



SGAMI SUD-EST VALSERHÔNE (01)

Diagnostic sur mur d'enceinte de gendarmerie

CADRE DE L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE :

Missions normalisées NF P 94-500	G1 ES	G1 PGC	G2 AVP	G2 PRO	G2 DCE/ACT	G4 Étude	G4 Suivi	G5 Diag
Présente mission EQUATERRE								x
Phase de la Maîtrise d'Œuvre	-	APS	APD/AVP	PRO	DCE/ACT	VISA	AOR	DIAG

Affaire n° VDS2309005

CODE projet : 4 sur 5

Concertation préalable avec l'ingénierie souhaitable

Voir synthèse en tête de rapport

0	08/01/2024	L. LANIER	C. POMEL	Première diffusion
Ind.	Date	Établi par	Vérifié par	Objet de la modification

SAS EQUATERRE VAL DE SAÔNE – 22 Rue du 35^{ième} Régiment d'Aviation– 69500 BRON

☎ 04 78 58 96 13 Courriel : val-de-saone@equaterre-geotechnique.fr

SAS EQUATERRE VAL DE SAÔNE au capital de 2670 Euros / R.C.S Annecy n° 819 799 461 - APE : 7112 B

TABLE DES MATIÈRES

1. SYNTHÈSE	5
1.1 Code complexité projet	5
1.2 Adaptation globale du projet au sol	6
1.3 Les principaux aléas et enjeux identifiés	7
1.4 Incidences géotechniques sur l'avancement du projet	8
2. GÉNÉRALITÉS	9
2.1 Situation	9
2.2 Les intervenants	9
2.3 Les documents fournis	9
2.4 Les documents à nous communiquer	9
2.5 Les questions posées	10
2.6 Les opérations effectuées	10
3. ANALYSE	11
3.1 Les données du projet	11
3.1.1 L'ouvrage	11
3.1.2 Risques naturels	12
3.1.3 Z.I.G. et enjeux technico-économiques	12
3.1.4 Diagnostic de qualité des sols	13
3.1.5 Données sur les réseaux	13
3.1.6 Sensibilité générale de l'ouvrage	14
3.2 Les données du sol	15
3.2.1 Données générales	15
3.2.2 Géologie du site	16
3.2.3 Caractéristiques mécaniques	17
3.2.4 L'eau souterraine	17
3.2.5 Classe de sol	17
3.2.6 Sensibilité du sol	18
4. SYNTHÈSE DE L'INTERACTION SOL/STRUCTURE	19
5. ORIGINE PROBABLE DES DÉSORDRES	21
5.1 Préambule	21
5.2 L'historique du site	21

5.3	La surcharge du mur	21
5.4	Le contexte hydrogéologique	22
5.5	Le sol	22
5.6	La structure	23
5.7	Conclusion.....	24
6.	GESTION DES MOUVEMENTS DE TERRE	25
6.1	Conditions prévisibles et aléas à intégrer dans la conception et le planning	25
6.2	Terrassements.....	25
6.2.1	Méthodologie générale en phase provisoire	25
6.2.2	Drainage du mur.....	25
6.3	Soutènements.....	26
6.3.1	Matériaux en place non remaniés	26
6.3.2	Matériaux en remblai	26
7.	FONDATIONS.....	27
7.1	Fondations superficielles.....	27
7.1.1	Valeurs de prédimensionnement	27
7.1.2	Sujétions de réalisation	28
8.	VOIRIES.....	29
8.1	Voiries légères et parking VL	29
9.	REMARQUES GÉNÉRALES	30
9.1	Limites de l'étude.....	30
9.2	Définition normalisée de la présente mission	30
9.3	Assurance.....	30
9.4	Autre remarque	30

PIÈCES ANNEXES

Plan d'implantation des sondages

Jeu de photographies

Tableau récapitulatif des essais au pénétromètre stato-dynamique et au pénétromètre dynamique léger type PANDA

Graphiques pénétrométriques

Légende des essais pénétrométriques

Coupes du mur et de la reconnaissance de fondation

Extrait de la norme NFP 94-500

Conditions générales de vente

1. SYNTHÈSE

1.1 Code complexité projet

	F	E	S	M	R	D
1						X
2	X	X		X	X	
3			X			
4						
5						

Gestion de la complexité par le Maître d'Œuvre général dans le cadre des règles de l'art habituelles.

Gestion de la complexité par le Maître d'Œuvre spécialisé dans le cadre d'une étude de projet géotechnique.

CODE complexité projet	3
------------------------	---

F : Fondations, dallages / dalles portées, voiries

S : Stabilité

R : Reconnaissances effectuées

E : Eau souterraine et infiltration

M : Mitoyens – existant proche

D : Définition (avancement) du projet

1 : Peu d'aléas particuliers

2 : 1 ou 2 aspects de la construction à traiter particulièrement dans les pièces écrites et en supervision d'exécution

3 : Travaux spéciaux d'ampleur modérée

4 : Travaux spéciaux importants mais de technicité courante

5 : Travaux spéciaux très techniques

Nomenclature : rappel des conditions d'affectation

CODE 1 : pas d'aléa

CODE 2 : une ou plusieurs croix dans les lignes suivantes :

F : Rattrapages Cloutage de plateformes

E : Drainages périphériques Tapis drainants

M : Mitoyens/existants peu sensibles

S : Terrassements libres et/ou légers

CODE 3 : si R et/ou D en ligne 4 ou si une ou deux croix dans lignes suivantes :

F : Pré-chargement Fondations semi-profondes Renforcement de sol Pieux simples Micropieux Sécheresse

E : Masques Éperons Drainage préalable (décompression) - sécheresse

S : Berlinoise autostable ou tirantée sur 1 niveau Enrochements

M : Reprise en sous-œuvre simple - prise en compte de mitoyen existant sensible

CODE 4 : une ou plusieurs croix dans colonnes suivantes :

F : Pieux spéciaux Micropieux Spéciaux Mixtes

E : Rabattement Pompage Nappe en charge

S : Paroi clouée Soutènements tirantés supérieurs ou égaux à 2 niveaux

M : Reprise en sous-œuvre Technique spéciale

CODE 5 : contexte général très contraignant / si une ou plusieurs croix dans la ligne 5

1.2 Adaptation globale du projet au sol

Il n'y a pas de contre-indication géotechnique majeure à la réalisation de cet ouvrage.

Le projet dans son insertion au site **ne nécessite pas** une adaptation au sol particulière mais une méthodologie spécifique sera nécessaire pour la reconstruction des murs de soutènements.

Concertation préalable avec l'ingénierie souhaitable.

Nous retiendrons :

FONDATEMENTS :

Cette adaptation ne nécessite pas l'utilisation de techniques spéciales vis-à-vis des fondations.

En l'état, le mur actuel présente des désordres trop importants pour être conservé et/ou renforcé. Il s'agira donc, dans le cadre des travaux à prévoir, de démolir et de reconstruire le mur en prévoyant des fondations superficielles sollicitant les argiles gris-bleu.

De plus, indépendamment d'atteindre le bon sol et en gestion du risque retrait-gonflement des argiles, un approfondissement des fondations à -1.0m sous le terrain final aval sera nécessaire.

Nota : Toutes les précautions devront être prises lors des travaux pour limiter l'impact au maximum sur la copropriété située à l'amont, notamment pour préserver la tranchée drainante et les parkings.

EAU SOUTERRAINE :

Cette adaptation ne nécessite pas l'utilisation de techniques spéciales vis-à-vis de l'eau souterraine mais des travaux de mise en conformité seront à prévoir.

Actuellement, la tranchée drainante réalisée directement à l'arrière du mur et la non-réalisation de drainage en amont de l'ouvrage, est l'origine principale des désordres observés. Une mise en conformité de ces points est donc à prévoir dans le cadre des travaux.

L'idéal serait de déplacer la tranchée drainante réalisée par la copropriété pour la mettre dans une zone éloignée du mur. Dans ce cas de figure, un simple drainage à l'amont du mur sera à prévoir avec un remplissage en graves drainantes et la mise en œuvre de barbanes dans l'ouvrage.

Dans l'hypothèse où la tranchée drainante ne pourrait être déplacée et si la gendarmerie n'accepte pas l'écoulement d'eau dans sa propriété avec la création d'éventuelle barbacane dans l'ouvrage, le mur devra être conçu et dimensionné pour résister à une poussée hydrostatique à l'arrière. Ce point devra être discuté en réunion d'ingénierie.

SOUTÈNEMENTS - TERRASSEMENTS :

Cette adaptation **nécessite** la mise en œuvre d'un soutènement définitif (reconstruction du mur).

