

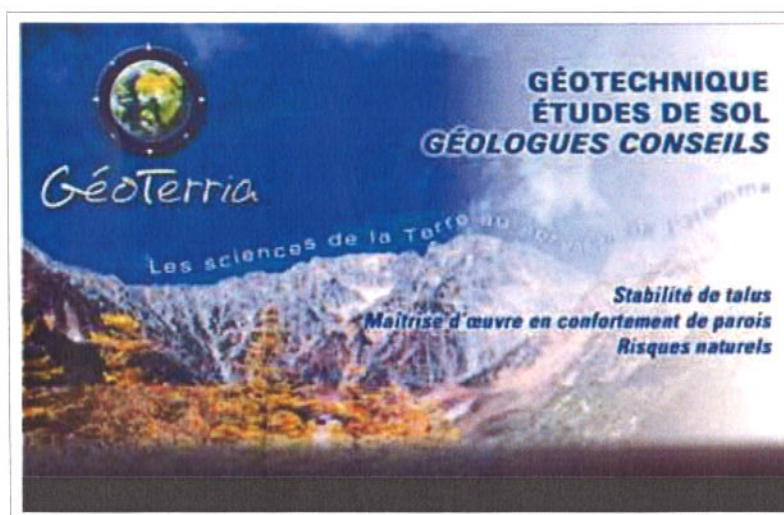
Demandeur:

CARSAT SUD-EST

35, rue George
13 386 MARSEILLE CEDEX 20

35, rue George
Commune de MARSEILLE (13)

Étude géotechnique G1 pour un projet de construction



22 février 2022

**Un bureau d'études d'ingénierie géotechnique au service des bâtisseurs
Des outils performants et des conseils qui vont à l'essentiel**

Nous menons nos expertises dans le souci permanent de vous fournir la connaissance la plus approfondie de votre terrain afin que vous puissiez prendre vos dispositions en toute connaissance de causes, avant travaux.

Nous faisons l'inventaire des risques naturels éventuels qui pourraient affecter votre terrain et nous évaluons les conséquences des travaux envisagés sur la sécurité des propriétés voisines. Nous répondons ainsi aux exigences des autorités municipales dans les zones où le plan d'occupation des sols est réglementé par un Plan de Prévention des Risques (P.P.R.). Une fois les risques identifiés par des observations de terrain, nous préconisons les solutions qui s'imposent pour que la sécurité des biens et des personnes soit assurée après construction. Nous formulons toutes les recommandations qui s'imposent afin que vos projets ne soient pas à l'origine du déclenchement d'événements qui pourraient être préjudiciables à autrui (glissement de terrain, éboulement, modification du schéma de ruissellement des eaux pluviales).

L'analyse du sous-sol, qui va permettre de choisir et de dimensionner le type de fondations le plus adapté à votre projet, est effectuée en réalisant des reconnaissances in-situ sur votre terrain. Nous exécutons un nombre variable de sondages avec un pénétromètre hydraulique PAGANI TG 64-100, SOCOMAFOR 15 ou au pénétromètre dynamique portable DPM30 dans n'importe quelles situations d'accessibilité. Pour des bâtiments plus importants, pour des ouvrages d'art ou simplement pour détecter les anomalies profondes du sous-sol, nous pouvons exécuter tous les types de sondages avec enregistrement des paramètres de la foration, essais pressiométriques ou sondages carottés grâce à notre foreuse polyvalente EMCI E 4.50. Notre laboratoire de mécanique des sols nous permet de réaliser les principaux essais d'identification sur échantillons de sol ainsi que les essais mécaniques nécessaires au dimensionnement des voiries ou des plateformes support de dallage (essais PROCTOR, CBR ou essais à la plaque sur site).

Notre équipe d'ingénieurs et de techniciens spécialisés est à votre service pour effectuer tout type d'expertises sur bâtiments sujets à fissuration ou pour étudier toute solution de fondations spéciales, de la préconisation, au dimensionnement et jusqu'au suivi d'exécution. Notre bureau d'études est à votre disposition pour assurer toutes les missions géotechniques décrites dans la norme AFNOR NF P 94-500 de Novembre 2013 dans l'application de l'EUROCODE 7.

