



ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Mission G2PRO – Affaire n°G2151

Aiguillon Construction
Construction d'un bâtiment
Route de Quilimar
MOELAN-SUR-MER (29)



TOPOGRAPHIE - BIM
MAITRISE D'ŒUVRE VRD
GÉOTECHNIQUE
ENVIRONNEMENT

Agence du Finistère
ZAC de Lannuzel
29460 DIRINON
02 98 34 11 61

SAS Géo² Concept
www.geo2concept.fr
contact@geo2concept.fr
SIRET : 894 384 064 00016

Agence des Côtes d'Armor
30 avenue des Châtelets
22450 TREGUEUX
02 96 76 63 74

Table des matières

1. PROJET ET MISSIONS	2
1.1 Présentation du projet	2
1.2 Définition et objectif de la mission	2
1.3 Documents communiqués	3
1.4 Programmes d'investigations, implantation et nivellement	4
2. ENQUETE DOCUMENTAIRE : RAPPEL DE LA G2AVP	5
2.1 Présentation du site	5
2.2 Géologie	6
2.3 Risques naturels (retrait-gonflement des argiles, radon, risque sismique, ...) ..	7
3. RESULTATS ET INTERPRETATION DES SONDAGES : RAPPEL DE LA G2AVP	8
3.1 Sondages : lithologies	8
3.2 Caractéristiques mécaniques	9
3.3 Hydrogéologie	9
3.4 Réglementation parasismiques	10
4. PRINCIPE DE CONSTRUCTION : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION PHASE PROJET	11
4.1 Terrassements	11
4.2 Modèle géotechnique	13
4.3 Principe de Fondations	13
4.4 Fondations : solution 1	14
4.4 Fondations : solution 2 : renforcement de sol	17
4.4 Dallage	17
4.5 Voiries	18

ANNEXE

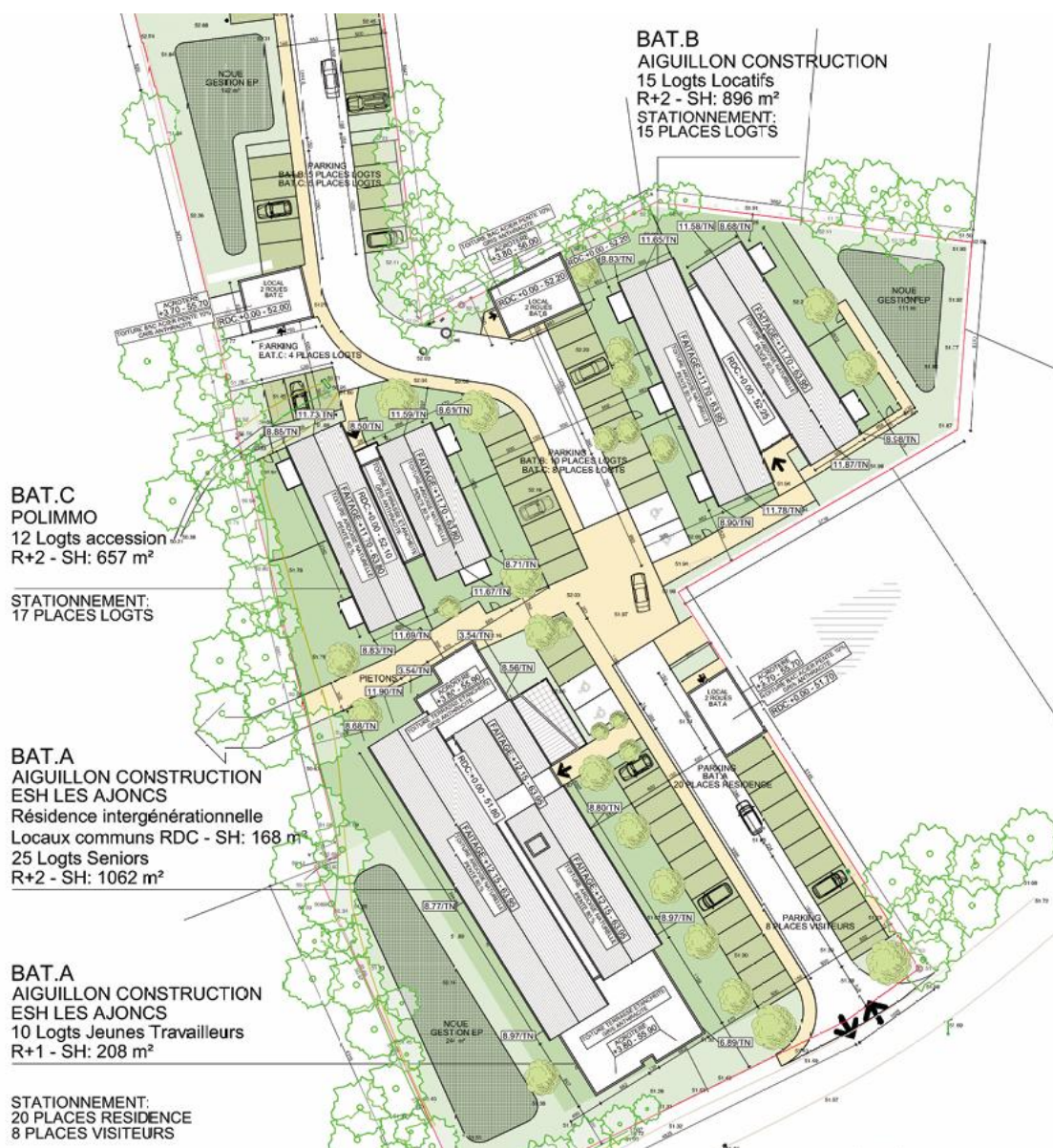
- Plan d'implantation
- Coupes des sondages
- Extrait de la norme NFP 94-500

1. PROJET ET MISSIONS

1.1 Présentation du projet

Le projet concerne la construction de deux bâtiments de logements (bâtiment A et bâtiment B), sur la commune de MOELAN-SUR-MER (29).

Les deux bâtiments seront de type R+2 avec vide sanitaire. Le présent rapport concerne uniquement le bâtiment B.



Plan masse du projet

1.2 Définition et objectif de la mission

Dans la cadre de ce projet, Aiguillon Construction nous a missionnés pour réaliser une étude G2PRO selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013. Les objectifs de cette étude sont de fournir un rapport donnant :

- les caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet,

Les notes techniques fournissant les choix constructifs des ouvrages géotechniques du projet (fondations, terrassements, pentes et talus, fondations, assises des dallages, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants, drainage, ...),

- Un prédimensionnement des fondations.

Le présent rapport ne concerne pas :

- L'étude hydraulique de la zone d'aménagement, ainsi que l'estimation d'éventuels débits de pompages / rabattement de nappe

- Le suivi piézométrique et la définition des niveaux d'eau conventionnels de la nappe (niveau EB, EQ, EH et EE),

- Le dimensionnement de la solution d'étanchéité des murs/parties enterrées,

- La recherche d'une éventuelle pollution,

- L'étude de gestion des eaux pluviales,

- Les travaux de purge des éventuels vestiges enterrés pouvant être présents sur site,

- La reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de la zone d'investigation et au-delà des profondeurs prévues de nos sondages.

- Le bâtiment A (nous n'avons pas reçu les descentes de charges à la date du rapport)

- Le bâtiment C de Polimo

1.3 Documents communiqués

Pour mener à bien notre mission, les éléments suivant nous ont été fournis :

- Plan d'implantation des bâtiments, réalisé par Chambaud Architectes Urbanistes,

- Cahier des charges avec plan de situation et plan de composition, réalisé par Aiguillon Construction,

- Plan de masse RDC avec repérage des sondages réalisé par Chambaud Architectes et daté d'Avril 2024,

- Rapport d'une ancienne étude géotechnique réalisé par Finistère Habitat et daté du 08/03/2018,

- Plan DCE du bâtiment B réalisé par Chambaud Architectes et daté à avril 2025,

- Plan des fondations et descentes de charges du bâtiment B, réalisé par le bureau d'étude structure S.B.C, daté au 23/05/2025.