Il s'agira de démolir et reconstruire les linéaires endommagés. Pour se faire, la mise en place d'un mur en béton armé, dûment dimensionné par un BE Structure, sera à prévoir. Pour la phase chantier, compte tenu des hauteurs du mur actuel (environ 2.4 à 2.8 m), il faudra prévoir la réalisation de terrassement **par passes**, en parallèle de la démolition pour réaliser un talus libre côté amont en 1H/1V, empiétant sur la végétation au sol, qui sera à supprimer et à replanter, et en partie sur les places de stationnement. Prévoir la reprise des enrobés et des bordures sur le linéaire.

VOIRIES :

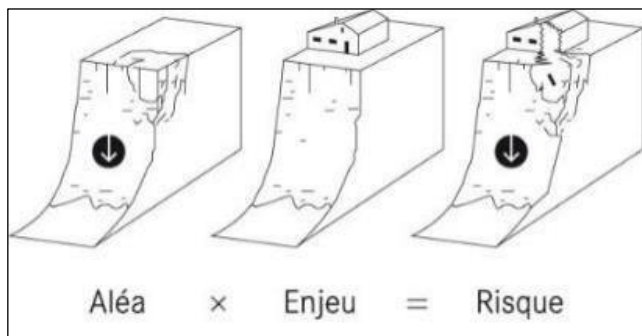
Cette adaptation ne nécessite pas l'utilisation de techniques spéciales vis-à-vis des voiries. Prévoir un re-compactage soigné des matériaux remis en œuvre au niveau des gardes de terrassement réalisées pour la reconstruction du mur, conformément au GTR23.

Les sujétions exposées ici peuvent être gérées, adaptées, voire optimisées dans le cadre d'une étude de projet géotechnique au sens de la norme NFP 94-500.

1.3 Les principaux aléas et enjeux identifiés

Il s'agit ici d'envisager les impacts technico-économiques possibles ou probables, des « sols et eaux » non gérés sur les travaux du projet lui-même ou sur l'environnement (ZIG). Le présent rapport se propose de présenter les moyens de gérer et limiter ces risques.

Domaines d'application	Aléas	Principaux enjeux (vulnérabilité)	Risques	Niveau de risque (aléa x enjeux)
Eau superficielle	Circulations superficielles Ruissellements Accumulation d'eau à l'arrière du mur, liée à la tranchée drainante Sols sensibles aux variations de teneur en eau	Murs de soutènement actuel et futur Arase Terrassements	Stagnation d'eau à l'arrière du futur mur Désordre sur le mur	3
Terrassements généraux	Rupture des talus ouverts	Humain Travaux en cours Voiries	Domages corporels Domages matériels Travaux supplémentaires	2
Fondations	Décompression du sol support Sensibilité des matériaux au retrait-gonflement (aléa moyen)	Projet	Surconsommation en gros béton Désordre sur le mur en période de sécheresse	2



Définition du niveau de risque	
1	Faible
2	Peu important
3	Moyen, mais à gérer en exécution sous supervision géotechnique
4	Élevé, adaptations à intégrer en conception du projet
5	Très élevé, modifier le projet ou prévoir des dispositions constructives très lourdes

1.4 Incidences géotechniques sur l'avancement du projet

Ce tableau est une aide indicative mais non exhaustive, destinée à la Maîtrise d'Œuvre, pour orienter ses travaux de construction vis-à-vis du contexte géotechnique du site, ceci ne saurait engager EQUATERRE dans un rôle de conception ou en cas d'autres sujétions non abordées ici. Les prescriptions géotechniques sont reportées dans le développement du rapport ci-après.

Domaines d'application	Actions a minima de la Maîtrise d'Œuvre	Incidences et implications du géotechnicien à prévoir	Type de mission
Fondations	Respecter la règle des 3H/2V entre les fondations en décrochés de niveaux Gestion du risque retrait-gonflement (aléa moyen)	Contrôle de fond de fouille	• G5
Eau	Drainages définitifs à l'amont du mur ou conception de l'ouvrage pour reprendre une poussée hydrostatique	Vérification de la stabilité de l'ouvrage avec prise en compte de la poussée hydrostatique Supervision d'exécution	• G2 PRO • G4
Terrassements Soutènements	Optimisation des emprises vis-à-vis de l'environnement Prise en compte du recul nécessaire pour adoucir les talus libres Prise en compte de la nécessité de suppression de la végétation au sol en phase chantier et intégration des travaux de plantation + reprise des enrobés y compris des bordures	Supervision d'exécution	• G4
Mitoyens – existants proches	Optimisation des emprises vis-à-vis de l'environnement Tenir compte des murs avoisinants et du cabanon mitoyen, si conservé, en phase travaux	Sans objet	

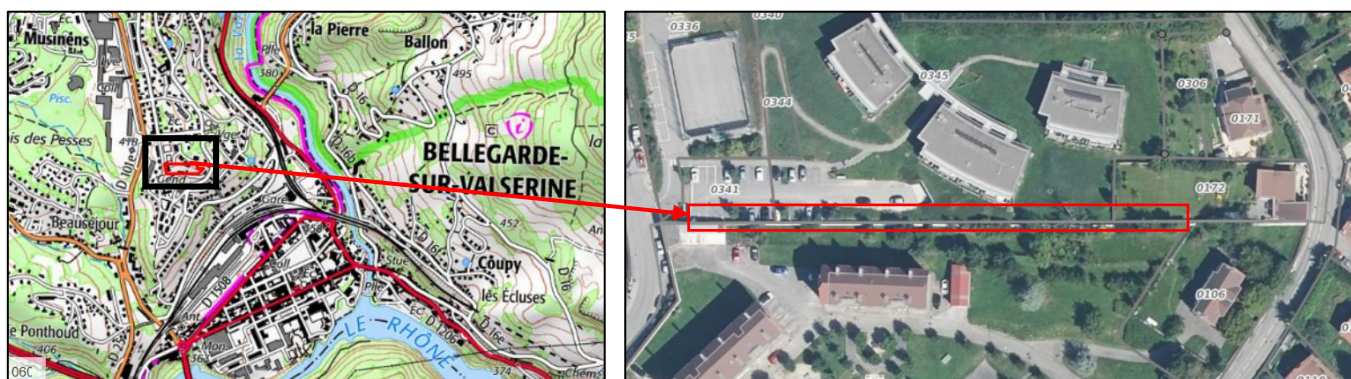
* Bien prévoir la diffusion des informations entre les différents lots pour lesquels il y a interaction (Fondations spéciales – Démolition – Terrassements – Gros œuvre...).

EQUATERRE se tient à la disposition des intervenants pour assurer des missions de type Investigations Géotechniques G0 à G5, suivant la classification des missions géotechniques jointes en annexe.

2. GÉNÉRALITÉS

2.1 Situation

Département : AIN (01)
Commune : VALSERHÔNE (01)
Adresse : 4 rue de Richemont
Parcelle(s) : AI n° 0105 et AH n°172, 341 et 345
Altitude : A l'amont du mur, entre les cotes 428.1 et 433.8 NGF
 A l'aval du mur, entre les cotes 427.4 et 432.0 NGF



Situation du projet (source : <https://www.geoportail.gouv.fr/carte>)

2.2 Les intervenants

INTERVENANTS	SOCIÉTÉS	REPRÉSENTANT	MAILS
MAÎTRE D'OUVRAGE	SGAMI SUD-EST	M. Arnaud FRETZ	arnaud.fretz@interieur.gouv.fr ;

Convention souscrite : Notre proposition : affaire n° VDS2309005 / Devis n° DVDS230744
 Votre commande reçue par courriel le 13/07/2023

2.3 Les documents fournis

Documents	Format	Origine	Date réception
Photographies	JPG	Consultation	28/03/2023

2.4 Les documents à nous communiquer

Plan topographique.

2.5 Les questions posées

Il s'agit de préciser, dans le cadre de la mission décrite au paragraphe 1.3, les points suivants :

1. **La nature et les caractéristiques mécaniques des horizons rencontrés permettant le prédimensionnement des infrastructures du projet.**
2. **L'origine des désordres.**
3. **Les principes généraux de construction de l'ouvrage, liés à la géotechnique :**
 - terrassements ;
 - soutènements ;
 - fondations ;
 - dispositions vis-à-vis de l'eau souterraine.
4. **Les principes généraux d'adaptation au sol des voiries.**

2.6 Les opérations effectuées

Pour répondre aux questions posées, nous avons réalisé les postes suivants :

- visite préalable du site, implantation et nivellement des sondages ;
- reconnaissances de fondations (3 sondages) ;
- essais au pénétromètre dynamique léger de type PANDA (1 essai) ;
- essais au pénétromètre stato-dynamique (6 essais) ;
- synthèse et rédaction d'un rapport de diagnostic géotechnique.

