

RISQUES GEOTECHNIQUES LIES A DES AMENAGEMENTS EXISTANTS OU FUTURS – LES BALMES DE SAINT-CLAIR A LYON

Joëlle CHAUBEAU, Jean-Louis FALCETTA, Bruno MASMEJEAN
ARCADIS Lyon, France

RÉSUMÉ – Cet article présente le risque d'instabilité des pentes, spécifique au contexte lyonnais. Un diagnostic des ouvrages de soutènement permet de mettre en place des mesures de prévention adaptées et de procéder au confortement des structures défaillantes. Le suivi et l'entretien des ouvrages permettent d'en assurer leur pérennité.

1. Introduction

Les collines de la région lyonnaise, appelées balmes, sont propices à l'habitat ; en effet la topographie, la situation géographique, le contexte géologique et la présence d'eau sous forme de sources y sont favorable. Au cours de l'histoire, l'homme a donc construit des habitations encastrées dans les balmes ou des murs destinés à tenir les terrains et à faciliter les constructions.

Aujourd'hui, malgré les dispositifs de soutènements adoptés, ces pentes sont quelques fois instables car les ouvrages sont souvent vieillissants (dégradés structurellement ou systèmes de drainages défaillants) ou partiellement démolis par les aménagements successifs. Au cours de l'histoire, ces instabilités ont fait de nombreuses victimes, causé des dégâts matériels importants et coupé des axes de communication. Nous pouvons ainsi nous rappeler des incidents de Fourvière en 1930, quartier de Caluire en 1932, quartier St Georges en 1935 et le cours d'Herbouville en 1977 puis 1981. Plus proches de nous, les années 1983, 1993, 2002 et 2005 ont été marquées par de fortes pluies qui ont contribué à des manifestations de mouvement de terrain et quelques sinistres.

La présentation ci-après explicite le contexte de ce risque géotechnique notoire ainsi que les mesures préventives qui ont été mises en place et les contraintes apportées par ce risque sur les projets d'aménagement des balmes. Quelques exemples de missions confiées à ARCADIS viennent illustrer ce propos, notamment à travers les études réalisées sur la Grande Rue de St Clair à Caluire.

1.1. Géographie et géologie

Le quartier de la Grande Rue de St Clair s'étend sur le versant sud du plateau de Caluire. La colline de Caluire domine le Rhône de 80 à 90 m. Le versant est constitué par des formations argileuses et caillouteuses le plus souvent d'origine glaciaire, moulées sur un socle granitique.

Cette configuration géomorphologique de pente de versants dans des matériaux glaciaires est fréquente à Lyon et désignée sous le nom de balme. Cette configuration est malheureusement propice aux glissements de terrain. La moraine caillouteuse, consolidée localement en poudingue, présente un comportement similaire à celui des roches cohérentes et donne lieu à des éboulements.

En d'autres endroits, cette moraine est argileuse et contient de blocs ; elle présente alors un comportement similaire à l'argile, elle est plastique voire liquide et entraîne de glissements d'ampleur variable.

Dans la plupart des cas le phénomène d'instabilité est progressif. A l'origine il s'agit d'éboulement de terrains superficiels sous l'effet de l'eau accumulée derrière les murs

destinés initialement à les retenir. L'effondrement des petits murs lâchant les matériaux qu'ils devaient retenir, déséquilibrant les terrains environnants et déclenchant en cascade des mouvements de plus grande envergure. Dans de tels mouvements, peuvent être entraînés des éléments du sous-sol, en particulier dans le cas où ce dernier a été altéré sous l'action des eaux d'infiltration. En aucun cas, on a observé de glissements profonds rotationnels dans ce secteur.

1.2. Aménagements depuis les romains

1.2.1. Aménagements de surface

L'aménagement des balmes a commencé durant la période romaine, cependant celles-ci ont été habitées bien avant. En effet le terme de balme viendrait du gaulois, signifiant grotte d'ermite. Les parties abruptes étaient souvent creusées de cavernes de dissolutions servant d'abris.

Les ouvrages de soutènement réalisés au 19^{ème} siècle et au début du 20^{ème} siècle, tous en maçonnerie de pierre, étaient souvent jointoyés au mortier de chaux. Généralement pour les ouvrages de moins de 6 m de hauteur, l'épaisseur de la base est légèrement inférieure au tiers de la hauteur. Elle se réduit ensuite par décrochements successifs. Afin d'assurer la stabilité des ouvrages dépassant 6 m de hauteur, des contreforts relativement rapprochés sont présents et des terrasses intermédiaires sont aménagées.