1.4 Programmes d'investigations, implantation et nivellement

Dans le cadre de l'étude G2AVP, nous avons réalisé les investigations suivantes :

- 11 sondages de reconnaissance géologique à la tarière mécanique diamètre 63mm, nommés SP1 à SP3 et T1 à T9. Ils ont été descendus jusqu'aux refus rencontrés entre 1.00m et 4.10m de profondeur par rapport au Terrain Naturel (TN). Ils ont été réalisés sous la conduite d'un Géotechnicien, avec relevé des coupes lithologiques et l'hydrogéologie (arrivées d'eau, niveau d'eau en fin de campagne...), et ont permis de réaliser :
 - 3 profils pressiométriques réalisés conformément à la norme NFP 94-110 ;

Tous les sondages ont été réalisés sous la conduite d'un Géotechnicien.

Le plan d'implantation des sondages est fourni en annexe du rapport.

Le plan d'implantation des sondages est fourni en annexe du rapport.

Les points de sondages ont été extrapolés à partir du plan topographique fourni en m NGF.

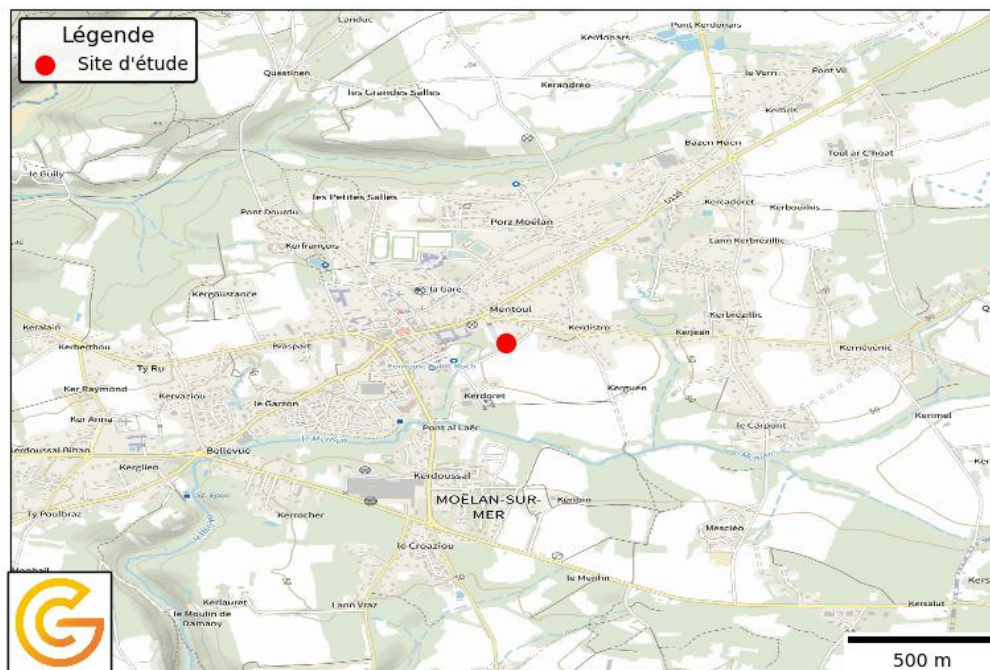
Sondages	SP1	T1	T2	T6	T7	T8
Cote du terrain naturel (m NGF)	52.2	52.2	52.1	51.7	52.0	51.4

Tout changement d'implantation et du projet doit nous être communiqué, ces changements pouvant modifier les conclusions de notre rapport.

2. ENQUETE DOCUMENTAIRE : RAPPEL DE LA G2AVP

2.1 Présentation du site

Le projet se trouve Route de Quilimar sur les parcelles cadastrales n°112, 113, 114 et 016 section AI, sur la commune de MOELAN-SUR-MER (29).



Plan de situation du projet (source IGN V2)

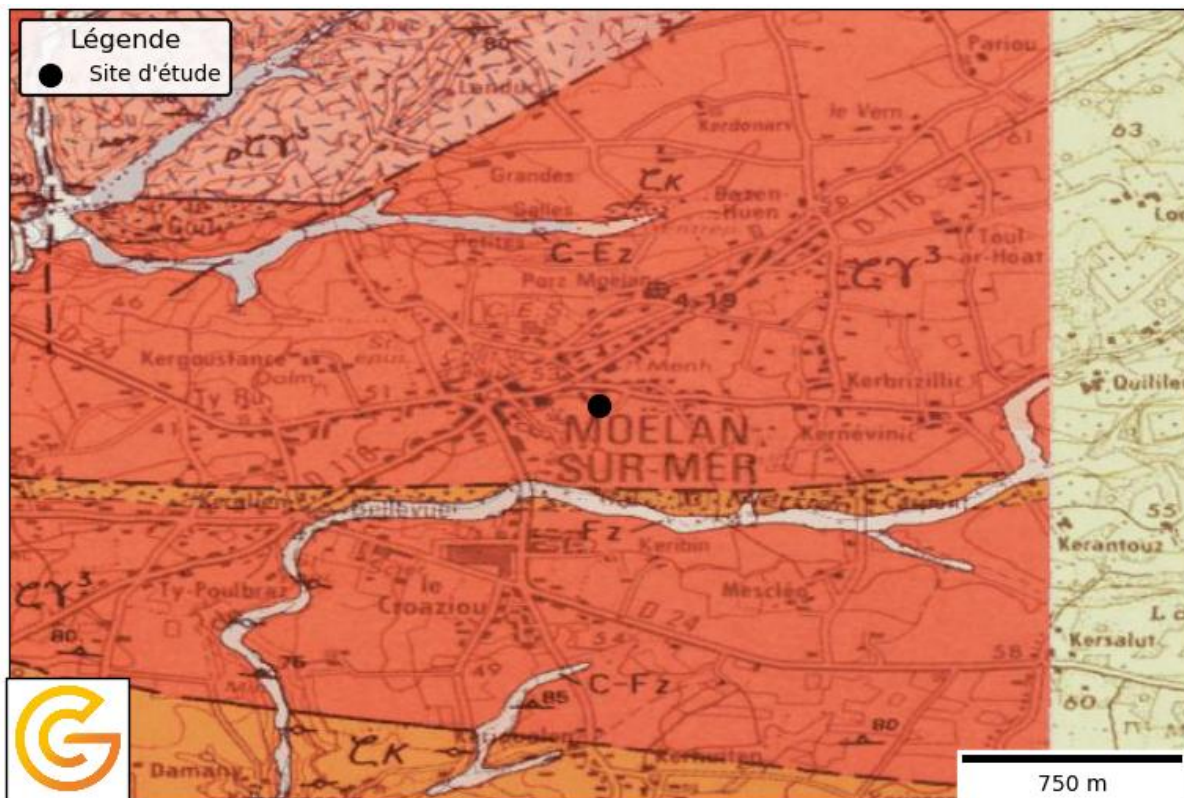


Photographie aérienne (source ORTHOPHOTO)

2.2 Géologie

La carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50000ème du secteur montre que la zone d'étude se situe au niveau des formations suivantes, sous les formations de surface (terre végétale, limon, ...) et remblais non mentionnés par la carte :

- Altération du substratum orthogneissique,
- Substratum orthogneissique,
- Présence de failles dans le secteur,
- Présence possible de filons indurés.



Extrait de la carte géologique (source infoterre)

2.3 Risques naturels (retrait-gonflement des argiles, radon, risque sismique, ...)

2.3.1 Aléas retrait-gonflement des argiles

D'après la carte d'exposition au retrait-gonflement des argiles établie par le BRGM (www.georisques.fr), le secteur d'étude ne se situe pas dans une zone d'exposition au retrait-gonflement des argiles.