3. ANALYSE

3.1 Les données du projet

3.1.1 L'ouvrage

L'ouvrage concerné par le diagnostic est un mur d'enceinte de gendarmerie situé à la limite de propriété entre la gendarmerie au 4 rue de Richemont et la résidence construite à l'amont rue Molière à Valserhône (01). A noter que le mur en question était déjà présent avant la construction de la résidence à l'amont. Cet ouvrage ancien est réalisé en béton. Le caractère armé de l'ouvrage n'est pas connu. Le mur sert de soutènement à la voirie ainsi qu'à l'espace vert en amont sur une hauteur variant entre 40 et 80 cm environ.

Le mur présente un basculement important avec un déplacement en tête allant de 20 à 40 cm. De plus, de nombreuses fissures sont présentes tout au long du mur.



Photographie du mur faisant l'objet du diagnostic (côté amont)

- Type : Démolition puis reconstruction d'un mur de soutènement.
- Dimensions : Sur une hauteur de 2.4 à 2.8 m et une longueur de 123 m environ.

3.1.2 Risques naturels

Nous retiendrons d'après le site Géorisques :

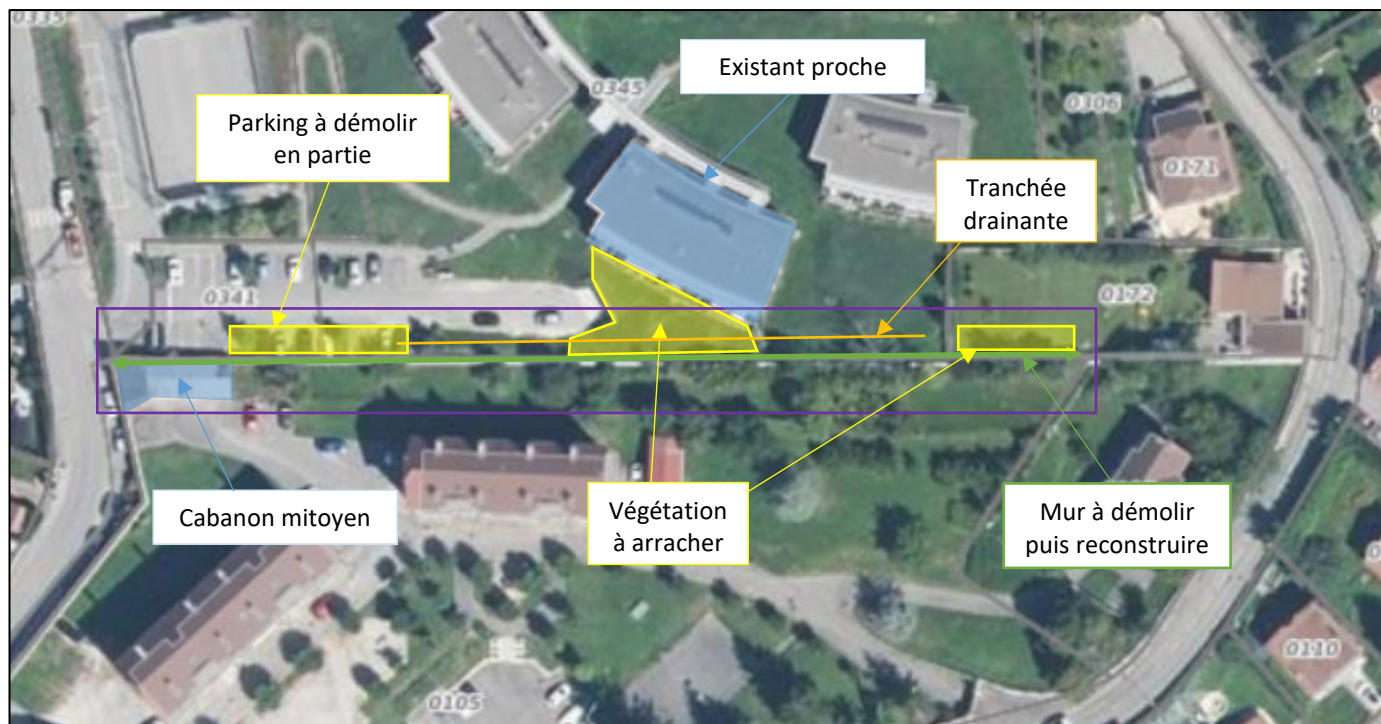
Type d'aléa	Zone d'aléa négligeable	Zone d'aléa faible	Zone d'aléa moyen / modéré	Zone d'aléa fort
Crue	X			
Remontée de nappe	X			
Cavités souterraines	X			
Glissement de terrain	X			
Retrait-gonflement des argiles			X	
Séismes			Zone 3	
Radon			Catégorie 2	

Le site ne fait donc pas l'objet de prescription particulière concernant les risques naturels.

3.1.3 Z.I.G. et enjeux technico-économiques

Zone d'influence géotechnique, NFP 94-500 : volume du terrain au sein duquel il y a interaction entre l'ouvrage ou l'aménagement du terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et l'environnement (sols et ouvrages environnants). Sa forme et son extension sont spécifiques à chaque site et chaque ouvrage.

- Informations des pièces graphiques du PLU-H :
 - projet situé en zone urbaine « URd » en partie aval et « URdm » en partie amont ;
- ZIG globalement limitée à la zone du mur.
- Voirie (stationnement) avec bordure, en tête du mur sur une partie du linéaire
- Mur faisant limite de propriété
- Existants à conserver au nord et à l'est de l'ouvrage.
- Végétation au sol en tête de l'ouvrage à arracher et à replanter pour permettre la réalisation des travaux.
- Tranchée drainante réalisée directement à l'amont du mur concerné par les désordres.
- Réseaux éventuels.
- Le Maître d'Ouvrage et l'équipe de Maîtrise d'Œuvre devront se référer au règlement applicable au site et à l'ouvrage en vigueur à la date du dépôt de PC ou de construction (PPR, etc...).



Vue aérienne présentant les principes généraux de la Z.I.G.

3.1.4 Diagnostic de qualité des sols

Le diagnostic de qualité des sols (pollution) ne relève pas de la mission confiée à EQUATERRE VDS.

3.1.5 Données sur les réseaux

La Maîtrise d'Œuvre devra s'assurer de la position et de la bonne adéquation des réseaux existants au fonctionnement futur de l'ouvrage (obligation à partir du 1^{er} juillet 2012).

En particulier, les réseaux EP devront être parfaitement reconnus et étudiés dans le cas de drainage gravitaire des futures parties enterrées.

Il est également recommandé de prévoir le diagnostic amiante des canalisations existantes et des tampons dans le but de déterminer sa présence ou non. Les réseaux secs alimentés depuis l'amont devront faire l'objet d'un traitement approprié selon les règles de l'art.

<http://www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr> / <http://www.reseaux-et-canalisation.gouv.fr>

3.1.6 Sensibilité générale de l'ouvrage

[Sont développés dans ce chapitre les problèmes implicites liés à l'ouvrage et à la Z.I.G.]

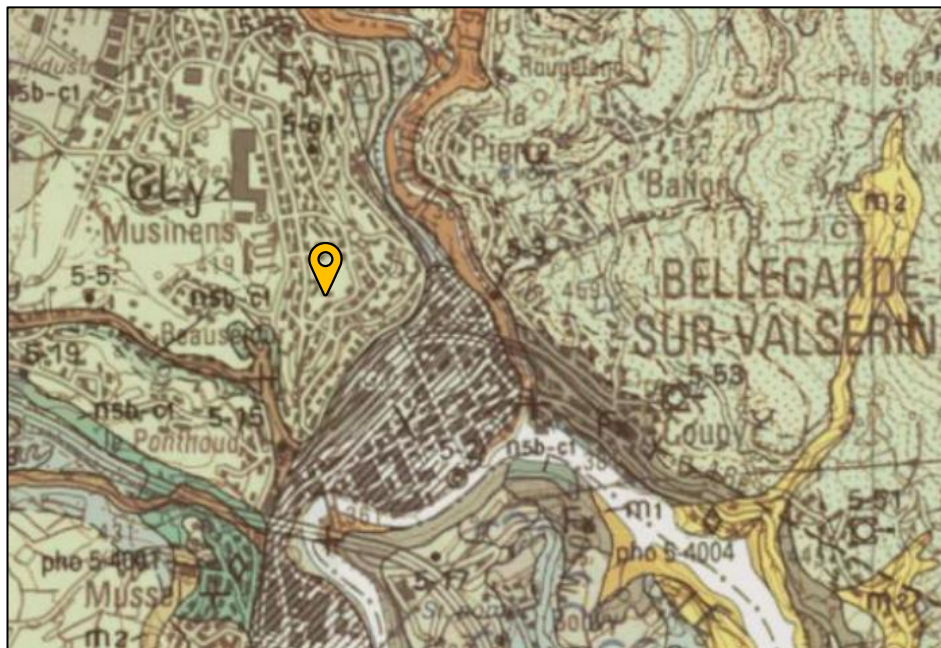
Sensibilités retenues / CODE	1	2	3	4	5
	Très peu sensible	Peu sensible	Assez sensible	Sensible	Très sensible
Murs avoisinants situés dans la continuité du mur à démolir			X		
Mur existant présentant un basculement important				X	
Cabanon mitoyen à conserver ou à démolir (selon Maître d'Ouvrage)		X			
Construction en limite de propriété		X			
Végétation à arracher et à replanter au droit du mur à démolir			X		
Voirie en amont du mur à démolir partiellement			X		
Réseaux éventuels			X		