INTERVENTION DANS TOUTE LA RÉGION PACA



Géoterrria

Bureau d'études géotechniques

42 avenue Irène et Jean-Frédéric Joliot Curie
Z.I. Toulon Est - 83130 LA GARDE

Adresse postale : B.P. 540 - 83041 TOULON Cedex 9

Tél : 04 94 27 87 40 - Fax : 04 94 27 89 98
contact@geoterrria.com - www.geoterrria.fr



SOMMAIRE

1	Objet de l'étude	2
2	Présentation du projet	3
3	Situation géographique	3
3.1	Description du site	3
3.2	Topographie	3
4	Géologie – Hydrogéologie	4
4.1	Contexte géologique	4
4.2	Hydrogéologie	4
5	Situation du terrain par rapport aux risques naturels	7
6	Synthèse des risques géotechniques	8
7	Investigations	9
7.1	Personnel	9
7.2	Sondages pressiométriques	9
7.3	Essais Lefranc	10
8	Contexte géotechnique	11
8.1	Investigations géotechniques	11
8.2	Agressivité du milieu vis-à-vis des bétons de fondations (NF EN 206-CN)	12
8.2.1	Prélèvements	12
8.2.2	Résultats	12
8.3	Perméabilité des terrains en présence	14
8.4	Essais en laboratoire	15
9	Application au projet	16
9.1	Principe de fondations	16
9.1.1	Principe	16
9.1.2	Sujétions d'exécution	16
9.2	Niveau bas	17
9.3	Terrassement - soutènement	17
9.4	Démolition des existants	18
9.5	Drainage - Etanchéité	18
10	Recommandations	18
11	Utilisation du rapport de l'étude	19

ANNEXES

- Carte de situation géographique (GÉOPORTAIL).
- Vue aérienne (GÉOPORTAIL).
- Plan de masse État des Lieux avec situation des sondages.
- Coupes des sondages pressiométriques SP1 à SP3.
- Coupes des sondages destructifs RT1 à RT3.
- Résultats des essais Lefranc.
- Résultats des essais en laboratoire.
- Schéma d'enchaînement des missions géotechniques.
- Classification des missions géotechniques.
- Attestations d'assurance.

1 OBJET DE L'ÉTUDE

Le **CAISSE D'ASSURANCE RETRAITE ET DE LA SANTE AU TRAVAIL SUD-EST** a confié à la société d'ingénierie géologique **GÉOTERRIA** une mission d'étude géotechnique dans le cadre d'un projet de construction sur la commune de MARSEILLE (13).

Cette étude correspond à une étude géotechnique préalable, **mission de type G1**, au sens de la Norme Française NF-P-94 500 de novembre 2013 concernant la définition des missions géotechniques.

Cette mission comprend une phase **Etude de Site (ES)** et une phase **Principes Généraux de Construction (PGC)**.

Cette étude présente les résultats de la campagne de sondages réalisée du 19 au 22 octobre 2021 afin de définir les principes généraux de construction du terrain.

Lorsque le projet sera défini au stade Avant-Projet, une mission géotechnique complémentaire de type G2 AVP devra être engagée par l'acquéreur.

Les investigations entreprises dans le cadre de cette mission comprennent :

- **3 sondages pressiométriques** SP1 à SP3 descendus entre **11,99 et 12,65 m** de profondeur.
- **3 sondages destructifs** RT1 à RT3 descendus entre **12,04 et 12,05 m** de profondeur.
- La fourniture et la mise en place de **piézomètres Ø 41/48 mm** dans les forages SP1, SP2 et SP3.
- **3 essais de perméabilité de type Lefranc** afin de mesurer les capacités d'infiltration de l'eau dans le sol.
- **3 identifications GTR** sur les échantillons prélevés comprenant une mesure de la teneur en eau, une analyse granulométrique et une mesure VBS.
- **1 analyse de l'agressivité de l'eau et des sols vis-à-vis du béton** (norme NF EN 206-CN).

Ces sondages doivent permettre de fournir :

- **Le contexte géologique et hydrogéologique du sous-sol.**
- **La résistance des différents horizons lithologiques du sous-sol.**

L'interprétation de ces paramètres doit permettre de :

- **Donner une première identification des risques géologiques.**
- **Fournir un modèle géologique préliminaire.**
- **Déterminer certains principes généraux d'adaptation du projet au site (mode de fondation, modalités de terrassement, modalités de drainage et d'évacuation des eaux).**

2 PRÉSENTATION DU PROJET

La Carsat du Sud-Est envisage un projet de construction d'un nouveau bâtiment tertiaire sur son emprise foncière actuelle afin d'héberger environ 1000 salariés, y compris des surfaces logistiques, restaurant d'entreprise, surfaces techniques et parc de stationnement sur la parcelle 820 C 207, après démolition du bâtiment CHAVE et SAKAKINI.