2.3.2 Risque sismique

Selon le zonage sismique de la France (décret d'octobre 2010 entré en vigueur le 1er mai 2011), la commune de MOELAN-SUR-MER (29) est classée en zone d'aléa sismique 2 (aléa faible).

2.3.3 Radon

D'après la carte du Potentiel Radon de l'IRSN (source www.irsn.fr), la commune de MOELAN-SUR-MER (29) est classée en catégorie 3. Il conviendra de respecter les recommandations de l'IRSN afin de limiter les accumulations ou effet du radon sur la construction et les personnes.

3. RESULTATS ET INTERPRETATION DES SONDAGES : RAPPEL DE LA G2AVP

3.1 Sondages : lithologies

Les coupes des sondages sont jointes en annexes. Les profondeurs citées dans le présent rapport sont données par rapport au Terrain Naturel (T.N.) tel qu'il était lors de notre intervention (du 06 au 07/11/2024).

L'analyse des coupes lithologiques des différents sondages réalisés ont permis de mettre en évidence les couches suivantes :

Sondage (profondeur en m/TN)	SP1	T1	T2	T6	T7	T8
Couche TV : Terre végétale remblayé	-	-	-	-	-	-
Couche R1 : Remblais sableux marron gris à blocs et cailloux	0.00 à 0.50	0.00 à 0.80	-	-	0.00 à 0.80	0.00 à 0.25
Couche R2 : Remblais limoneux marron gris à gris noir à cailloux, blocs et béton localement	0.50 à 1.50	0.80 à 1.40	0.00 à 1.40	0.00 à 1.20	0.80 à 1.70	0.25 à 1.20
Couche 3 : Arène limono-sableuse gris à cailloux	1.50 à 2.60	1.40 à 2.60	1.40 à 2.40	1.20 à >2.00*	1.70 à >2.00*	1.20 à >2.00*
Couche 4 : Gneiss altéré à compact ocre gris	2.60 à > 3.50®	2.60 à > 3.10®	2.40 à > 2.80®	-	-	-

* : Arrêt volontaire du sondage ® : refus à la tarière mécanique

Remarques : nous avons rencontré du béton au droit de T2, pouvant correspondre à la présence d'un vestige enterré ou d'anciennes fondations.

Des odeurs suspectes (pouvant correspondre à de la pollution) ont été rencontrées dans nos sondages au droit des couches R1 et R2. Pour rappel, notre rapport ne concerne pas la recherche d'une éventuelle pollution.

L'épaisseur des différentes couches n'est certaine qu'au droit de nos sondages. La rencontre de vestiges enterrés et de remblais, même si non rencontrés au droit de nos sondages, ne peut être exclue.

3.2 Caractéristiques mécaniques

Les résultats des essais pressiométriques ont permis de caractériser les compacités au droit de chacune des couches rencontrées :

- En surface, **couche TV** : Terre végétale remblayé.
Ces matériaux sont très sensibles à l'eau et peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques chuter fortement par exposition à l'eau ;
- En surface, **couche R1** : Remblais sableux marron gris à blocs et cailloux.
- En surface, **couche R2** : remblais limoneux marron gris à gris noir à cailloux, blocs et béton localement : couche de compacité hétérogène (faible à moyenne) avec les valeurs pressiométriques suivantes :

$$0.13 \text{ MPa} \leq PI^* \leq 0.35 \text{ MPa.}$$

$$1.3 \text{ MPa} \leq Em \leq 3.3 \text{ MPa.}$$

Ces matériaux sont sensibles à l'eau et peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques chuter par exposition à l'eau ;

- Puis **couche 3** : Arène limono-sableuse gris à cailloux: couche de compacité moyenne, avec les valeurs pressiométriques suivantes :

$$0.48 \text{ MPa} \leq PI^* \leq 0.59 \text{ MPa.}$$

$$3.5 \text{ MPa} \leq Em \leq 6.0 \text{ MPa.}$$

Ces matériaux sont sensibles à l'eau et peuvent voir leurs caractéristiques mécaniques diminuer par exposition à l'eau.

- Puis **couche 4** : Gneiss altéré à compact ocre gris : couche de compacité élevée à très élevée avec les valeurs pressiométriques suivantes :

$$2.44 \text{ MPa} \leq PI^* \leq 2.61 \text{ MPa.}$$

$$17.3 \text{ MPa} \leq Em \leq 57.4 \text{ MPa.}$$

Il est probable que les modules pressiométriques Em soient localement bien plus élevés dans la couche 4.

3.3 Hydrogéologie

Nous avons rencontré de l'eau, au droit de nos sondages entre 0.70 et 3.00m de profondeur/TN. Ces niveaux d'eau pouvant traduire la présence d'une nappe au sein des couches R2, 3 et 4, dont le niveau peut remonter en périodes de remontes de nappes.

Une nappe de stagnation est possible au sein de la couche TV, R1, R2, 3 et 4 lors de forts épisodes pluvieux.

Le caractère ponctuel dans le temps de notre intervention ne permet pas d'affirmer qu'il n'y aura pas de venue d'eau lors des travaux de terrassement.

3.4 Réglementation parasismiques

Le projet abordé dans la présente étude est de catégorie d'importance II.

Selon l'Eurocode 8, pour un bâtiment de catégorie d'importance II situé en zone d'aléa sismique 2, l'application des prescriptions parasismiques particulières de l'Eurocode 8 n'est pas obligatoire.

4. PRINCIPE DE CONSTRUCTION : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION PHASE PROJET

4.1 Terrassements

4.1.1 Géométrie des terrassements

La cote NGF du niveau bas du vide sanitaire du bâtiment B ne nous a pas été transmise. Nous supposons, dans le présent rapport, que les terrassements en déblais (hors fouilles de fondation) auront une profondeur inférieure à 1.50m par rapport au TN.

Nous supposons également dans notre rapport qu'il n'y aura pas de mise en place de remblai technique de surélévation.

Le présent rapport est valable qu'avec ces hypothèses.

4.1.2 Terrassements

Les matériaux à terrasser seront ceux des couche TV, R1, R2, 3 et 4. Ces matériaux sont :

- De compacité faible au sein de la couche TV,
- De compacité hétérogène au sein des couches R1 et R2,
- De compacité moyenne au sein de la couche 3,
- De compacité élevée à très élevée au sein de la couche 4.

Les décaissements au sein de la couche R pourront se faire à l'aide d'une pelle mécanique classique. Cependant une pelle mécanique puissante associée à un BRH pourra s'avérer nécessaire pour les terrassements dans cette couche en cas de rencontre de gros blocs, de filons indurés ou en cas de rencontre de vestiges enterrés. Les terrassements dans les couches 3 et 4 nécessiteront l'emploi d'engins de forte puissance équipés d'outils adaptés (BRH, dent de déroctage ...) ou d'autres méthodes (ciment expansif, fraise hydraulique...)

Si l'emploi de BRH est nécessaire, il conviendra de prendre toutes les dispositions nécessaires vis à vis des avoisinants (attention aux vibrations).

En cas de rencontre de vestiges enterrés, de souches d'arbres, de matériaux évolutifs, remaniés et déconsolidés, remblais, rencontrés lors de l'ouverture des fouilles, il conviendra de les purger et de les substituer avec des matériaux de qualité de type 0/150 ou 0/80 insensibles à l'eau ($VBS < 0.1$), passants à $80 \mu m < 5\%$, $D_{10} > 1 \text{ mm}$), et durs ($MDE < 45$) et chimiquement inerte.

On veillera en phase chantier et en phase définitive à garantir l'intégrité des ouvrages et constructions avoisinantes.