Sensibilité générale de l'ouvrage	CODE 4
-----------------------------------	--------

3.2 Les données du sol

3.2.1 Données générales

- Morphologie : **Pente moyenne**



Extrait de la carte géologique au 1/50 000^{ème} (<http://infoterre.brgm.fr/> - Données du BRGM)

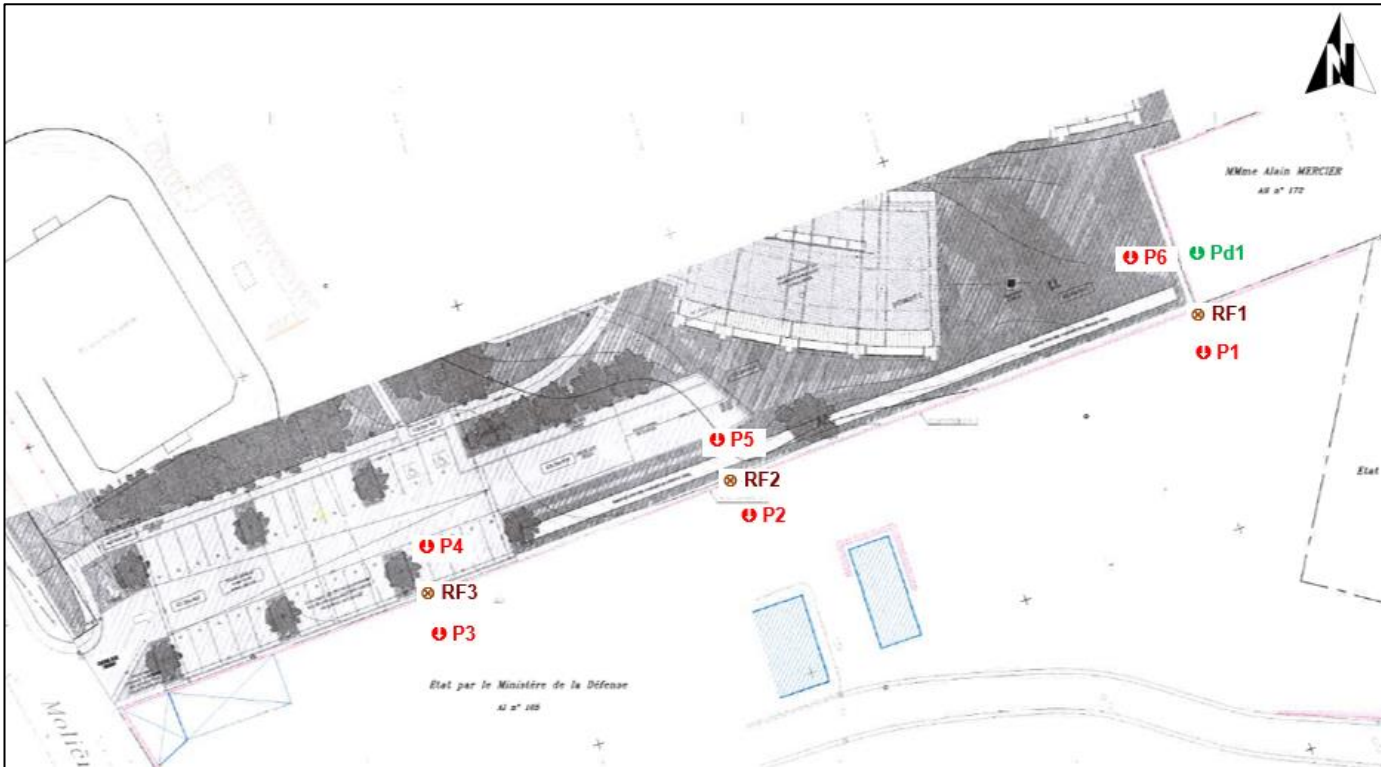
- Typologie : **Versant**
[La typologie du site définit un domaine où la géologie correspond à une même logique de formation]
- Contexte : **Dépôts glaciaires (morainiques)**
[Il s'agit du type de dépôt principal rencontré sur ce site]
- Dominante : **Argiles graveleuses**
[Il s'agit de la nature principale des matériaux rencontrés]
- Particularité :
 - Venues d'eau de versant et/ou superficielles, à répartition aléatoire.
 - Alimentations en eau très variables dans le temps.
 - Sensibilité à l'eau et aux sollicitations mécaniques des matériaux argileux.
 - Instabilité en présence d'eau.
 - Horizons de couverture à dominante argileuse.
 - Hétérogénéité de granulométrie à variation rapide.

[Chaque ensemble typologie – contexte – dominante, amène un lot de spécificités géologiques représentatives des « problèmes » potentiels à intégrer dans la réflexion d'adaptation sol/structure]

3.2.2 Géologie du site

[Ceci concerne le sol au droit du projet, mais également au droit de la ZIG : il s'agit d'une interprétation la plus juste possible, déduite et interpolée à partir des sondages ponctuels. Seule la vision en « vraie grandeur », c'est-à-dire à l'ouverture, peut garantir l'exactitude de l'organisation géologique. En effet, le sol est par définition discontinu et répond à des logiques de formation non purement mathématiques ou statistiques.]

Dans la pratique, et d'après les sondages réalisés à ce jour, nous pouvons retenir l'organisation géologique la plus probable suivante :



Plan d'implantation des sondages

A l'amont du mur de soutènement,

Horizon	Reconnu visuellement	Profondeur de la base
Terre végétale	Oui	Sur 0.2 m d'épaisseur environ
Couche de forme sous voirie et/ou remblais	Oui	-1.0 à -1.3 m/TN
Argiles gris-bleu	Oui	Jusqu'à -3.6 à -6.4 m/TN
Argiles graveleuses	Non	Au-delà

A l'aval du mur de soutènement,

Horizon	Reconnu visuellement	Profondeur de la base
Terre végétale	Oui	Sur 0.3 m d'épaisseur environ
Argiles gris-bleu	Oui	Jusqu'à -0.8 à -2.0 m/TN
Argiles graveleuses	Non	Au-delà

Pour plus de détails, la géologie du site, au droit des essais réalisés, est reportée dans les tableaux récapitulatifs joints en annexe.

[Pour les terrains plus en profondeur, les faciès ne sont le fait que d'une interprétation du géotechnicien basée sur les résultats des cuttings de sondages destructifs ou sur les résultats des autres essais, mais ne résultent en aucun cas d'une description visuelle contractuelle du matériau in-situ telle que celle pouvant être effectuée au droit de puits à la pelle mécanique ou à l'aide de sondages carottés (échantillons prélevés). Si la Maîtrise d'Œuvre le souhaite, de tels sondages visuels pourront être chiffrés et mis en œuvre lors d'une campagne d'investigations complémentaires.]

3.2.3 Caractéristiques mécaniques

Nous retiendrons, à partir du terrain naturel :

- une compacité hétérogène des remblais ($1,5 \text{ MPa} < q_c < 9,0 \text{ MPa}$) ;
- Une compacité hétérogène des argiles ($0,7 \text{ MPa} < q_c < 6,0 \text{ MPa}$) ;
- Une bonne à très bonne compacité des argiles graveleuses ($4,0 \text{ MPa} < q_c < 12,0 \text{ MPa}$).

Remarque : Au droit du sondage P6, le terrain était très humide et on observe une hétérogénéité de la compacité des matériaux.

Important : les matériaux au niveau de l'arase de terrassement prévue (argiles) sont susceptibles de perdre rapidement leurs caractéristiques mécaniques en cas d'exposition aux circulations d'eau souterraines et/ou aux intempéries et au trafic des engins.

3.2.4 L'eau souterraine

L'eau sur le site s'exprime par des circulations aléatoires et périodiques au sein des horizons de couverture et principalement au toit de la moraine (argiles compactes gris-bleu). Ces circulations peuvent être **importantes**, mais discontinues dans le temps, avec un risque d'accumulation en point bas.