D'autres ouvrages présentent moins un rôle de soutènement que de protection de talus subverticaux contre les intempéries. Il s'agit plutôt de murs de placage. Il convient de noter que parfois des remblais de qualité diverses sont accumulés et constituent un léger coin de poussé à l'arrière de ces murs, pouvant entraîner leur instabilité. Par ailleurs, le terrain naturel peut être décomprimé et altéré pour des raisons climatiques (ex alternance gel-dégel). Cette perte de cohésion est une menace pour la stabilité de la maçonnerie.

En principe ces murs sont pourvus de barbacanes régulièrement espacées. Cependant, dans le cas où le massif à retenir est un massif de sable, essentiellement auto-drainant, il est fréquent de rencontrer des murs de soutènements dépourvus de barbacanes.

1.2.2. Aménagements souterrains

Sur Lyon et sa région, non seulement l'homme a aménagé la surface de ces balmes mais a également créé un réseau très dense de galeries et cavités souterraines. Ces galeries consistent principalement en des captages d'eau mais également des passages souterrains (dans un but de communication secrète entre 2 points ou bien d'abri). Grâce à une datation au carbone 14, nous savons que certaines de ces galeries datent de la période romaine.

Liée à l'initiative privée, l'existence de tels ouvrages est profondément anarchique, aussi un inventaire exhaustif de ces galeries est impossible. Ces galeries sont relativement exigües, le plus souvent maçonnées mais certaines ne sont pas pourvues de soutènements particuliers.

Depuis les installations modernes d'adduction d'eau, grand nombre de galeries dont la fonction première était de capter l'eau, est tombé en désuétude. Ces galeries sont devenues un risque pour la stabilité des terrains sus-jacents. C'est pourquoi, depuis plusieurs décennies, ce réseau est conforté de manière à lui conserver une fonction drainante et à ne pas occasionner d'affaissement de terrain en surface.

1.3. Mécanismes de rupture

L'urbanisation lyonnaise a connu un essor important au cours du siècle dernier. La majorité de ces constructions est en bon état de conservation ; elles bloquent ou tentent de bloquer l'évolution des pentes. Cependant il existe bien des immeubles et murs de soutènement mal entretenus, exposés à une humidité excessive ou menacés par des terrains mal drainés.

Les murs de soutènements sont généralement stables tant qu'ils restent encastrés dans un ensemble immobilier avec murs de refend, contreforts, etc. Cet équilibre d'ensemble est compromis dès lors que des travaux de reprise en sous-œuvre ou de démolition sont mal entrepris ou lors d'une surcharge accidentelle venant d'un éboulement à des niveaux supérieurs.

Outre ces facteurs structurels, les terrains de couvertures, moraines glaciaires, sont parfois non stabilisés. Des indices indirects de ce mécanisme de rupture nous sont fournis par les légers désordres que l'on voit s'installer dans les maçonneries au fil du temps. Une campagne d'observation fine peut permettre d'observer des dislocations et fissures dans les murs, les escaliers et les maçonneries de galeries.

Par ailleurs, les facteurs climatiques ne sont pas à sous-estimer. En effet, lors de fortes précipitations atmosphériques, l'eau s'infiltré massivement dans le sol superficiel. Une zone saturée se développe alors dans le sous-sol au contact d'une couche moins perméable pouvant ainsi entraîner un glissement de terrain.

2. Diagnostic des ouvrages existants

2.1 Les balmes St Clair

Le pied des balmes de Caluire est fortement urbanisé. Les immeubles sont soit adossés directement à la colline, soit séparés de la falaise par une courette, elle-même construite à l'abri de grands murs de soutènements. Ils se succèdent le long de la pente en un dégradé de murailles avec des terrasses intermédiaires.

Lors de la construction de ces ouvrages, des cavités artificielles ont quelquefois été conservées. Murées par l'édification de la maçonnerie de placage, ces cavités deviennent insoupçonnables et, par là même, source de risque soit lors des travaux de confortement soit pour la stabilité des murs car elles peuvent évoluer en s'effondrant petit à petit.

Assurer l'intégrité de ces ouvrages est donc nécessaire afin d'assurer la sécurité du public. Un entretien régulier des ouvrages doit être réalisé ainsi qu'un suivi de l'évolution des désordres constatés lors d'un diagnostic initial.

Le diagnostic consiste en une auscultation visuelle du secteur. L'ingénieur est souvent confronté à des difficultés d'accès, non seulement du fait de propriétés généralement privées mais aussi du mauvais entretien des accès, de la hauteur des ouvrages (nécessité d'une nacelle pour inspecter), etc. L'auscultation visuelle est également difficile si la végétation est abondante et se pratiquera plus aisément en hiver.