NOTA : Compte tenu de la sensibilité à l'eau des couches R1, R2 et 3, nous recommandons de réaliser les terrassements en périodes météorologiques favorables. Si les travaux ont lieu en période défavorable ou si le fond de forme présentait une teneur en eau trop importante, le cloutage du fond de forme et la pose d'un géotextile pourra s'avérer nécessaire, pouvant engendrer un surcoût non négligeable.

4.1.3 Stabilité des talus de déblais

Dans les couches R, 1 et 2, les talus en déblai provisoires pourront être créés avec une pente de 3H/2V (3 horizontalement pour 2 verticalement). Ces préconisations sont valables en l'absence de problème d'emprise et pour des hauteurs de terrassement en déblais inférieurs à 1.50m.

En phase définitive, les éventuels talus en déblais dans les couches R, 1 et 2 pourront être créés avec une pente de 2H/1V (2 horizontalement pour 1 verticalement). Ces préconisations sont valables en l'absence de problème d'emprise et pour des hauteurs de terrassement en déblai inférieures à 1.00m en phase définitive.

Si ces pentes de talutages ne sont pas possibles par manque d'emprise, des soutènements de type provisoires et définitifs, dimensionnés en conséquence, seront mis en place.

4.1.4 Drainage

En phase chantier, et en fonction de la date de réalisation des terrassements, des arrivées d'eau pouvant être importantes seront possibles (ruissèlements, remontées, nappe de stagnation lors de forts épisodes pluvieux). Un pompage (pouvant être important) pourra alors s'avérer nécessaire afin d'épuiser les venues d'eau et d'assécher la plateforme de terrassement généraux.

On prendra toutes les dispositions nécessaires afin de protéger la plate-forme des ruissellements et des précipitations directes.

On envisagera de modeler les arases en toit avec une pente d'au moins 2% pour permettre l'évacuation des eaux de surface vers des fossés périphériques et rejet des eaux vers un exutoire gravitaire ou par pompage.

En phase définitive, Toute infiltration d'eau au niveau des fondations sera proscrite. Un drainage périphérique sera mis en place en respectant le DTU 20.1. Les eaux de ruissellement et de toiture seront soigneusement collectées (drainage amont, gouttières, contre-pente...) et évacuées vers un exutoire dimensionné de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

Le risque de remontée d'eau par capillarité sera compensé par tout moyen permettant de garantir la coupure capillaire vis-à-vis des soubassements et du plancher porté.

En phase définitive pour les murs enterrés du bâtiment (vide sanitaire) : Si la vision des suintements à l'intérieur des voiles est acceptée par le maître d'ouvrage les murs enterrés pourront être protégés des infiltrations d'eau conformément au DTU 20.1, à savoir par imperméabilisation des voiles enterrés, drainage vertical (de type delta MS, enkadrin, ou équivalent) en liaison avec le drainage périphérique horizontal. De plus, et en fonction de la hauteur du vide-sanitaire, des tranchées drainantes seront mise en place dans le vide sanitaire et reliées vers un exutoire avec pompes de relevage dimensionnées en conséquence (si la présence d'eau dans le vide sanitaire en période de remontée de nappe n'est pas admise).

4.2 Modèle géotechnique

Nous avons retenu un modèle géotechnique pour l'ensemble du site. Le modèle géotechnique retenue pour les calculs (au stade de la phase projet), sur la base des investigations réalisées, est la suivante :

Formation	Caractéristiques pressiométriques			Caractéristiques géomécaniques			
	PI* (MPa)	Em (MPa)	Es (MPa)	α	γ (kN/m³)	C' (kPa)	ϕ' (°)
Couche TV : Terre végétale remblayé	-	-	-	-	18	0	25
Couche R1 : Remblais sableux marron gris à blocs et cailloux	-	-	-	-	18	0	25
Couche R2 : Remblais limoneux marron gris à gris noir à cailloux, blocs et béton localement	0.1	1	1.5	2/3	18	0	25
Couche 3 : Arène limono-sableuse gris à cailloux	0.4	3	6	1/2	19	2	25
Couche 4 : Gneiss altéré à compact ocre gris	2.4	15	30	1/2	20	5	30

4.3 Principe de Fondations

Pour les fondations, 2 solutions sont envisageables, à savoir :

- Solution 1 : fondations de types massifs isolés/puits associés à des longrines, solution développée au chapitre 4.4,
- Solution 2 : renforcement de sol par inclusions rigides, solution développée au chapitre 4.5.

4.4 Fondations : solution 1 : massifs isolés/puits

4.4.1 Principe de fondations :

Les fondations du bâtiment pourront être semi-profondes de types massifs isolés/puits associés à des longrines, ancrées de 30cm minimum dans la couche 4, y compris vis-à-vis de l'arase terrassement, avec rattrapage des surprofondeurs en gros béton.

Tout ancrage dans les couches TV, R1, R2 et 3 est à exclure.

Les profondeurs d'ancrage au droit de nos sondages seront au minimum de :

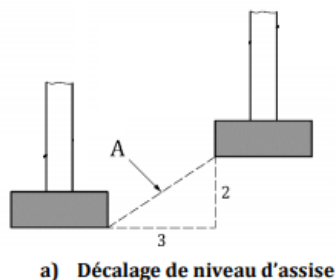
Sondages	SP1	T1	T2
Cote NGF des sondages	52.2	52.2	52.1
Profondeur minimum d'ancrage (m/TN le jour de notre intervention)	≥ 2.9	≥ 2.9	≥ 2.7
Profondeur minimum d'ancrage (m NGF)	≤ 49.3	≤ 49.3	≤ 49.4

Dans tous les cas, la mise hors-gel des fondations devra être respectée, à savoir à une profondeur minimum de 0.50m par rapport au sol périphérique fini.

Compte tenu des profondeurs à atteindre, nous déconseillons la réalisation de semelles filantes.

Compte tenu de la présence d'eau à faible profondeur et du risque d'éboulement des parois, les fouilles des fondations seront réalisées par havage ou selon la technique pieux (tarière).

La règle des fondations à niveaux décalées devra être respectée : il faudra respecter une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de semelles voisines (DTU 13.1, de septembre 2019) pour les semelles isolées.



Légende

- A Pente 3 pour 2
- B Pente 3 pour 1

Afin d'éviter une altération du fond des fouilles de fondation, celles-ci devront être protégées immédiatement par un béton de propreté. Si des fonds de fouilles de fondation se retrouvent

détériorés par les eaux de pluie avant le coulage du béton, elles seront purgées et substituées par un gros béton sur la hauteur des sols détériorés par la pluie.

En cas de rencontres de poches décomprimées, matériaux meubles, traces de dessouchage d'arbres, d'éventuels vestiges enterrés, anciennes fondations, etc..., il faudra les purger et les substituer par un gros béton avant le coulage des fondations.

Des surépaisseurs des couches R1, R2 et 3 sera possible à l'échelle du projet (comme au droit de T2 par exemple), ce qui impliquera des approfondissements locaux de l'assise des fondations, avec un rattrapage en gros béton.

Il faudra blinder les fouilles au-delà de 1.30m de profondeur.

Des joints de rupture complets seront mis en œuvre entre les parties différemment fondées et chargées de la construction.

4.4.2 Ebauche pré-dimensionnelle de fondations

Le calcul de la capacité portante des fondations a été calculé conformément à la méthode pressiométrique de la norme NF P 94-261 « Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles ».