A noter que sur le site, ces circulations sont concentrées à l'amont du mur, notamment avec la mise en œuvre de la tranchée drainante. En effet, l'eau qui « s'infiltre » via cette tranchée se retrouve piégée au toit de la moraine et vient ruisseler à l'amont du mur, provoquant une poussée sur le mur.

Dans ces conditions, le mur de soutènement est concerné par des circulations de versant.

3.2.5 Classe de sol

Données réglementaires - normes et documents réglementaires pris en compte dans le présent rapport :

- NF EN 1998-1, 1998-5 : règles de l'Eurocode 8 (calcul des structures pour leur résistance aux séismes – partie 5 : fondations, soutènements et aspects géotechniques).
- Zone de sismicité selon décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010.

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	$a_{gr} (m/s^2)$	Classes de sol	Influence du sol S_T	Catégorie d'importance	Coefficient d'importance γ_I
			A	1,00	À définir par le Maître d'Ouvrage	
Zone 1	Très faible	0,4	B	1,35	I	0,8
Zone 2	Faible	0,7	C	1,50	II	1,
Zone 3	Modéré	1,1	D	1,60	III	1,2
Zone 4	Moyen	1,6	E	1,80	IV	1,4

Les matériaux du site, compte tenu de leur nature, de leur compacité et de leur saturation en eau ne sont pas classés dans les matériaux à caractère potentiellement liquéfiable. Les exigences sur le bâti neuf dépendent de la catégorie d'importance du bâtiment (à définir par le Maître d'Ouvrage et le bureau de contrôle) et de la zone de sismicité.

Caractérisation des classes de sol selon les Eurocodes 8		Paramètres		
Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Vs,30 (m/s)	NSPT (bl/30cm)	Cu (Pa)
A	Rocher ou tout 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 graviers, ou d'argile surconsolidée, 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 des sols cohérents mous à fermes.	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de Vs de classes C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec Vs > 800 m/s.			
S1	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 (indicative)		10-20
S2	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S1.			

Vs,30 est la vitesse moyenne des ondes de cisaillement. Le site est classé suivant la valeur de Vs,30 si celle-ci est disponible, sinon, la valeur de NSPT sera utilisée. NSPT est le nombre de coups au pénétromètre dynamique SPT (Standard Penetration Test) ; Cu est la cohésion non drainée.

Pour tout complément, se reporter aux sites : www.developpement-durable.gouv.fr - www.planseisme.fr et www.prim.net...

3.2.6 Sensibilité du sol

[Sont développés dans ce chapitre les problèmes implicites liés à ce type de terrain].

Sensibilités retenues / CODE	1	2	3	4	5
	Très peu sensible	Peu sensible	Assez sensible	Sensible	Très sensible
Sensibilité aux sollicitations mécaniques et aux variations de teneur en eau des matériaux argileux			X		
Compacité du terrain			X		
Circulations d'eau naturelles, accentuées et concentrées au niveau de la tranchée drainante, venant en interaction avec le mur			X		
Sols sensibles aux phénomènes de retrait-gonflement (aléa moyen)			X		

Sensibilité générale du sol	CODE 3
-----------------------------	--------

4. SYNTHÈSE DE L'INTERACTION SOL/STRUCTURE

De ce qui précède, il découle les incidences géotechniques suivantes :

SOL	STRUCTURE
Sensibilité générale du sol	CODE 3
Sensibilité générale de l'ouvrage	CODE 4



Domaines d'application	Aléas	Principaux enjeux (vulnérabilité)	Risques	Niveau de risque (aléa x enjeux)
Eau superficielle	Circulations superficielles Ruissellements Accumulation d'eau à l'arrière du mur, liée à la tranchée drainante Sols sensibles aux variations de teneur en eau	Murs de soutènement actuel et futur Arase Terrassements	Stagnation d'eau à l'arrière du futur mur Désordre sur le mur	3
Terrassements généraux	Rupture des talus ouverts	Humain Travaux en cours Voiries	Domages corporels Domages matériels Travaux supplémentaires	2
Fondations	Décompression du sol support Sensibilité des matériaux au retrait-gonflement (aléa moyen)	Projet	Surconsommation en gros béton Désordre sur le mur en période de sécheresse	2

Sont indiqués ici les principes constructifs par catégories d'enjeux identifiés, afin de gérer les risques correspondants.



INCIDENCES GÉOTECHNIQUES	Proposition de missions complémentaires à réaliser
<p>Fondations pour le mur à reconstruire :</p> <ul style="list-style-type: none">• mur en « L », mur en « T » ou équivalent, en béton armé, encastré à la cote hors-gel sollicitant les argiles gris-bleu ;• démolition et terrassement par passes pour la reconstruction à prévoir ;• approfondissement des fondations à -1.0 m/TF extérieur aval en gestion du risque de retrait/gonflement des argiles (aléa moyen) ;• gérer les fondations de la section des mur mitoyens à conserver, situées dans la continuité de la section à démolir – précaution pour les fondations <p>Eau souterraine :</p> <ul style="list-style-type: none">• gérer les venues d'eau en phase provisoire : cunette en pied de talus pour préserver les arases• gérer les venues d'eau en phase définitive par drainage à l'arrière de l'ouvrage : idéalement, déplacement de la tranchée drainante à l'amont du mur, sinon autorisation de ruissellement sur le	<ul style="list-style-type: none">• G5• G5

terrain de la gendarmerie via les barbacanes, sinon conception du mur pour la reprise des poussées hydrostatiques.

Terrassements – stabilité :

- gérer la stabilité des talus en phase provisoire en limitant leur pente à 1/1 dans les zones où le recul nécessaire est disponible ;
- ouvrages de soutènement de type mur en L ou en T à dimensionner par le BE Structure
- arrachage de la végétation au sol puis plantation d'une nouvelle à la fin des travaux
- reprise des enrobés et bordures sur la bande concernée par l'emprise des terrassements

5. ORIGINE PROBABLE DES DÉSORDRES

5.1 Préambule

L'origine d'un désordre est souvent la combinaison de plusieurs facteurs, pouvant être d'origine « naturelle », anthropique, de conception ou de réalisation. Dans le cas de cette étude, nous pourrions retenir les points suivants.

5.2 L'historique du site

Le mur d'enceinte de la gendarmerie a été érigé pour fonction de séparation de limite de propriété, entre 1934 et 1945. Côté amont, la parcelle est globalement dans son état naturel d'origine jusqu'aux travaux de la résidence actuelle aux alentours de l'année 2012.



Photographies du site dans en 1948, 2009, 2012 et de nos jours (www.remonterletemps.ign.fr)

Selon les informations communiquées, le mur ne présentait pas de désordre avant la construction de la résidence à l'amont. De ce qui précède et avec les informations en notre possession, les travaux réalisés à l'amont semblent donc être la cause générale des désordres observés.

5.3 La surcharge du mur

A travers les sondages réalisés, nous avons constaté que lors des travaux de la résidence à l'amont du mur, des terres avaient été remblayées contre le mur d'enceinte. On estime que le terrain a subi une réhausse entre 50 et 80 cm par rapport à son niveau initial. La surcharge en tête du mur est donc comprise entre 1 et 1.6T/m². Selon nos informations, les désordres sur le mur sont arrivés progressivement après la fin des travaux de la résidence.

