

BALMES

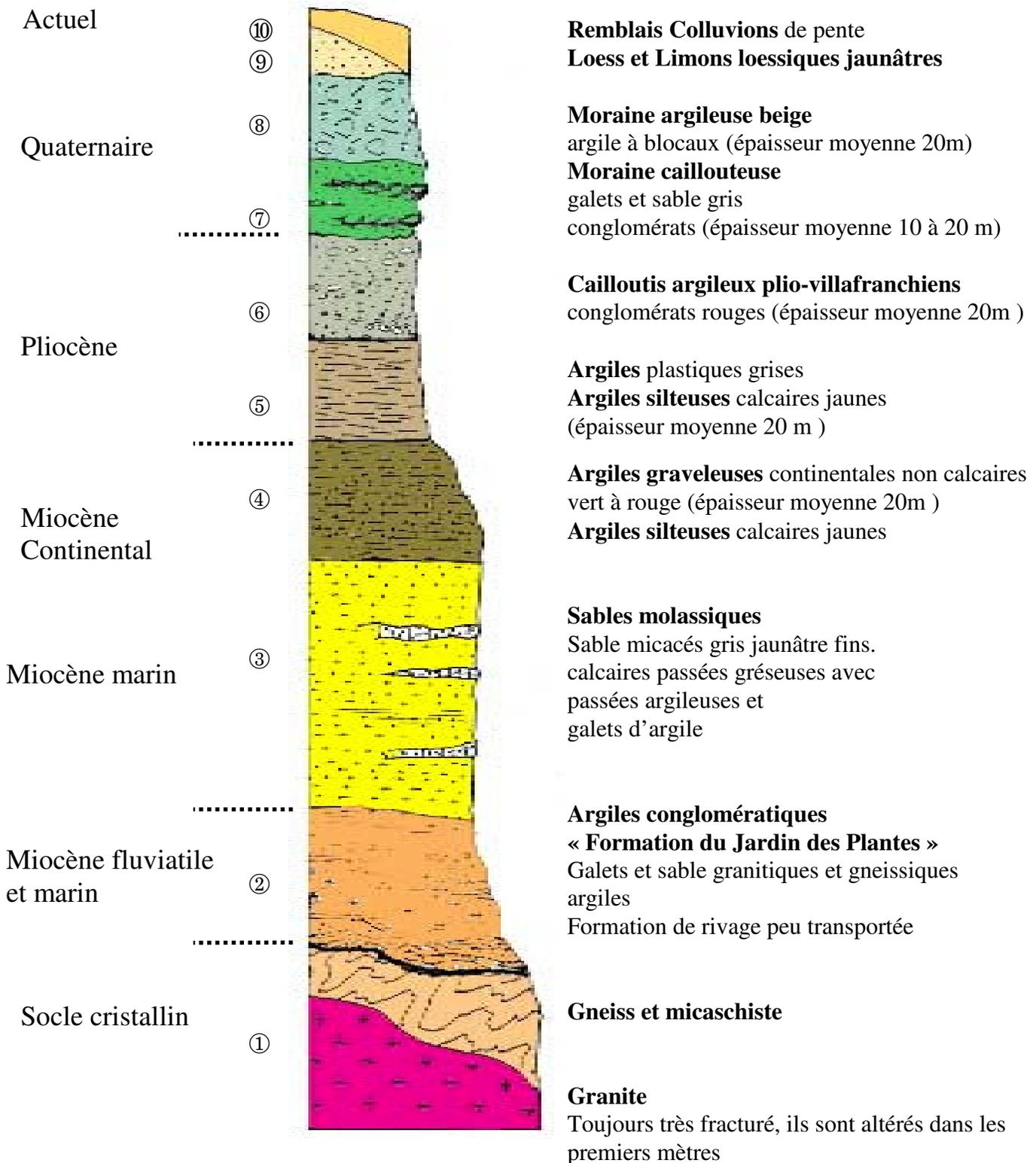
NOTE GEOTECHNIQUE

Commission des Balmes.
Note réalisée par :
N.MONGEREAU, L.VINET

Avril 2004

lère PARTIE: LES BALMES DE LYON

Figure 1. Superposition synthétique des terrains rencontrés dans les collines de la Ville de Lyon



Épaisseur : Elle est très variable d'un point à un autre pour chacune de ces formations. Tantôt le socle cristallin affleure jusqu'à la cote 200 m, tantôt il disparaît entièrement sous les alluvions. Les contacts Miocène-Pliocène-Glaciaire sont autant de discontinuités sédimentaires impliquant une érosion irrégulière de la couche précédente avant et pendant le dépôt de la couche suivante.