Pour les calculs, nous avons considéré :

- P_{le}^* = pression limite nette équivalente = 2.0 MPa pour la couche 4
- k_p = facteur de portance pressiométrique = 0.8
- i_δ = coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement = 1 pour une charge verticale centrée
- i_β = coefficient de réduction de portance lié à la proximité d'un talus en pente = 1 (pour une charge éloignée au minimum de 8B d'un talus).

qnet = 1.6

Compte tenu du risque de remaniement du sol d'assise à l'exécution nous préconisons de limiter les contraintes de calcul à :

$$\begin{aligned} \underline{q_{ELU\ F\ et\ S} \leq 0,65\ MPa} \\ \underline{q_{ELU\ A} \leq 0,76\ MPa} \\ \underline{q_{ELS\ QP\ et\ C} \leq 0,40\ MPa} \end{aligned}$$

4.4.3 Tassements

A titre d'exemple, les tassements attendus sous les fondations sous une contrainte de 0.40 MPa à l'ELS sont :

- Pour un massif carré de 1.0m² (1.0 x 1.0m) et pour des charges centrées ne dépassant pas 40.0 T aux ELS par massif, les tassements seront inférieurs au centimètre sous
- Géo²Concept – ZA de Lannuzel 29460 DIRINON – Tél : 02 98 34 11 61
SIRET : 894 384 064 00016 – contact@geo2concept.fr

réserve d'une bonne exécution des terrassements et du respect des conditions d'ancrage.

- Pour un massif carré de 2.25m² (1.50 x 1.50m) et pour des charges centrées ne dépassant pas 90.0 T aux ELS par massif, les tassements seront inférieurs au centimètre sous réserve d'une bonne exécution des terrassements et du respect des conditions d'ancrage.
- Pour un massif carré de 4.00m² (2.00 x 2.00m) et pour des charges centrées ne dépassant pas 160.0 T aux ELS par massif, les tassements seront inférieurs au centimètre sous réserve d'une bonne exécution des terrassements et du respect des conditions d'ancrage.
- Pour un massif circulaire de 0.78m² (diamètre de 1.00m) et pour des charges centrées ne dépassant pas 31.2 T aux ELS par massif, les tassements seront inférieurs au centimètre sous réserve d'une bonne exécution des terrassements et du respect des conditions d'ancrage,
- Pour un massif circulaire de 1.76m² (diamètre de 1.50m) et pour des charges centrées ne dépassant pas 70.4 T aux ELS par massif, les tassements seront inférieurs au centimètre sous réserve d'une bonne exécution des terrassements et du respect des conditions d'ancrage.

4.4.4 Sujétions d'exécution

Les sujétions d'exécution suivantes devront être respectées :

- respect d'un niveau d'ancrage des fondations de 0.30m au sein de la couche 4, et respect des critères développés au chapitre 4.2.1,
- surface minimale des fondations de 0,50 m² pour les massifs isolés/puits.
- respect des règles de fondations à niveaux décalés,
- mise en place d'un béton de propreté immédiatement après l'ouverture des fouilles de fondations,
- en cas de présence d'eau, il conviendra d'utiliser un béton fortement dosé et de prévoir un pompage,
- rattrapage en gros béton des variations possibles du niveau d'assise des fondations, en relation avec la fluctuation du toit du niveau d'ancrage,
- purge et substitution par un gros béton en cas de découverte de vestiges enterrés, de niveaux décomprimés, de sols organiques, d'anciennes souches d'arbres et des sols foisonnés associés,
- blindage des fouilles des massifs au-delà de 1.30m de profondeur,
- Il conviendra de prendre toutes les dispositions nécessaires vis à vis des avoisinants, notamment si l'emploi du BRH est nécessaire,
- Bétonnage à l'avancement des fondations : on privilégiera le travail par beau temps. S'il pleut, on veillera à ne pas laisser s'installer une stagnation d'eau dans les fouilles.

4.5 Fondations : solution 2 : renforcement de sol

Une autre solution est envisageable pour les fondations, à savoir un renforcement de sol par inclusions rigides puis réalisation de fondations de type semelles filantes qui reposeront sur les inclusions rigides (dans ce cas les inclusions rigides seront de types colonnes à module contrôlé sans matelas de répartition).

Il s'agit d'une technique d'entreprise sous cahier des charges spécifiques, le dimensionnement des inclusion rigides sera à réaliser par l'entreprise travaux dans le cadre de sa mission G3. L'entreprise travaux devra s'assurer de la faisabilité de ces méthodes au vu du contexte géotechnique du site (couche 4 de compacité élevée à très élevée pouvant amener un refus prématuré des inclusions rigides, gros blocs et vestiges enterrés présent dans la couche R).

La longueur et le diamètre des inclusions et la largeur des semelles filantes dépendront des charges à reprendre (qui seront de 30 à 190 kN/ml aux ELS caractéristiques). Les inclusions rigides devront être ancrées suffisamment dans la couche 4 (gneiss altéré à compact), l'entreprise travaux devra s'assurer de ne pas avoir de refus prématuré des inclusions rigides dans la couche 4.

Le béton employé pour les inclusions rigides devra être conforme au degré d'agressivité de l'environnement influencé, les inclusions devront être résistantes aux éventuelles agressions chimiques.

Il faudra mettre en place une plateforme de chantier suffisamment épaisse et portante pour assurer la traficabilité et le travail des machines d'inclusions rigides et engins de chantier. **Les gros blocs, vestiges enterrés et réseaux présent dans les couches R1, R2 et 3 devront être purgés avant la réalisation des inclusions rigides.**

L'entreprise travaux pourra proposer des variantes de fondations à dimensionner dans le cadre de sa mission G3 (par exemple inclusions rigides avec matelas de répartition).

4.6 Dallage

Le niveau bas du projet est prévu en plancher porté par les fondations sur vide sanitaire.

4.7 Voiries

Dans le cadre du projet, il est également prévu la création de parking et de voiries.

4.7.1 Préparation de la plateforme

Dans un premier temps il conviendra de purger et substituer les couches TV, R1 et R2 sur 1m minimum, de purger d'éventuels systèmes racinaires et de purger et substituer toutes éventuelles poches de matériaux foisonnés, décomprimés ou organiques et tout vestiges enterrés.

La substitution de 1.00m d'épaisseur minimum devra être réalisée avec des matériaux d'apports de type 0/150, insensibles à l'eau ($VBS < 0.1$), passants à $80\ \mu m < 5\%$, $D_{10} > 1\ mm$, et durs (LOS et $MDE < 45$) et chimiquement inerte. Ces matériaux seront compactés par couches successives pour un objectif de densification q_3 , réceptionnées à $EV2 > 50\ MPa$.

Les poches de sols médiocres et détériorés par les engins de terrassement ou les eaux de pluie seront également purgées et substituées.

Après purge et substitution comme indiqué ci-dessus, le fond de forme sera constitué de :

- Soit par la substitution mise en place.
- Soit par les arènes limono-sableuses (couche 3) de compacité moyenne.

En cas de rencontre de filons indurés ou du gneiss compact- au niveau du projet, il conviendra de le dérocter sur au moins 40cm ceci afin de minimiser les risques de désordres dans la dalle béton par phénomène de points durs rocheux.

On veillera à assainir la couche de forme par des drains, ce qui nécessitera de penter les arases à 2%, de donner une pente aux drains et de les relier à un exutoire à définir.

NOTA : Compte tenu de la sensibilité à l'eau des couches R1, R2 et 3, nous recommandons de réaliser les terrassements en périodes météorologiques favorables. Si les travaux ont lieu en période défavorable ou si le fond de forme présentait une teneur en eau trop importante, le cloutage du fond de forme et la pose d'un géotextile pourra s'avérer nécessaire, pouvant engendrer un surcoût non négligeable.

4.7.2 Couche de forme sous voiries et critères de réception

Le projet comporte la réalisation de parkings / voiries légères à lourdes avec un faible trafic. Une couche de forme devra être mise en place afin d'obtenir une plateforme support de

chaussée de type PF2 avec pour objectif d'essai à la plaque mesurés (selon le mode opératoire LCPC) : $EV2 > 50$ MPa, et avec un rapport de compactage $EV2/EV1 < 2.0$.