La parcelle 820 C 207 comportant également l'IGH Verdun, il en résultera une division foncière de cette parcelle.

En première approche, il est envisagé la construction d'un bâtiment de type R+5 à R+6 sur deux niveaux de sous-sols.

L'implantation précise de cet ouvrage n'est actuellement pas connue.

3 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

3.1 DESCRIPTION DU SITE

Le projet est situé dans le centre de la commune de MARSEILLE (13), 35 Rue George.

La parcelle concernée par le projet est inscrite au cadastre sous la référence 820 C 207 et présente une surface de 12 182 m².

Lors de notre intervention, le terrain d'étude était occupé par un ensemble immobilier tertiaire comprenant sept bâtiments de type RDC à R+13, de trois générations différentes :

- Le bâtiment « Verdun » de type R+13 sur deux niveaux de sous-sols.
- La « Galette Informatique » en simple RDC.
- Le bâtiment « George » de type R+5 sur un niveau de sous-sol.
- Le bâtiment « Sidi Brahim » comprenant un rez-de-chaussée bas et un rez-de-chaussée haut.
- Le bâtiment « Chave » de type R+4 sur un niveau de sous-sol.
- Le bâtiment « Sakakini » de type R+2 sans sous-sol.
- Le bâtiment « Doria » en simple RDC.

On trouvera en annexes un extrait de la carte IGN et une vue aérienne sur lesquels le projet est repéré.

3.2 TOPOGRAPHIE

L'altitude des sondages a été relevée par projection sur le plan topographique.

Le site présente une pente orientée vers l'Ouest, son altitude variant des cotes 36.30 NGF à 33.50 NGF au droit des sondages réalisés.

4 GÉOLOGIE – HYDROGÉOLOGIE

4.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

D'après la carte géologique au 1/50 000^{ème} (feuille de Aubagne - Marseille) et nos sondages, la géologie locale du sous-sol est représentée par des alluvions (noté **Fz**) surmontant les formations du Stampien (notées **g2**).

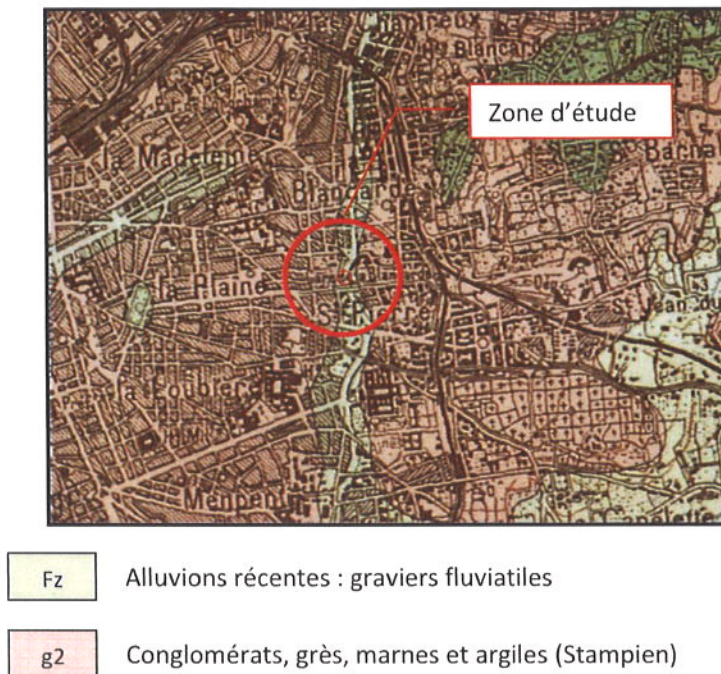


Figure 1 : Extrait de la carte géologique de Aubagne - Marseille au 1/50 000 – Source : Infoterre BRGM

4.2 HYDROGÉOLOGIE

Sur le plan hydrogéologique, lors de la campagne de reconnaissance (du 19 au 22 octobre 2021), il n'a pas été observé de venue d'eau lors de la réalisation des forages.

Cependant, des niveaux d'eau stabilisés ont été détectés entre 5,30 et 7,60 m de profondeur dans l'ensemble des sondages en fin d'intervention.

Ces observations, ayant un caractère ponctuel et instantané, n'excluent pas la possibilité de circulations et de remontées d'eau plus importantes.

