consultant

Annexe 1 – Classe des sols Eurocode 8

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (coups/30 cm)	c_u (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	—	—
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s			
S_1	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé ($PI > 40$) et une teneur en eau importante.	< 100 (valeur indicative)	—	10 – 20
S_2	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S_1 .			

Tableau 3.1 Classes de sol

Figure 21 - 18 : Classes de sol (Eurocode 8).

V_{s30} moyenne = 466.6m/s, correspond à la classe de sol B.

ANNEXE 2 – Horizon des sols

Les principaux horizons des sols

- **Horizon H** : Humus, milieu saturé par l'eau plus de 6 mois dans l'année. La matière organique n'est pas décomposée due aux conditions anaérobies (ex : tourbe) ;
- **Horizon O** : Horizon organique, cet horizon correspond à la litière (formation liée à l'activité biologique du sol) ;
- **Horizon A** : Horizon organo-minérale. C'est dans cet horizon que l'on retrouve la rhizosphère, niveaux riches en vie et en matière organique. C'est également à partir de là que la matière organique est décomposée et se transforme en matière minérale ;
- **Horizon B** : C'est un horizon minéral où la structure lithologique a disparu, provenant de l'altération de la roche mère et de la pédogénèse locale. En fonction d'un engorgement prolongé (lessivage) cet horizon peut s'être différenciée en une texture argileuse, le rendant moins perméable ;
- **Horizon C** : Horizon minéral d'altération de la roche mère, à structure lithologique et non pédologique ;
- **Horizon R** : Horizon originel non altéré, endogène (roche volcanique) ou exogène (roche sédimentaire, roche métamorphique).

ANNEXE 3 – Prescription terrains argileux

Extrait des prescriptions habituellement édictées dans les terrains argileux :

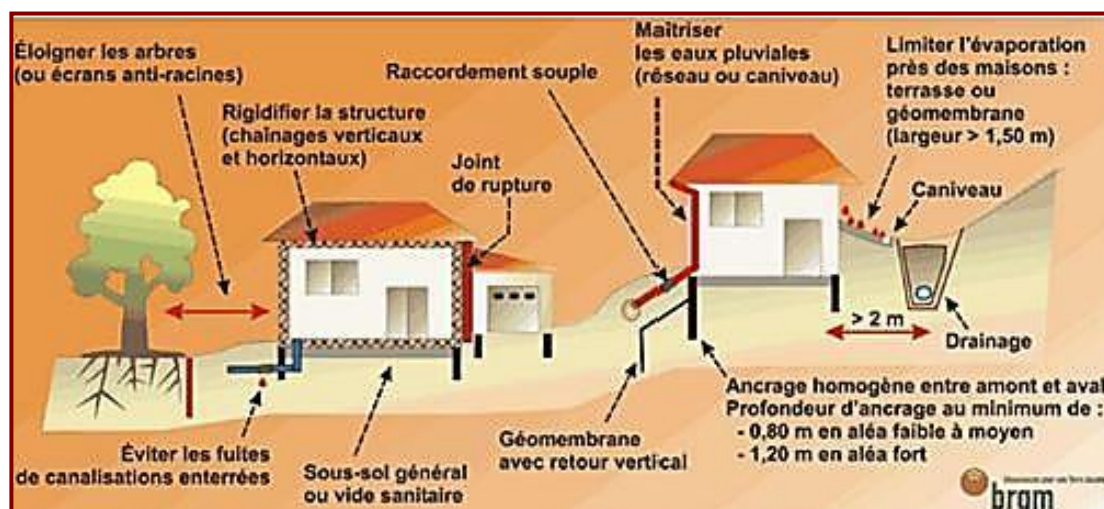


Figure 22 - Extrait de schéma d'aléa lié au retrait - gonflement des argiles. (Source : www.brgm.fr)