Avec un fond de forme constitué par la substitution mis en place sur le premier mètre l'épaisseur de la couche de forme à mettre en place sera de 0.30m minimum et sera constitué de :

- 0.20m de 0/60mm compactés à q3,
- Fermé par une couche de réglage de 0.10m de 0/31.5 compacté à q3,
- Elle sera contrôlée par des essais à la plaque avec pour objectif $EV2 > 50$ MPa, $EV2/EV1 < 2.0$.

Avec un fond de forme constitué par les arènes limono-sableuses (couche 3) l'épaisseur de la couche de forme à mettre en place sera de 0.60m minimum et sera constitué de :

- 0.50m de 0/60mm compactés à q3,
- Fermé par une couche de réglage de 0.10m de 0/31.5 compacté à q3,
- Elle sera contrôlée par des essais à la plaque avec pour objectif $EV2 > 50$ MPa, $EV2/EV1 < 2.0$.

Les matériaux de couche de forme seront propres ($VBS < 0.1$), bien gradués (passants à 80 $\mu m < 5\%$; $D_{10} > 1.0$ mm), durs et non gélifs (LOS et $MDE < 45$) et chimiquement inerte.

Notre mission G2PRO se termine à la remise du présent rapport.

Nous restons à la disposition de la société AIGUILLON CONSTRUCTION et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

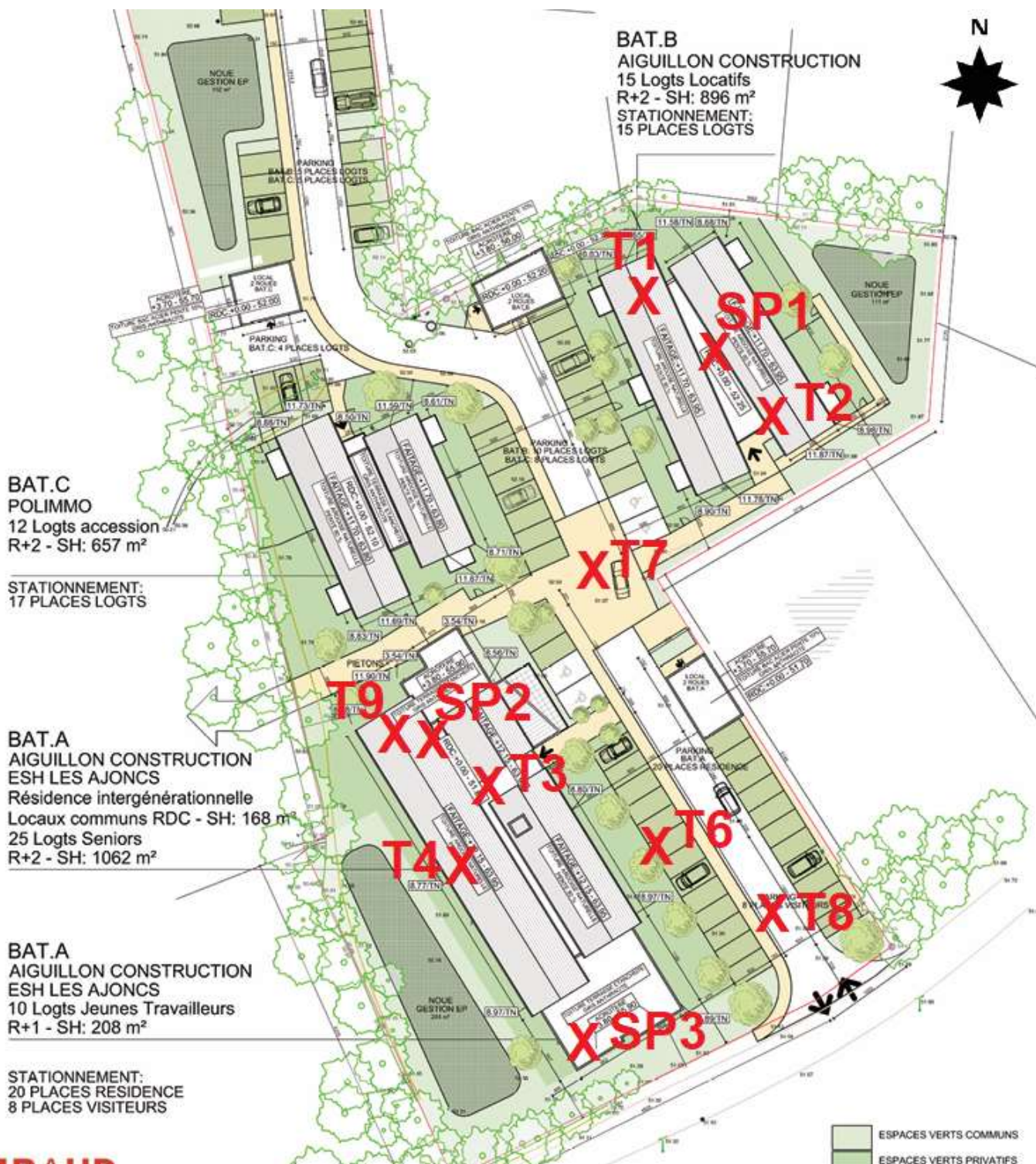
Rédacteur : Gaelan LEPORCHER – chargé d'études géotechnique

Relecteur : Benoît GAC – chargé d'affaires géotechnique

Date : 17/06/2025

ANNEXE

PLAN D'IMPLANTATION



COUPES DES SONDAGES

Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER

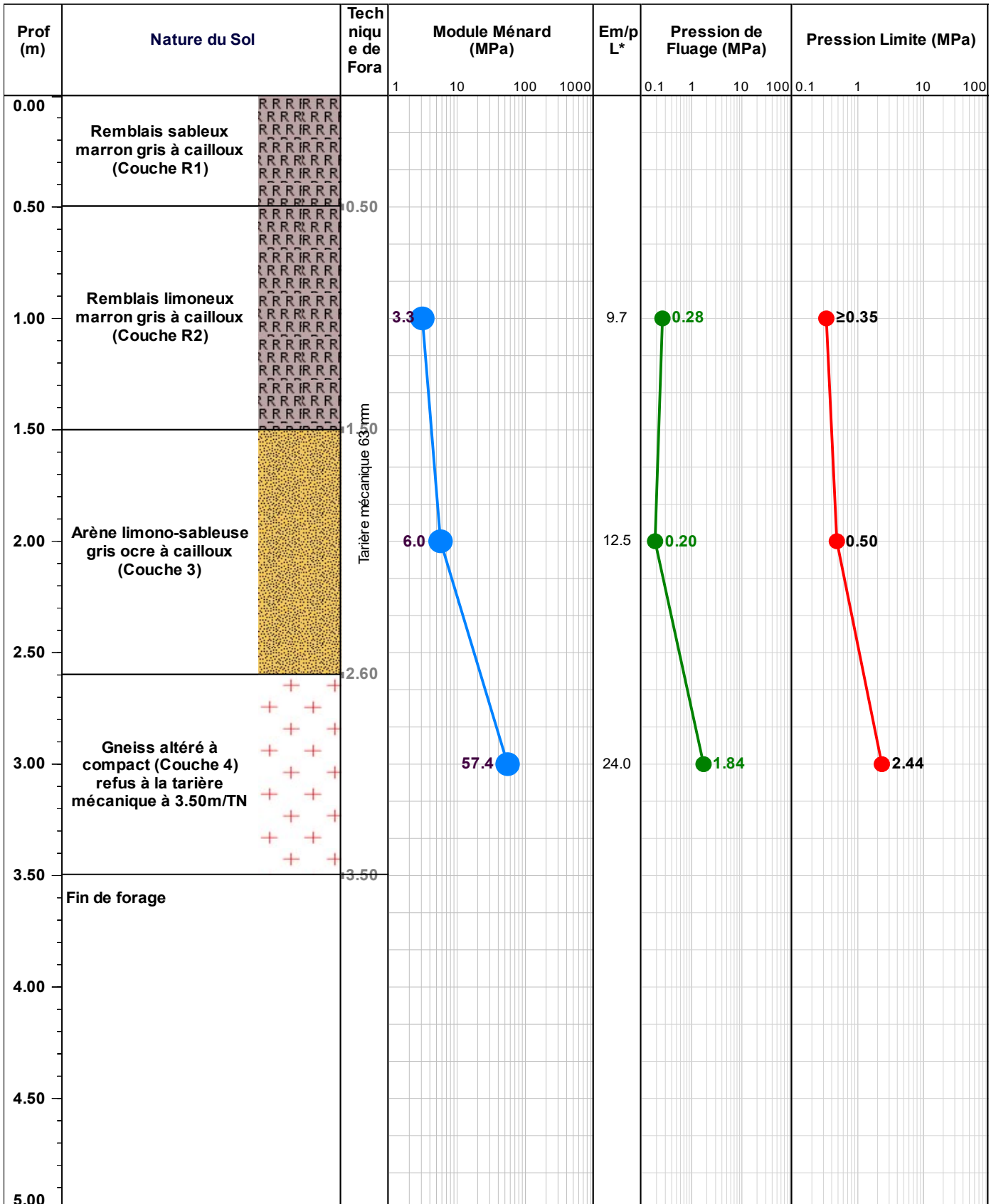
Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 07/11/2024