En effet, compte tenu du contexte géologique et topographique, ces venues d'eau sont probablement liées :

- A des circulations de pente et à des accumulations d'eau susceptibles de se développer en période pluvieuse au sein des terrains de couverture, à la faveur de passages plus perméables.
- A une nappe régnant au sein des alluvions, en lien probable avec le niveau du *Jarret* et des cours d'eau alentours.
- A des circulations aléatoires au sein du substratum marno-calcaire à la faveur de l'altération et/ou de la fracturation.

Un tube piézométrique a été disposé dans les forages SP1, SP2 et SP3 en vue de relevés du niveau de l'eau dans le sol.

Les relevés observés en novembre 2021 sont les suivants :

Sondages (NGF)	SP1+Pz (34.15 NGF)		SP2+Pz (33.85 NGF)		SP3+Pz (33.75 NGF)	
Date	Profondeur (m/TN)	Cote (NGF)	Profondeur (m/TN)	Cote (NGF)	Profondeur (m/TN)	Cote (NGF)
08/11/2021	-5,20	28.95	-5,00	28.85	-5,00	28.75
20/12/2021	-5,25	28.90	-4,80	29.05	-5,00	28.75

Un suivi piézométrique mensuel pendant une période minimale de 6 mois permettra de mieux appréhender le niveau d'eau dans le sol et de déterminer les niveaux NPHE dans le cadre d'une mission hydrogéologique (mission G5).

D'autre part, la parcelle étudiée :

- Est cartographiée dans une **zone potentiellement sujette** aux débordements de nappe (site GÉORISQUES).

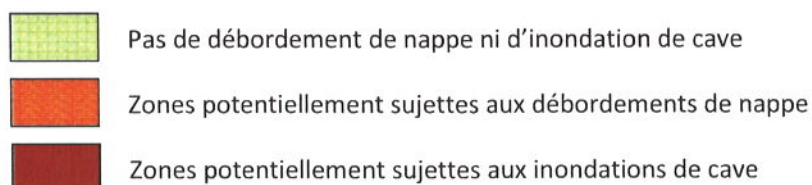


Figure 2 : Extrait de la carte vis-à-vis du risque de remontées de nappes – Source : Géorisques

- Dans une **zone concernée** par des Inondations Potentielles cours d'eau et submersion marine de plus d'un hectare.



Enveloppes approchées des Inondations Potentielles cours d'eau et submersion marine de plus d'un hectare (Source : MTES/DGPR)

Figure 3 : Extrait de la carte du BRGM vis-à-vis du risque de remontée de nappes – Source : Inondationsnappes.fr

Cependant, ces cartes comportent de fortes incertitudes dues :

- A une accumulation d'informations manquantes, incomplètes ou imprécises.
- A l'ordre de grandeur des valeurs recherchées.
- A la complexité des milieux mis en jeu.
- A l'échelle d'utilisation (inférieure à 1/100 000ème).

De plus, la carte réalisée n'est pas valide pour les zones karstiques (manifestant un comportement particulier et relativement mal connu sur certains secteurs), les zones urbaines (dont les aménagements modifient les écoulements souterrains) et les secteurs après mine (subissant des modifications des écoulements souterrains dues aux pompages des eaux d'exhaure ou à l'arrêt des pompages).

5 SITUATION DU TERRAIN PAR RAPPORT AUX RISQUES NATURELS

D'après les cartes du BRGM, le terrain étudié :

- Est localisé dans une zone d'**aléa fort** vis-à-vis du risque de retrait-gonflement des argiles.



Figure 4 : Extrait de la carte du BRGM vis-à-vis du retrait-gonflement des argiles – Source : Infoterre BRGM

- Est situé en **zone sismique 2 (aléa faible)**, d'après le nouveau zonage sismique (décret N°2010-1255 du 22 Octobre 2010).



Figure 6 : Extrait de la carte vis-à-vis du risque sismique – Source : Géorisques

Selon l'**EUROCODE 8**, Les paramètres à prendre en compte sous condition de séisme sont :

- Accélération maximale de référence : $A_{GR} = 0,70 \text{ m/s}^2$.
- Catégorie d'importance de l'ouvrage (à valider par le Maître d'Ouvrage) : II.
- Coefficient d'importance de l'ouvrage γ_i : 1.
- Accélération nominale correspondante : $a_G = a_{GR} * \gamma_i = 0,70 \text{ m/s}^2$.
- Classe de sol : A.
- Coefficient de Sol : $S = 1,00$.