1. Succession des horizons géologiques

Géologie et morphologie (figure 1)

- N° ① - Les collines Lyonnaises sont constituées par un substratum de nature granitique, gneissique ou micaschisteux sur lequel peuvent exister en totalité ou en partie les horizons sédimentaires suivants :
- N° ② ③ ④. - A la suite du dépôt d'une formation littorale argilo-conglomératique apparaissent des sédiments sablo-gréseux d'origine marine (molasse) passant vers leur partie sommitale à des argiles silteuses et graveleuses d'origine continentale. L'ensemble est d'âge miocène.
- N° ⑤ ⑥ - Viennent ensuite des formations attribuées au Pliocène, présentes sous forme d'argiles et de cailloutis dont en particulier les alluvions jaunes.
- N° ⑦ ⑧ - Se sont déposés ensuite les dépôts glaciaires quaternaire présents sous forme de moraines caillouteuses, partiellement consolidées en poudingues, ou argileuses.
- N° ⑨ - En certains points existent des loess, contemporains des formations glaciaires, et des limons issus du remaniement des loess
- N° ⑩ - Sur les pentes, d'anciens glissements et des ravinements ont laissé un recouvrement de colluvions qui tapissent les versants et forment un manteau peu stable.

Enfin, les formations géologiques sont souvent recouvertes d'une couche de remblais anthropiques : matériaux de démolition, sol remanié, terrasses etc...

Les collines, constituées par tout ou partie des formations ci-dessus décrites, culminent à 250m NGF pour la colline de la Croix-Rousse et 300m pour la colline de Fourvière. Elles dominent les vallées de la Saône et du Rhône qui coulent à l'altitude moyenne de 160m, avec des quais à 170m.

L'érosion fluviale est à l'origine des versants qui comprennent des falaises de 20 à 40 m de hauteur, souvent liées à des travaux historiques, soutenant des zones de raccordement au plateau moins pentues. Ces versants appelés "Balmes" ont acquis une stabilité naturelle dont les conditions sont déterminées par les caractéristiques géotechniques des formations qui les constituent.

2 Stabilité naturelle des formations géologiques concernées

2.1 Le substratum constitué de terrains granitiques ou gneissiques

Figure 1
N° ①

Il peut être considéré comme un terrain de bonne tenue. L'ensemble des abrupts auxquels ils donnent lieu a une origine ancienne et ils peuvent être considérés comme stables. Cependant, en certains points, si la fracturation de la roche le favorise et si les circulations d'eau ou le travail des végétaux sont intenses, des blocs ou pans rocheux peuvent se détacher. Des purges périodiques des points sensibles sont alors à prévoir. Eventuellement, des mesures de protection permanentes pourraient être envisagées (grillages de protection, clouage, béton projeté, etc. ...).

2.2 Les terrains tertiaires

Figure 1
N° ②

2.2.1. Argiles rouge-vert, sableuses à passées conglomératiques, c'est la « formation du Jardin des Plantes » d'origine littorale. De bonne compacité elle présente des caractéristiques mécaniques élevées mais elles peuvent contenir de l'eau dans des lentilles très perméables. Il convient alors de les drainer.

2.2.2. Les sables molassiques

Figure 1
N° ③

Formation à disposition lenticulaire de sables fins compacts à passées grossières. Des horizons grésifiés d'épaisseur décimétrique et d'extension décimétrique à décamétrique confèrent à cette formation une bonne stabilité d'ensemble. A l'affleurement, des falaises verticales peuvent être préservées (balmes de Saint-Fons). Cependant ces reliefs à nu connaissent un recul par écaillage lié à l'apparition de fissures de traction parallèle au plan de la falaise. L'action atmosphérique altère peu à peu les caractéristiques d'origine. Elles sont très dangereuses à l'arrière des murs de parement.

Des épisodes argileux ou argilo-silteux se rencontrent, notamment au sommet de la formation. Très compacts ils sont sujets à des variations de consistance en fonction de la teneur en eau.

2.2.3. Les argiles graveleuses

Figure 1
N° ④

Couronnant le Tertiaire, ces argiles à sable grossier, sont épaisses et compactes. La mise en place lenticulaire entraîne des variations granulométriques qui rendent les circulations d'eau possibles dans les lentilles plus sableuses qu'argileuses. Mécaniquement très compactes, elles doivent être diagnostiquées avec soin en raison de leur fonction aquifère (nombreuses galeries).

2.3. Les terrains pliocènes à plio-quatérnaires

Figure 1
N° ⑤

2.3.1. Les argiles silteuses jaunâtres et des argiles plastiques grises assurent la transition pliocène. Les premières comportent des lits grésifiés qui leur donnent une bonne cohésion. Les deuxièmes, plus rares - secteur du Bon Pasteur à la Croix Rousse par exemple - s'altèrent à l'affleurement.

Figure 1
N° ⑥

2.3.2. Les cailloutis dits plio-villafranchiens. Cette formation de galets de quartzite emballés dans une matrice argileuse plus ou moins sableuse rougeâtre est très compacte et peu perméable. Ils sont présents sur le plateau de l'Ouest (Point du Jour, Duchère, etc...).