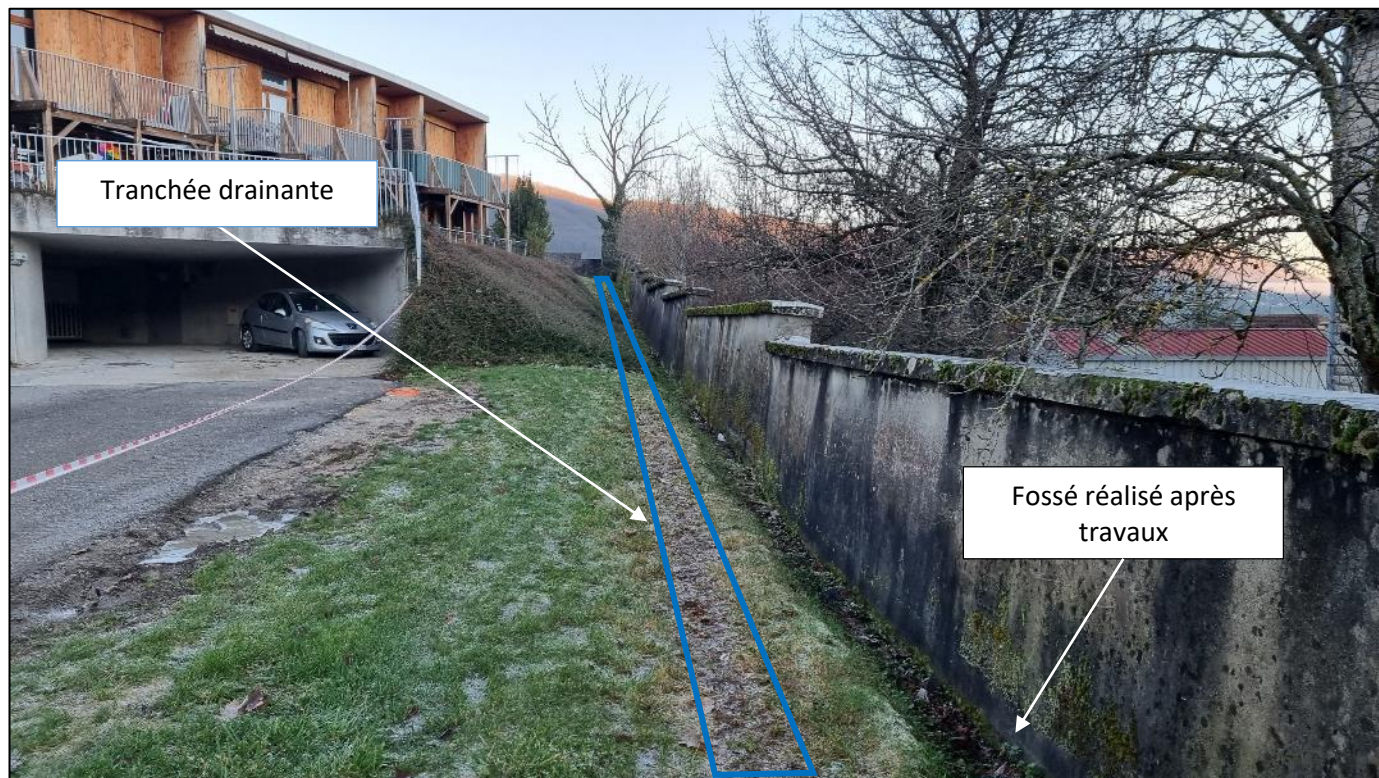
Le mur d'enceinte n'étant pas conçu pour reprendre une poussée de terre supplémentaire, les travaux de remblaiement réalisés expliquent donc en grande partie l'apparition des désordres.

Nota : Des fossés ont été effectués plus tard pour alléger le poids des terres sur le mur d'enceinte et ainsi limiter l'aggravation des désordres. Selon les informations fournies, ces travaux ont permis de stabiliser les désordres, ce qui prouve que le poids des terres rajoutées a un effet néfaste sur le mur.

5.4 Le contexte hydrogéologique

La morphologie du site présente une pente moyenne du sud vers le nord. De ce fait, des circulations de versant existent au sein des horizons de couverture.

De plus, une concentration d'eau a été mise en œuvre dans le cadre de l'opération avec la réalisation d'une tranchée drainante directement à l'amont du mur (cf. photographie ci-dessous). Cependant cette tranchée n'est pas reliée au réseau ou à un ouvrage de gestion d'eaux pluviales.



Du fait de l'absence de barbacanes au sein des murs ainsi que de drains longitudinaux, ces circulations entraînent une poussée hydrostatique à l'arrière du mur. Le mur n'étant pas prévu pour reprendre cette poussée supplémentaire, l'eau explique donc en grande partie l'apparition des désordres.

5.5 Le sol

Nous avons constaté que le mur repose sur un système de fondation simple encastré de 55 à 75 cm par rapport au TA reposant sur les argiles gris-bleu (cf. détails des reconnaissances effectuées en annexes). L'ouvrage est donc peu fondé par endroit et ne respecte pas les cotes de mise en hors gel actuelles.

Cette configuration peut à terme causer des désordres sur le mur mais dans la mesure où cette situation n'est pas nouvelle depuis la période 1934-1945 (date de construction du mur), le non-respect des côtes de mise en hors gel n'est pas la cause des désordres observés.

5.6 La structure

Le mur est constitué en béton sur toute sa hauteur. On observe des fissures hétérogènes sur l'ensemble du linéaire du mur.



Photographie du mur de soutènement à démolir

Les désordres observés sont donc principalement liés à la structure interne du mur, qui n'est pas adaptée pour reprendre la poussée des terres.

On note une fissure très marquée présentant une réelle rupture du mur à environ 54m de la rue Molière. Nous avons mesuré un décalage de l'ordre centimétrique entre les deux pans de mur.

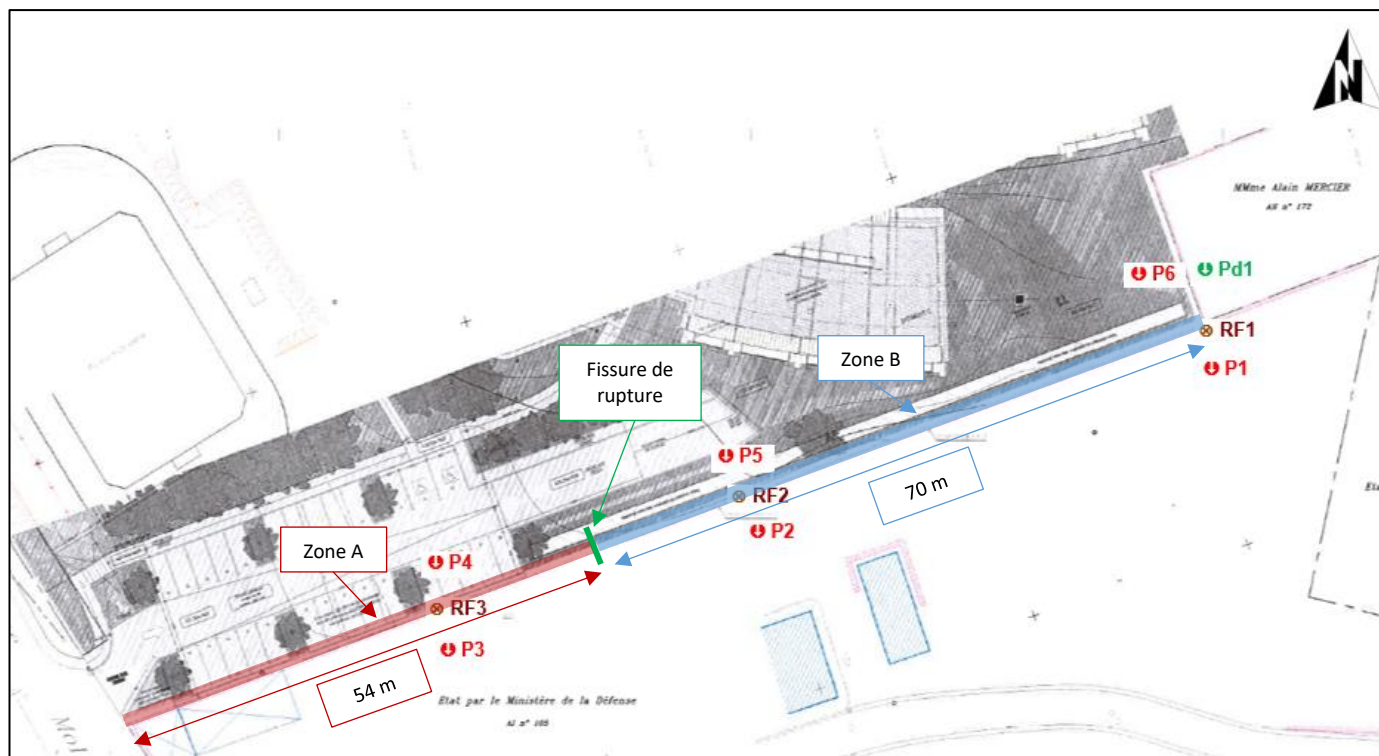


Photographie de la fissure de séparation

Les désordres observés sont donc principalement liés à la structure interne du mur, qui n'est pas adaptée pour reprendre la poussée des terres.

5.7 Conclusion

Au vu des désordres observés sur le mur de soutènement, les dégradations peuvent être séparées en 2 zones.



Zonage du mur d'enceinte

La zone B présente les plus fortes déformations. A ce stade et selon nos observations, nous estimons que la solidité et la stabilité du mur est menacée, à court terme (à confirmer avec un BE Structure). **Il existe donc un réel risque de basculement de l'ouvrage, avec un réel enjeu de sécurité.** De ce qui précède, nous préconisons la démolition rapide de ce linéaire et la reconstruction.

Concernant la zone A, selon nos observations, les dommages sont moins importants. Cependant, la fréquence des fissures et l'inclinaison du mur témoignent également d'un risque de basculement à moyen terme, surtout si la zone B est démolie. De ce qui précède, nous préconisons donc également la démolition rapide de ce linéaire et la reconstruction.