6 SYNTHÈSE DES RISQUES GÉOTECHNIQUES

La synthèse des différents risques géotechniques à prendre en compte pour le projet est présentée dans le tableau suivant :

Type de risque	Fort	Moyen	Faible	Très faible
Risque débordement de nappe et inondation de cave	Zone potentiellement sujette			
Risque inondations potentielles de cours d'eau et submersion marine	Zone concernée			
Risque sismique			X	
Risque lié au retrait gonflement des argiles	X			

En fonction de ces différents éléments et sous réserve que les prescriptions faites dans le présent rapport soient respectées, nous rendons donc **un avis favorable** à ce projet.

7 INVESTIGATIONS

7.1 PERSONNEL

Deux techniciens ont été mis à disposition sur ce chantier pour la réalisation des sondages et un ingénieur géotechnicien pour l'interprétation et l'exploitation des résultats.

7.2 SONDAGES PRESSIOMÉTRIQUES

Nous avons réalisé trois sondages pressiométriques (numérotés SP1 à SP3) et trois sondages destructifs (numérotés RT1 à RT3), implantés conformément aux plans en annexes.

Les sondages SP1, SP2 et SP3 ont été équipés en piézomètres.

Ces sondages ont été exécutés à la tarière hélicoïdale de 63 mm de diamètre.

La sondeuse utilisée est une EMCI 4.50 d'une puissance de 48 CV.

Les enregistrements de paramètres de forages et les observations effectuées lors de l'exécution de ces sondages ont permis de dresser les coupes lithologiques présentées en annexes.

L'essai pressiométrique MÉNARD, exécuté conformément à la norme NF EN ISO 22476-4 de mai 2015, consiste à dilater radialement une sonde cylindrique tri-cellulaire placée dans le terrain grâce au sondage.

On mesure et on enregistre pour chaque essai, réalisé tous les mètres, les pressions appliquées par la sonde et les variations volumiques de celle-ci afin de déterminer la relation entre la pression appliquée au terrain et l'expansion de la sonde.

On se reportera à la norme NF EN ISO 22476-4 pour le descriptif détaillé du mode opératoire de l'essai.

A partir de la loi pression/déformation, on peut déduire les caractéristiques pressiométriques suivantes :

- La pression de fluage nette P_f^* qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et plastique du sol.
- La pression limite nette P_l^* qui caractérise la résistance de rupture du sol et qui varie en fonction de sa consistance.
- Le module pressiométrique E_m qui définit le comportement pseudo-élastique du sol et dont la valeur est inversement proportionnelle à la déformation du sol.

7.3 ESSAIS LEFRANC

L'essai Lefranc est un essai qui permet d'évaluer ponctuellement la perméabilité horizontale d'un terrain aquifère situé au-dessous de la nappe (sol saturé).

Il consiste :

- À créer une charge différentielle, par rapport à la charge correspondant au niveau initial de la nappe, dans une cavité de dimension connue préalablement réalisée dans le terrain à la base d'un forage et aménagée de telle sorte que la filtration de l'eau engendrée par cette charge différentielle ne se fasse que par les parois de cette cavité.
- À mesurer l'évolution dans le temps de cette charge différentielle qui peut être produite soit par le prélèvement soit par l'apport dans la cavité d'un débit d'eau constant.

Trois essais Lefranc ont été réalisés dans les sondages SP1, SP2 et SP3 interprétés en régime transitoire à la descente après injection d'eau préalable dans le forage.

La variation de la charge hydraulique a été mesurée en fonction du temps de descente.

Les profondeurs des essais sont précisées dans le tableau suivant :

Sondages	Partie supérieure de la cavité d'essai (en m/TN)	Base de la cavité d'essai (en m/TN)
SP1	1,50	2,50
SP2	3,00	4,00
SP3	3,00	4,00

Le niveau de nappe a été déterminé par mesure ponctuelle du toit de la nappe au droit des forages au moment des essais.

En régime transitoire, la perméabilité k_L est :

- Calculée à partir de l'équation différentielle suivante :

$$h(t) = \left(\frac{Qa}{S} - \frac{dh}{dt} \right) \frac{S}{m \cdot K_L \cdot B}$$

Avec :

- Qa Le débit constant d'apport d'eau.
- S La section transversale intérieure du tube d'écoulement.
- dh La différence de charge hydraulique entre deux points de mesure.
- dt La différence de temps entre deux point de mesure.