- On limitera au maximum les variations hydriques des sols et des sous-sol à proximité des fondations, quel que soit l'origine de l'eau par la mise en place d'un drainage adapté, placé à 2m minimum des fondations, par la collecte des eaux de toiture et de toutes les surfaces imperméabilisées autour de la construction, par le rejet des eaux collectées vers un exutoire éloigné de la construction (pas d'infiltration ni de pompage dans une nappe superficielle à moins de 10m du projet, en cas d'infiltration vérifier la perméabilité du sol par une étude spécifique).
- Tous les réseaux d'eau seront conçus pour encaisser des déformations (raccords souples).
- L'ensemble de la structure sera rigidifié par des chaînages verticaux et horizontaux.
- On éloignera toute plantation d'arbre ou arbuste à une distance inférieure à la hauteur adulte H (1H pour les arbres isolés et 1,5H pour les haies) sauf avec la mise en place d'un écran anti racines d'une profondeur minimale de 2m
- Il est interdit d'exécuter un sous-sol partiel sous une même partie de bâtiment, les parties de constructions fondées différemment (villa, garage ou autre) devront être désolidarisé au moyen d'un joint de rupture sur la hauteur de la construction. (À voir avec un BET Structure)

ANNEXE 4 - CONDITIONS D'UTILISATION DU CONTENU DU RAPPORT

- Voir les « **Conditions générales des missions géotechniques** » en annexe 4.
- **2GI Consultant** ne peut être en aucun cas tenue à une obligation de résultats car les prestations d'études et de conseil sont réputées incertaines par nature ; **2GI Consultant** n'est donc tenue qu'à une obligation de moyens.
- Le présent document et ses annexes constituent un tout indissociable. Les interprétations erronées qui pourront en être faites à partir d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la Société **2GI Consultant**. En particulier, il ne s'applique qu'aux ouvrages décrits et uniquement à ces derniers.
- Toute modification du projet initial concernant la conception, l'implantation, le niveau ou la taille de l'ouvrage devra être signalée à **2GI Consultant**. En effet, ces modifications peuvent être de nature à rendre caduc certains éléments ou la totalité des conclusions de l'étude.
- Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, **2GI Consultant** a été amenée dans le présent document à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Maître d'Ouvrage ou à son Maître d'Œuvre, de communiquer par écrit ses observations éventuelles à **2GI Consultant** sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour aucune raison lui être reproché d'avoir établi son étude pour le projet décrit dans le présent document.
- Des éléments nouveaux mis en évidence lors de reconnaissances complémentaires ou lors de l'exécution des fouilles ou des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des opérations de reconnaissance (*failles, remblais anciens ou récents, caverne de dissolution, hétérogénéité localisée, venue d'eau, pollution, etc., ...*) peuvent rendre caduques les conclusions du présent document en tout ou en partie. Ces éléments nouveaux ainsi que tout incident important survenant au cours des travaux (*éboulement des fouilles, dégâts occasionnés aux constructions existantes, glissement de talus, etc., ...*) doivent être immédiatement signalés à **2GI Consultant** pour lui permettre de reconsidérer et d'adapter éventuellement les solutions initialement préconisées et ceci dans le cadre de missions complémentaires.
- Pour les raisons développées précédemment, et sauf stipulation contraire explicite de la part **2GI Consultant**, l'utilisation de la présente étude pour chiffrer, à forfait ou non, le coût de tout ou partie des ouvrages d'infrastructure ne saurait en aucun cas engager la responsabilité de **2GI Consultant**.
- **2GI Consultant** ne pourrait être rendue responsable des modifications apportées à la présente étude sans son consentement écrit.
- Il est vivement recommandé au Maître d'Ouvrage, au Maître d'Œuvre ou à l'Entreprise de faire procéder, au moment de l'ouverture des fouilles ou de la réalisation des premiers travaux, à une visite de chantier par un spécialiste. Cette visite est normalement prévue par **2GI Consultant** lorsqu'elle est chargée d'une mission spécifique G4 de suivi de l'exécution des travaux de fondations. Le maître d'ouvrage est alors prié de prévenir **2GI Consultant** en temps utile. Cette visite a pour objet de vérifier que la nature des sols et la profondeur de l'horizon de fondation sont conformes aux données de l'étude. Elle donne lieu à l'établissement d'un compte-rendu.
- Le Maître d'Ouvrage devra informer **2GI Consultant** de la Date Réelle d'Ouverture du Chantier (*DROC*) et faire réactualiser le présent document en cas d'ouverture de chantier plus de 2 ans après la date d'établissement du présent document. De même il est tenu d'informer **2GI Consultant** du montant global de l'opération et de la date prévisible de réception de l'ouvrage.
- Il appartient à l'assurance dommage ouvrage de vérifier que nos garanties suffisent à couvrir les risques liés à cet ouvrage.

ANNEXE 5 - Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94.500 - version de Novembre 2013)

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (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).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE 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.

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES 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 GÉOTECHNIQUE 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)

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (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).