Important : A noter que la démolition des ouvrages s'accompagnera nécessairement de terrassements à l'amont afin de respecter une pente de 1H/1V. Une emprise en terrassement avec la neutralisation de certaines places de stationnement est donc à prévoir.

6. GESTION DES MOUVEMENTS DE TERRE

6.1 Conditions prévisibles et aléas à intégrer dans la conception et le planning

Il faudra intégrer dans la conception et le planning du projet les conditions prévisibles de terrassement et les aléas suivants :

- impact des intempéries : le sol constitutif de l'arase est très sensible aux variations de teneur en eau et sollicitations mécaniques ;
- vestiges de fondations ;
- talus ;
- circulations d'eau ;

6.2 Terrassements

Le projet nécessite des travaux de terrassement provisoires en déblais de 1.5 m de hauteur environ coté amont pour la démolition du mur actuel et la réalisation d'un talus en 1H/1V nécessaire pour la construction du nouveau mur.

6.2.1 Méthodologie générale en phase provisoire

- Toutes mesures devront être prises pour préserver l'état de surface de la pleine masse (captage de l'eau, protection des intempéries, terrassement en rétro, circulation limitée, arase terrassement avec pente).
- Les talus provisoires non soutenus, devront être limités à 1H/1V.

6.2.2 Drainage du mur

Comme indiqué précédemment, l'eau et la poussée hydrostatique sur le mur expliquent en grande partie les désordres constatés. Une mise en conformité de ces points est donc à prévoir dans le cadre des travaux.

L'idéal serait de déplacer la tranchée drainante réalisée par la copropriété pour la mettre dans une zone éloignée du mur. Dans ce cas de figure, un simple drainage à l'amont du mur sera à prévoir avec un remplissage en graves drainantes et la mise en œuvre de barbanes dans l'ouvrage.

Dans l'hypothèse où la tranchée drainante ne pourrait être déplacée et si la gendarmerie n'accepte pas l'écoulement d'eau dans sa propriété avec la création d'une éventuelle barbacane dans l'ouvrage, le mur devra être conçu et dimensionné pour résister à une poussée hydrostatique à l'arrière. Ce point devra être discuté en réunion d'ingénierie.

Dans l'hypothèse où la gendarmerie accepte un écoulement d'eau sur la parcelle, pour une bonne compréhension, nous retiendrons le principe suivant :

1. On veillera à drainer correctement l'arrière du mur avec des matériaux drainants en 20-40 mm ou équivalent et d'un drain diamètre 150 mm à raccorder à un réseau d'eau pluviale si possible (cf. schéma de principe ci-dessous).
2. Prévoir la réalisation de barbacanes qui seront installées sur tout le linéaire du mur à reconstruire (1 tous les 5m en première approche).

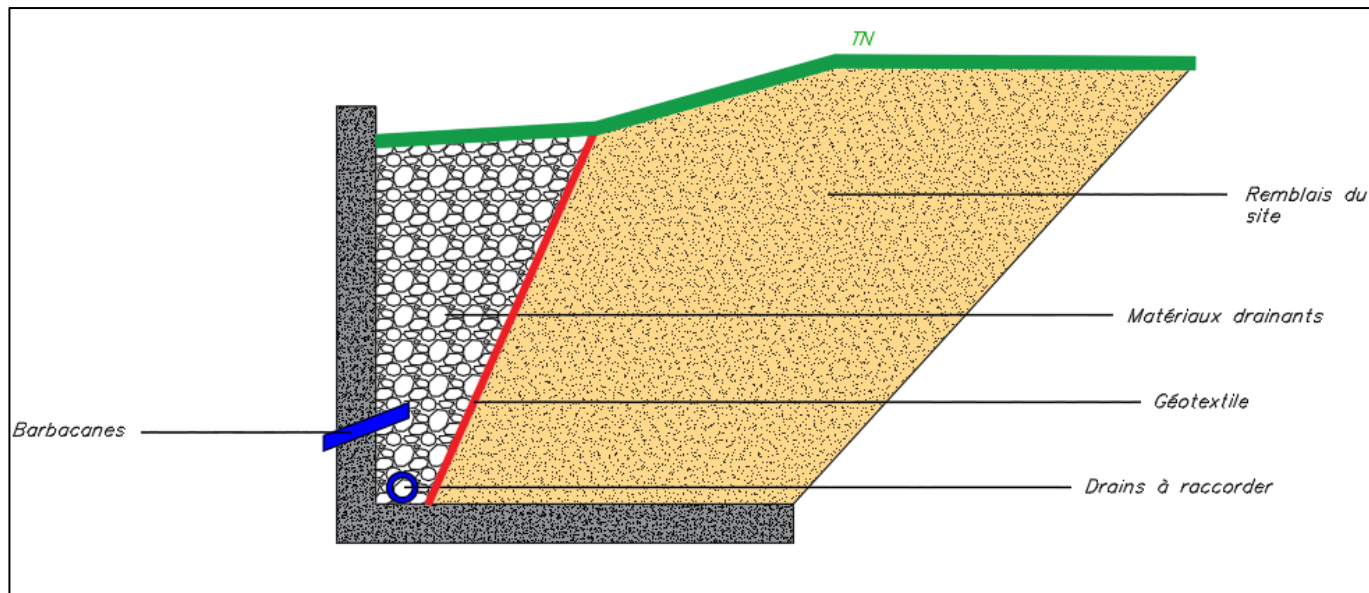


Schéma des dispositifs de drainage au mur en L

6.3 Soutènements

6.3.1 Matériaux en place non remaniés

Faciès	Profondeur de la base (m/TN)	φ' (°)	Cohésion C' (kPa)	Densité (kN/m ³)
Remblais	-1.0 à -1.3 m	28	0	18
Argiles gris-bleu	>5.8m	25	10	18

6.3.2 Matériaux en remblai

Faciès	φ' (°)	Cohésion C' (kPa)	Densité (kN/m ³)
Matériaux du site, remaniés	25	0	18
Graves d'apport	35	0	18

7. FONDATIONS

7.1 Fondations superficielles

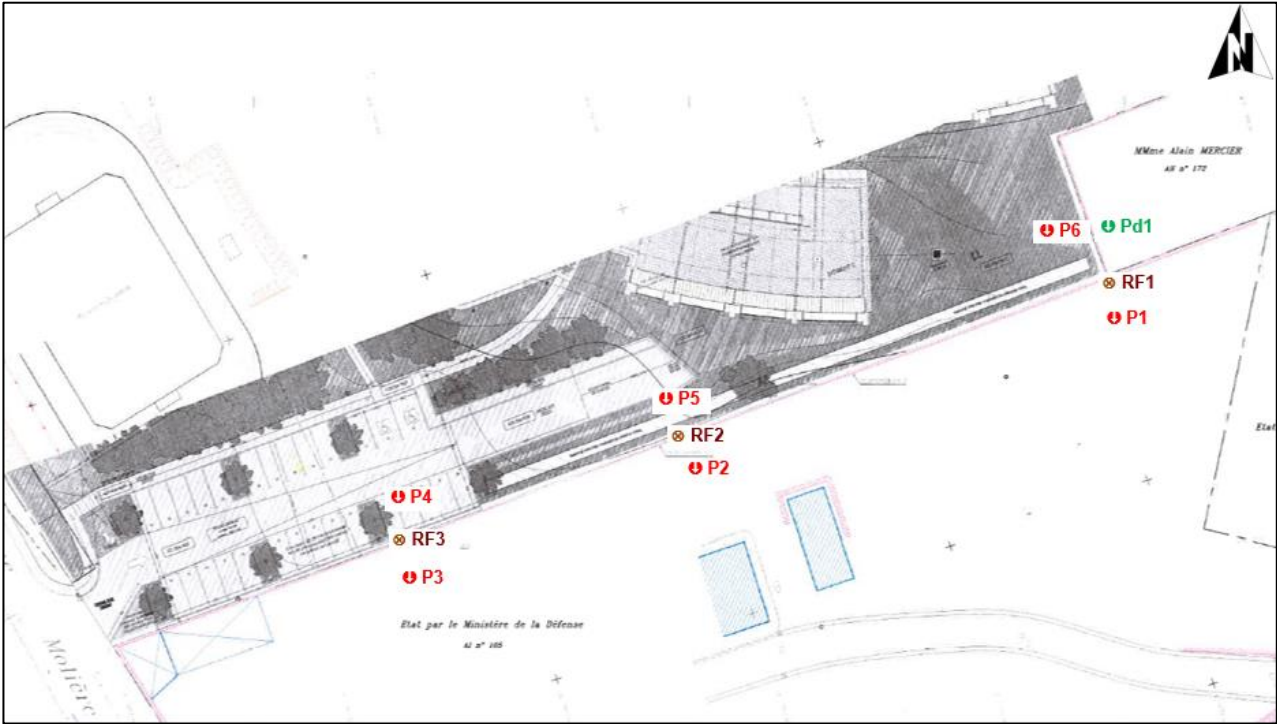
[Il s'agit de la réalisation de semelles filantes et/ou isolées encastrées à une cote hors gel, avec rattrapages limités au mètre.
Norme de référence : Eurocode 7 – annexe nationale NF P 94-261]

De ce qui précède, nous nous orienterons vers la réalisation d'un mur en « T », mur en « L » ou équivalent, à condition qu'il soit encastré d'au moins 30 cm dans l'horizon de référence : ici, les argiles gris-bleu. De plus, indépendamment d'atteindre le bon sol et en gestion du risque de retrait-gonflement, la fondation du mur devra être approfondie à -1.0m minimum sous le niveau du terrain actuel aval. Prévoir des gros bétons.