FORAGE PRESSIOMETRIQUE SP1

Eau: arrivée d'eau à 0,70m de profondeur/TN

N° d'affaire : G2060



Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER

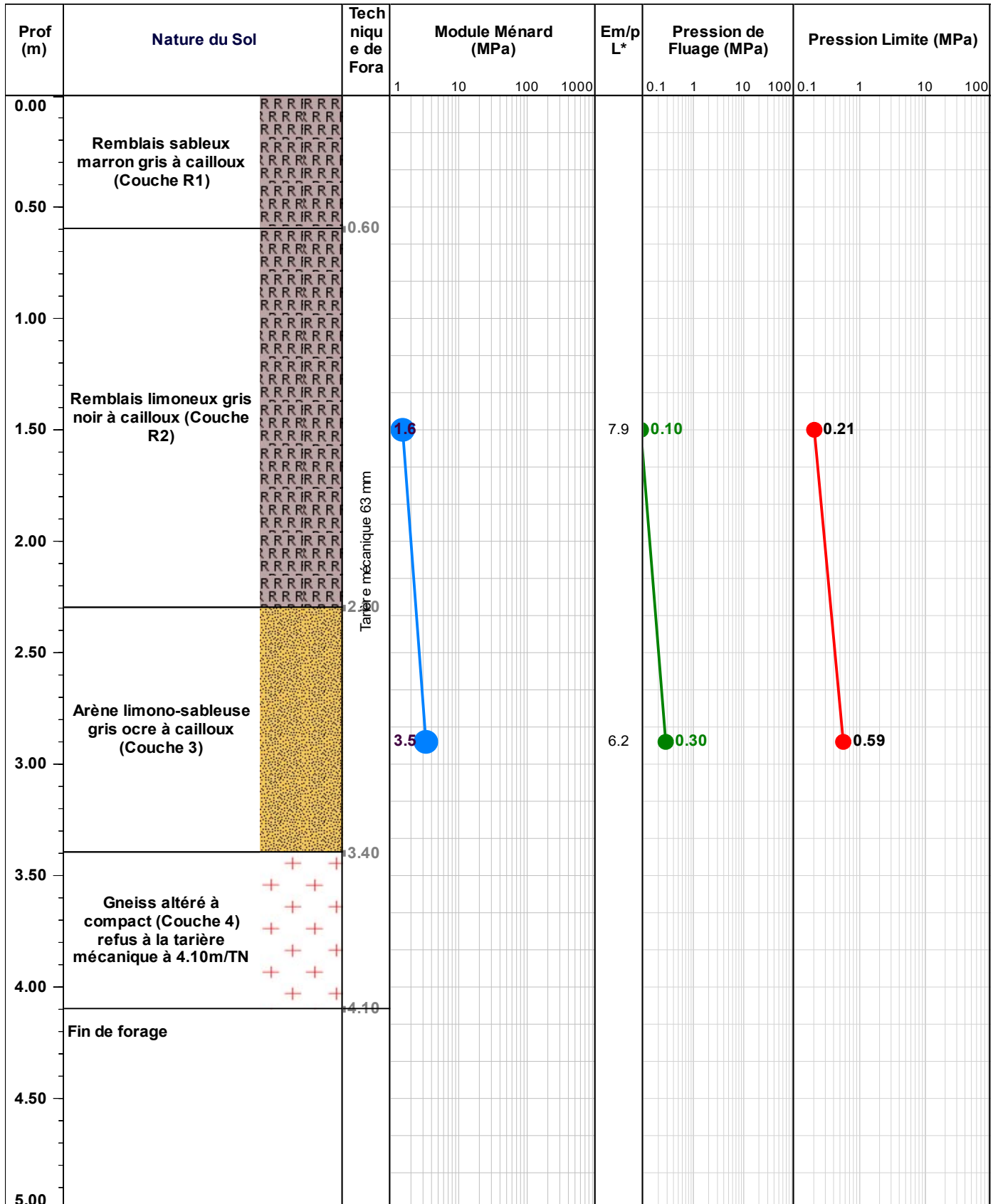
Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 07/11/2024

FORAGE PRESSIOMETRIQUE SP2

Eau: arrivée d'eau à 3,00m de profondeur/TN

N° d'affaire : G2060



Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER

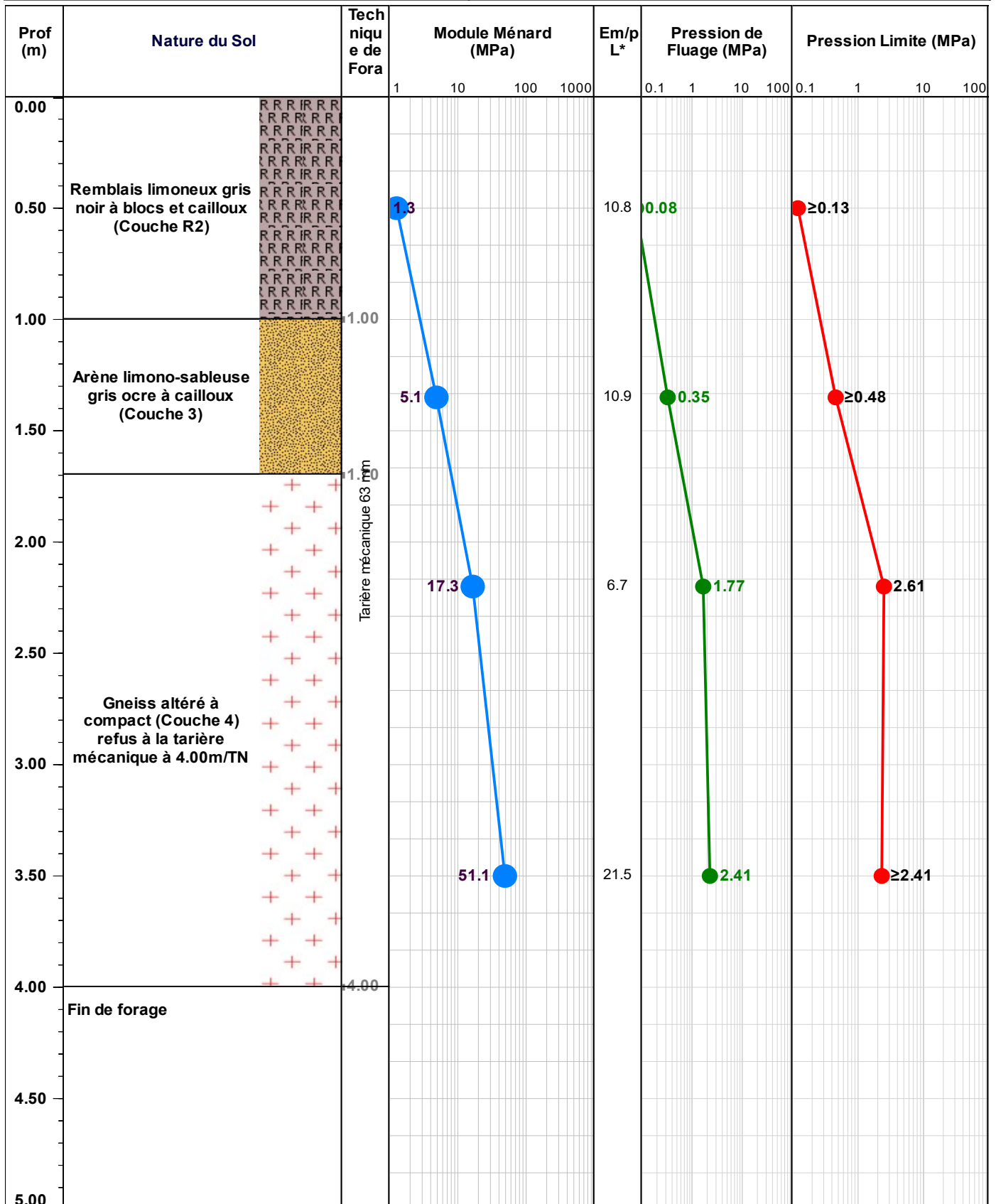
Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 07/11/2024