Nous présentons ci-après un exemple de suivi géotechnique des ouvrages avec les préconisations associées. Nous avons choisit un deuxième exemple afin d'illustrer la complexité de développer un projet d'immeubles neufs dans ce contexte.



Figure 1. Vue des balmes de St Clair

2.2. Auscultations et préconisations – Grande Rue de St Clair

A la demande et pour le compte de la ville de Caluire, ARCADIS effectue une mission de surveillance des balmes le long de la Grande Rue de St Clair depuis 1987. Le dispositif de surveillance des balmes comprend des tubes inclinométriques, des nivelles et des fissuromètres à 2 billes (mesure de l'écartement) et 4 billes (mesure de l'écartement, rejet et basculement de la fissure). Les relevés sont effectués trimestriellement sauf pour les inclinomètres qui sont relevés annuellement.

Ce dispositif de surveillance permet de contrôler notamment l'évolution des désordres reconnus sur des ouvrages de soutènement et un escalier. La figure 2 illustre l'ouverture progressive d'une fissure depuis 1992 (27mm) mesuré par un fissuromètre à 4 billes. Au niveau du glissement et du rejet, les mesures ne sont plus réalisables compte tenu du décalage trop important des billes. De même, certaines mesures de nivelles, comme illustrées sur la figure 3, permettent de mettre en évidence un basculement de mur vers l'aval.

Les observations des désordres indiquent, d'une part, le basculement sous la poussée des terres d'un mur de soutènement en béton, mal fondé et, d'autre part, la dislocation d'un escalier dû à l'instabilité des terrains sous jacents, vraisemblablement des remblais emportés par les infiltrations. L'absence de désordres de grande amplitude sur ces balmes et les observations effectuées indiquent qu'il s'agit d'un phénomène d'instabilité locale derrière le mur de soutènement (coin de terre) correspondant aux aménagements du jardin.