À des fins d'analyse, nous retiendrons les profondeurs du toit de l'horizon de fondation :

Essai	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Pd1
Cote du sondage NGF	432.0	427.5	427.4	428.6	429.4	433.8	433.5
Cote du bon sol m/TN*	-0.2	-0.2	-0.2	-1.0	-1.3	-1.2	-0.2
Cote du bon sol m relatif*	431.8	427.3	427.2	427.6	428.1	432.6	433.3

* Cote du bon sol hors encastrement, hors notion de mises en hors gel et hors notion de retrait-gonflement.



Plan d'implantation des sondages

7.1.1 Valeurs de prédimensionnement

Pour le prédimensionnement des semelles, nous retiendrons :

CONTRAINTE ADMISSIBLE (ELS) : $q_a = 0.15$ MPa

CONTRAINTE DE CALCUL (ELU) : $q = 0.225$ MPa

Les tassements correspondants resteront faibles, de l'ordre du centimètre, et acquis principalement en cours de construction, si les sujétions de réalisation (données ci-après) sont bien respectées.

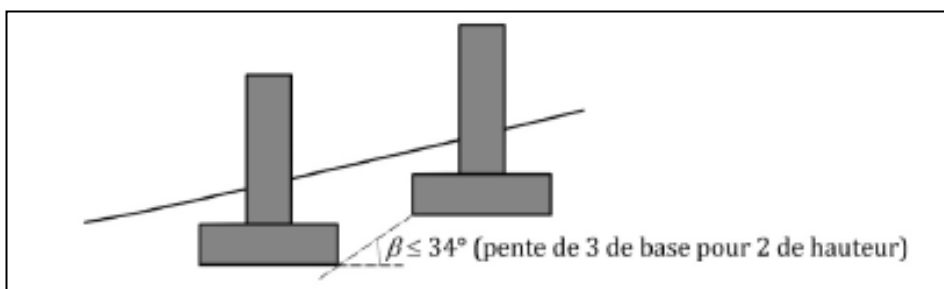
7.1.2 Sujétions de réalisation

L'entreprise pourra rencontrer des difficultés pour reconnaître l'horizon de fondation. En cas de différence de nature et/ou de profondeur entre l'horizon décrit dans le rapport et l'horizon rencontré à la réalisation des fouilles, l'entreprise devra sans délai avertir le géotechnicien afin de définir les dispositions à prendre et limiter les volumes de gros béton dans des zones où ceux-ci ne seront pas forcément nécessaires. **Ici les argiles gris-bleu constituent le « bon sol ».**

Les sondages réalisés permettent de définir l'organisation géologique générale, de comprendre son incidence sur l'adaptation au sol. Le présent maillage, défini en phase faisabilité, n'est pas destiné à quantifier les volumes de rattrapages éventuels en phase DCE. Le cas échéant, si le Maître d'Œuvre le juge nécessaire, il pourra demander un complément au Maître d'Ouvrage, afin d'affiner ses quantités.

Les sujétions suivantes sont à prévoir :

- Réalisation du mur de soutènement par passe de 5m maximum côté voirie ;
- ancrage des fondations dans la pleine masse ;
- pas de coffrage sur cette dernière ;
- bien s'assurer de traverser les couches altérées en fondation ;
- coulage d'un béton de propreté dès ouverture ;
- se conformer aux règles de l'Eurocode 7 et à sa norme d'application NF P 94-261 concernant les fondations voisines, en descendant l'ensemble des massifs à la même profondeur ou en appliquant une pente de 3 m de base pour 2 m de hauteur entre massifs voisins :



8. VOIRIES

8.1 Voiries légères et parking VL

Le projet de démolition et reconstruction du mur nécessitera la réalisation d'un talus de terrassement provisoire qui empiètera en partie sur les places de stationnement actuelles. Ainsi, une reprise des enrobés et bordures sera à prévoir dans le cadre des travaux.

A ce stade et selon les sondages pénétrométriques réalisés (sondages non visuels), une couche de forme existe actuellement sous les enrobés. Nous estimons cette couche de forme à 30-40 cm (à confirmer au début des travaux).

Ainsi, lors de la réalisation des terrassements, cette couche de forme devra être excavée et stockée sur le site pour réutilisation. L'objectif est d'éviter l'apport de nouveaux matériaux. L'idée est qu'à l'issue des travaux, la couche de forme soit reconstituée avec les matériaux graveleux du site afin d'obtenir une couche de forme d'apport de 40 cm sur géotextile (classe 5 en traction). Si les matériaux manquent, il faudra prévoir de ramener des graves d'apport.

Spécification des graves d'apport (le cas échéant) :

- granulométrie continue Ø 0-80 mm ou équivalent,
- teneur en fines ($\leq 80 \mu\text{m}$) $< 10 \%$,
- équivalent de sable ESP > 30 .

Si la plateforme est décomprimée, la mise en œuvre d'une surépaisseur de la couche de forme ou d'un cloutage en gros éléments sera nécessaire (Ø 50- 150 mm) au moins localement, jusqu'à obtenir une classe d'arase AR1 au sens du GTR (EV2 $> 20 \text{ MPa}$).

Critères de réception :

$$EV_2 > 50 \text{ MPa}$$

$$EV_2/EV_1 < 2.2$$

9. REMARQUES GÉNÉRALES

9.1 Limites de l'étude

La présente mission G5 de diagnostic (Norme NFP 94-500) n'aborde pas les points suivants :

- La géométrie des fondations ;
- Les délais, planning, quantités et coûts d'exécution ;
- Les consultations d'entreprise, l'analyse des offres, la signature des marchés... ;
- Le dimensionnement des ouvrages géotechniques ;
- La supervision d'exécution et la participation à la réception des travaux.

Ces aspects du projet, relevant du domaine de la conception, nécessitent la réalisation de missions de Maîtrise d'Œuvre géotechnique de type G2-G3-G4 (investigations géotechniques), au sens de la norme NFP 94-500 (cf. extrait en annexe).

Nota : en l'absence d'une mission G4 (supervision d'exécution) au minimum, les comptes rendus de chantier adressés par la Maîtrise d'Œuvre seront considérés comme non lus et ne nous seront de ce fait, pas opposables.

9.2 Définition normalisée de la présente mission

(cf. extrait en annexe).

9.3 Assurance

La SAS EQUATERRE VAL DE SAÔNE est titulaire d'un contrat d'Assurance Professionnelle BTP Ingénierie Économie de la Construction.

Les conventions spéciales souscrites concernent :

- la Responsabilité Professionnelle de l'Ingénierie Bâtiment (montant des travaux inférieur à 26 M €),
- la Responsabilité Professionnelle de l'Ingénierie Génie Civil (montant des travaux inférieur à 6 M €).

Nota : pour des montants de travaux supérieurs à ceux précités, une augmentation de garantie décennale avec ou sans abrogation de la règle proportionnelle, une plus-value pour complément de garantie sera facturée à la demande du Maître d'Ouvrage en sus de la présente mission --- (nous consulter).

Nos garanties RC et décennales ne deviennent effectives qu'au règlement de la totalité des sommes dues par le Maître d'Ouvrage désigné dans le présent document.

9.4 Autre remarque

La présente étude a été menée selon l'état du projet porté à notre connaissance au jour de l'intervention. Toute modification devra nous être soumise pour avis, afin de contrôler si ces modifications ne remettent pas en cause tout ou partie des conclusions de ce rapport (mission complémentaire éventuelle), car l'adaptation au sol d'un projet, est fonction de la nature du terrain, mais également de la nature de ce qui est construit. Nous ne sommes en aucun cas responsables de l'utilisation frauduleuse de la présente étude pour tout autre projet.

À Bron (69), le 08/01/2024

Pour EQUATERRE VAL DE SAÔNE

Le Président	L'Ingénieur(e)	Le Chargé d'affaires
Christophe POMEL	L. LANIER	C. POMEL