FORAGE PRESSIOMETRIQUE SP3

Eau: arrivée d'eau à 2,00m de profondeur/TN

N° d'affaire : G2060



Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER

Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 06/11/2024

FORAGE GEOLOGIQUE T1

Eau: arrivée d'eau à 1,70m de profondeur/TN

N° d'affaire : G2060

Prof (m)	Nature du Sol	Technique de Forage	Niveau d'eau	Observations
0.00	Remblais sableux marron gris à blocs et cailloux (Couche R1)	Tarière mécanique 63 mm	1.70	
0.50				
1.00				
1.50				
2.00				
2.50	Arène limono-sableuse gris ocre à cailloux (Couche 3)			
3.00				
3.10	Gneiss altéré à compact (Couche 4) refus à la tarière mécanique à 3.10m/TN			
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER


Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 06/11/2024

FORAGE GEOLOGIQUE T2

Eau: arrivée d'eau à 1,10m de profondeur/TN

N° d'affaire : G2060

Prof (m)	Nature du Sol	Technique de Forage	Niveau d'eau	Observations
0.00	Remblais limoneux marron gris à blocs et cailloux (Couche R2)	Tarière mécanique 63 mm	1.10 	
0.50				
1.00				
1.40				
1.50				
2.00	Aène limono-sableuse gris ocre à cailloux (Couche 3)			
2.40				
2.50	Gneiss altéré à compact (Couche 4) refus à la tarière mécanique à 2.80m/TN			
2.80				
3.00				
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER


Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 06/11/2024

FORAGE GEOLOGIQUE T3

Eau: arrivée d'eau à 1,70m de profondeur/TN

N° d'affaire : G2060

Prof (m)	Nature du Sol	Technique de Forage	Niveau d'eau	Observations		
0.00	Remblais limoneux marron gris à cailloux (Couche R2)	Tarière mécanique 63 mm	<div>1.70</div> 			
0.50						
1.00						
1.50						
2.00					Arène limono-sableuse gris ocre à cailloux (Couche 3)	
2.50						
3.00						Gneiss altéré à compact (Couche 4) refus à la tarière mécanique à 3.40m/TN
3.50						
4.00						
4.50						
5.00						

Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER


Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 06/11/2024

FORAGE GEOLOGIQUE T4

Eau: arrivée d'eau à 1,70m de profondeur/TN

N° d'affaire : G2060

Prof (m)	Nature du Sol	Technique de Forage	Niveau d'eau	Observations
0.00	Remblais sableux marron gris à cailloux (Couche R1)	Tarière mécanique 63 mm	<div>1.70</div> 	
0.50				
1.00				
1.50	Remblais limoneux marron gris à cailloux (Couche R2)			
2.00				
2.50				
3.00	Arène limono-sableuse gris ocre à cailloux (Couche 3)			
3.50				
4.00	Gneiss altéré à compact (Couche 4) refus à la tarière mécanique à 3.00m/TN			
4.50				
5.00				

Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER

Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 06/11/2024

FORAGE GEOLOGIQUE T5

Eau: pas de rencontre d'eau

N° d'affaire : G2060

Prof (m)	Nature du Sol	Technique de Forage	Niveau d'eau	Observations
0.00	Remblais sableux marron gris à cailloux (Couche R1)	Tarière mécanique 63 mm		
0.50				
1.00	Remblais limoneux marron gris à cailloux (Couche R2)			
1.50	Arène limono-sableuse gris ocre à cailloux (Couche 3)			
2.00				
2.50				
3.00				
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER

Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 06/11/2024

FORAGE GEOLOGIQUE T6

Eau: arrivée d'eau à 1,80m de profondeur/TN

N° d'affaire : G2060

Prof (m)	Nature du Sol	Technique de Forage	Niveau d'eau	Observations
0.00	Remblais limoneux marron gris à cailloux (Couche R2)	Tarière mécanique 63 mm	1.80	
0.50				
1.00	Arène limono-sableuse gris ocre à cailloux (Couche 3)	1.20	1.80	
1.50				
2.00		2.00		
2.50				
3.00				
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER

Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 06/11/2024

FORAGE GEOLOGIQUE T7

Eau: pas de rencontre d'eau

N° d'affaire : G2060

Prof (m)	Nature du Sol	Technique de Forage	Niveau d'eau	Observations
0.00	Remblais sableux marron gris à blocs et cailloux (Couche R1)	Tarière mécanique 63 mm		
0.50				
1.00	Remblais limoneux gris noir à cailloux (Couche R2)			
1.50	Arène limono-sableuse gris ocre à cailloux (Couche 3)	0.80		
2.00		1.70		
2.50		2.00		
3.00				
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER

Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 06/11/2024

FORAGE GEOLOGIQUE T8

Eau: pas de rencontre d'eau

N° d'affaire : G2060

Prof (m)	Nature du Sol	Technique de Forage	Niveau d'eau	Observations
0.00	Remblais sableux marron gris à cailloux (Couche R1)	Tarière mécanique 63 mm		
0.25				
0.50	Remblais limoneux marron gris à cailloux (Couche R2)			
1.00		Tarière mécanique 63 mm		
1.20				
1.50	Arène limono-sableuse gris ocre à cailloux (Couche 3)	Tarière mécanique 63 mm		
2.00				
2.50		Tarière mécanique 63 mm		
3.00				
3.50		Tarière mécanique 63 mm		
4.00				
4.50		Tarière mécanique 63 mm		
5.00				

Projet: Etude G2AVP - Construction de 2
bâtiments de logements - MOELAN-SUR-MER

Client : AIGUILLON CONSTRUCTION

Date : 07/11/2024

FORAGE GEOLOGIQUE T9

Eau: pas de rencontre d'eau

N° d'affaire : G2060

Prof (m)	Nature du Sol	Technique de Forage	Niveau d'eau	Observations
0.00	Terre végétale remblayée (Couche TV)			
0.50	Béton (Couche R2) refus à la tarière mécanique à 1.00m/TN			
1.00				
1.50				
2.00				
2.50				
3.00				
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

EXTRAIT NORME NFP 94-500

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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.

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.

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique**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).