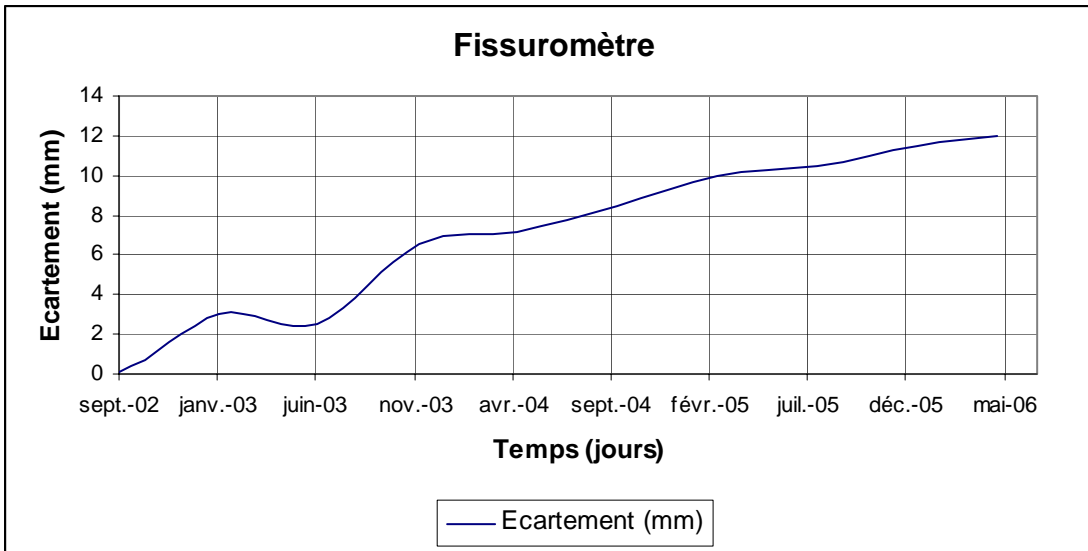


Figure 2. Exemple de lecture au fissuromètre à bille

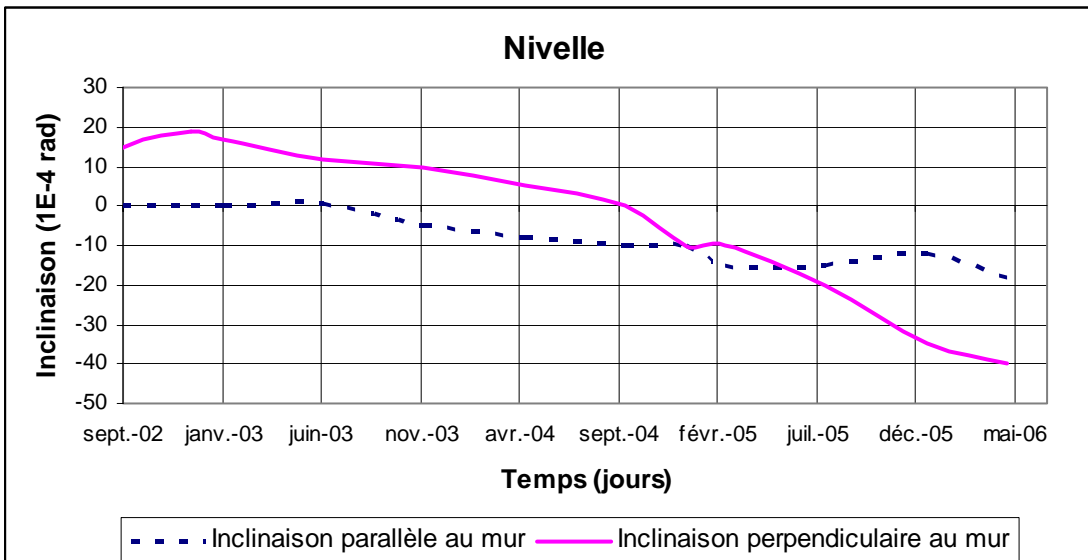


Figure 3. Exemple de lecture de nivelles

Notre analyse a permis de préconiser les travaux à engager afin de stabiliser le mur avant que les mouvements ne prennent trop d'ampleur et provoquent une rupture et la ruine du mur. Compte tenu du contexte, une solution de confortement adaptée consiste à réaliser un clouage du mur en béton, un renforcement et un clouage du mur en maçonnerie de galets adjacent dont la pérennité n'est plus assurée.

Le talus qui surplombe ce mur, trop raide pour que se maintienne la végétation, est sujet à des phénomènes d'érosion. Etant donné que la place disponible ne permet pas d'adoucir la pente du talus, un gunitage de la partie supérieure du talus (la plus pentue) a été préconisé. Le béton projeté (armé) sera mis en œuvre après décapage de la terre végétale, élimination de la végétation et léger reprofilage. La partie inférieure, moins raide, sera plantée d'une végétation basse à fort enracinement, au préalable, cette partie sera aménagée en petites terrasses à l'aide de fascines afin de retenir les terres et favoriser l'enracinement.

Ce confortement est destiné à renforcer la stabilité locale du mur de soutènement et du talus qui le surplombe. Il n'a pas pour but d'assurer la stabilité vis à vis d'éventuels mouvements de

plus grande ampleur dont le risque de déclenchement n'a pas été démontré en l'état actuel de la balme. En effet, les mesures effectuées régulièrement depuis plusieurs années n'indiquent pas de mouvement d'ensemble du versant.

2.3. Nouveaux aménagements

L'OPAC du Rhône prévoit l'aménagement de 2 ilots d'immeubles au pied des ouvrages de soutènement actuels situés le long des balmes de St Clair. Arcadis a été chargé de la maîtrise d'œuvre complète des aménagements et confortement des ouvrages de soutènements des ilots A2 et A3 de la ZAC St Clair à Caluire.

Le projet implique un remodelage et agrandissement de la plateforme actuelle. De nouveaux ouvrages de soutènement sont donc à prévoir en plus du confortement des ouvrages existants. Les mesures de confortement doivent permettre de garantir une pérennité des ouvrages de l'ordre de 30 ans (délai usuel pour ce type d'ouvrage) sans intervention ultérieure autre qu'un entretien courant, car la plupart des ouvrages seront à terme difficilement accessibles (espaces réduits).

L'autre difficulté du projet résidait dans les incertitudes liées à l'état des ouvrages existants, la géologie située à l'arrière de ceux-ci et la présence éventuelle de galeries souterraines. Effectivement durant les travaux, un fontis de 7m haut (120m³) a été découvert immédiatement à l'arrière d'un mur de soutènement existant. Ce fontis, lié à une cavité non visitable avant le début des travaux et qui n'avait pas un rôle de drainage apparent, a été comblé par du béton.

La liste ci-dessous énumère les types de travaux prescrits par rapport au diagnostic réalisé et aux objectifs de sécurisation :

- Nettoyage et élagage des talus ; ces travaux préliminaires ne consistent pas à une éradication totale de la végétation qui assure une protection passive en limitant l'érosion des talus et en retenant les galets issus de l'érosion des falaises.
- Protection des falaises non végétalisées par gunitage ou par un grillage plaqué de façon à contenir les éboulements issus de leur érosion.
- Démolition de la crête des murs en maçonnerie dont l'érosion est prononcée.
- Renforcement des murs en maçonnerie conservés par boulonnage et croix de Saint André. Rejointoiement des murs en maçonnerie.
- Protection en crête des murs et des parois par une couvertine et un grillage préventif de type grillage de jardin de l'ordre de 1.50 m de hauteur. Outre la protection des personnes, il assurera une protection contre les chutes de pierres.
- Drainage de tous les ouvrages de soutènement. Les barbacanes existantes seront curées et surforées, les parois avec béton projeté seront équipées de barbacanes et de drains d'appel avec collecte des eaux en pied de paroi, les exutoires devant être reliés aux réseaux des futurs bâtiments.
- Comblement d'anciennes caves par un remplissage en béton pérenne qui permet de constituer en pied de balme un mur poids. La façade en maçonnerie altérée et fissurée de ces caves sera entièrement traitée avec un gunitage en béton projeté.

Les travaux listés ci-dessous ont permis d'agrandir la plateforme qui accueillera la nouvelle construction :

- Création de parois clouées et tirantées
- Démolition partielle d'ouvrages lors du terrassement de la future plateforme.
- Dans ce cas particulier aucun remodelage général des talus n'était possible afin de respecter les limites d'emprises de la ZAC.

3. Conclusion

La plupart des désordres généralement constatés sont essentiellement liés à l'absence d'entretien régulier avec un développement de la végétation et une érosion des talus et falaises encore à l'état naturel et un vieillissement des ouvrages sous l'effet conjugué du temps et de cette végétation.

Le tableau ci-après explicite les différents types de désordres régulièrement constatés sur les balmes et les réponses que nous apportons habituellement. Ce tableau n'est pas exhaustif et souvent c'est une combinaison de travaux qui est préconisée.

Tableau I – Types de désordres rencontrés

	Types d'instabilités/désordres répertoriés	Travaux d'entretien et de réhabilitation	Surveillance
Murs de soutènement	Ecroulement	Evacuation des déblais et reconstruction	
	Fissuration, bombement, basculement	<ul style="list-style-type: none"> • Ancrage des murs, • Mise en œuvre de Croix St André • Elimination des arbustes et racines à proximité des murs 	Surveillance avec nivelles et/ou fissuromètres
	Affouillement en pied	<ul style="list-style-type: none"> • Terrassement • Reprise des fondations 	
	Pierres déchaussées, disjointement de la maçonnerie	<ul style="list-style-type: none"> • Scellement des maçonneries, • Purge des maçonneries • Pose de grillages • Traitement des murs au désherbant 	
	Suintement, humidité	<ul style="list-style-type: none"> • Curage des barbacanes 	
Pentes, talus	Talus instables, moutonnement	<ul style="list-style-type: none"> • Reprofilage du talus (fascines, murs, ...) • Mise en place de soutènements avec drainage 	Surveillance avec des inclinomètres
	Ravinement, érosion superficielle	<ul style="list-style-type: none"> • Captage à l'amont des eaux de ruissellement (ex tranchée drainante) • Plantation d'une végétation basse à enracinement profond 	Vérification du bon fonctionnement des évacuations
	Arbres penchés à faible enracinement	<ul style="list-style-type: none"> • Coupe des arbres menaçants et essouchage • Plantation d'une végétation basse à enracinement profond 	

Il est indéniable que les ouvrages du passés sont noyés dans le tissu urbain Lyonnais et la problématique de la maintenance des murs de soutènements et galeries souterraine ne doit pas être sous-estimée afin de garantir la stabilité d'ensemble des balmes, assurant ainsi la sécurité des biens et des personnes.

Le rôle de la commission des balmes, à Lyon, est donc primordial pour apporter la garantie que les développeurs intègrent cette contrainte dans leurs projets. Mais il est tout aussi important que le public, et notamment les propriétaires et gérants d'immeubles soient informés de leurs devoirs d'entretien, de rénovation et de surveillance non seulement des ouvrages mais des balmes en général, afin de pouvoir détecter des signes de faiblesse avant la réalisation d'un sinistre.

4. REFERENCES

LA RENOVATION DU QUARTIER ST CLAIR A CALUIRE, Colloque National Lyon 13-14 mars 1979, JP ASTE, P GAUSSET, M KLEIN, A MALATRAIT, M REGAD
GEOLOGIE DU GRAND LYON, Publication Grand Lyon 2005, N MONGEREAU
TYPOLOGIE ET PREVENTION DES RISQUES ET ACCIDENTS GEOTECHNIQUES EN SITE URBAIN, rapport de thèse octobre 1991, L VINET