2.4. Les formations morainiques

Figure 1
N° ⑦

2.4.1. La moraine caillouteuse

De type fluvio-glaciaire, cette formation de nature lenticulaire est sablo-caillouteuse. D'épaisses lentilles de galets sont ponctuées par des lentilles de sable gris. Très perméable, naturellement drainée, cette formation présente des horizons de poudingues à forte cimentation calcaire. Ils modifient les propriétés aquifères et favorisent le lessivage des lentilles de sable meuble.

Les poudingues, à l'affleurement sur les versants ou dans le front de taille des anciennes carrières, forment des surplombs qui basculent parfois en raison du sous-cavement de niveaux meubles. Bon terrain d'assise, il nécessite des reconnaissances en raison des vides possibles. D'importants talus à 80° ont été traditionnellement pratiqués, non sans danger, par les anciens carriers.

Figure 1
N° ⑧

2.4.2. La moraine argileuse

Classique « argile à blocs » cette formation très hétérométrique comporte des galets quelquefois striés (calcaires) ou cassés et quelque blocs erratiques de diamètre métrique au sein d'une matrice argilo-sableuse. Celle-ci peut-être franchement argileuse ou plutôt sableuse. Des ensembles sableux peuvent être intercalés dans la formation. Il en ressort une formation qui, en place est bien compacte mais qui demande une identification approfondie, surtout sur les versants où elle a pu donner des colluvions.

2.5. Loess et limons

Figure 1
N° ⑨

Chronologiquement déposé en dernier, le loess est une formation éolienne mise en place à l'aval du front des glaciers. Postérieur au maximum de la dernière glaciation régionale, il peut recouvrir les diverses formations précédemment décrites. Son épaisseur va de quelques décimètres à plusieurs mètres. C'est un matériau meuble mais de bonne cohésion, constitué d'éléments très fins de nature diverses, quartz, mica, calcaire et argile. Il donne des talus stables. Cependant s'ils sont proches de la verticale, ils peuvent s'effondrer par écaillage progressif. On a donc intérêt pour éviter cette évolution à taluter artificiellement les abrupts et à les protéger par des plantations. Le Loess est présent sur plusieurs secteurs des plateaux. Il est souvent remanié en limon par lessivage le long des versants et en pied de pente.

Formation peu perméable, il peut en surface être décalcifié et acquérir une bonne perméabilité. Le calcaire ainsi dissous donne en profondeur des concrétions appelées poupees du loess

2.6. Colluvions et remblais

Figure 1
N° ⑩

Sur les versants des collines, des recouvrements morainiques et limoneux sont relevés en sondage : il s'agit souvent de colluvions. En effet les formations géologique glaciaires ont pu être ravinées et glissées sur les pentes des collines. Ces colluvions forment un manteau potentiellement instable en cas de circulation d'eau importante.

Enfin l'activité humaine a fortement marqué le sol de la ville : terrassements, remblaiements, reprofilage des reliefs ont entraîné la formation de plusieurs mètres de remblais ou sols anthropiques. Ces formations superficielles apparaissent en sondages géotechniques par leurs caractéristiques médiocres.

3. Evolution morphologique des balmes

L'évolution morphologique de ces secteurs a conduit à la constitution de versants naturels. Les terrains de couverture de ces versants, éboulis et sols, se sont stabilisés progressivement avec l'implantation de la végétation. La circulation naturelle des eaux s'est progressivement établie.

Petit à petit l'homme s'est installé en quelques points de la balme, le plus souvent en liaison avec les points d'eau, ou par nécessité militaire ou encore parce qu'intuitivement le terrain lui semblait plus stable.

Au cours des temps historiques, d'importantes retouches ont aboutit à la création de falaises et d'abrupts verticaux : anciennes carrières et dégagement d'espaces de circulation ou de construction. Ces retouches morphologiques ont introduit des déséquilibres potentiels.

Enfin, au cours des deux derniers siècles, certains secteurs des balmes n'ont pas échappé à l'urbanisation qui a caractérisé l'agglomération lyonnaise.

4. Impacts des installations humaines

Les aménagements des balmes par l'homme modifient les conditions naturelles de stabilité et leur impact peut être à cet égard négatif ou positif.

Il est négatif lorsque l'ouvrage entraîne des tassements différentiels avec modification des circulations d'eau, sous-cavements, apparition de ligne de rupture au sein du massif rocheux ou perturbation dans les terrains adjacents et lorsque les dispositifs de soutènement ne sont pas appropriés ou très dégradés.

Il est positif lorsque ces aménagements sont de nature à stabiliser les terrains de couverture et à les ancrer dans les sous-couches plus stables.

Une vision mécanique de la construction de bâtiment conduit à dire que le poids des terres enlevées pour réaliser la fouille, dans laquelle est construit le bâtiment, est supérieur au poids du bâtiment. C'est très souvent vrai mais il ne faut pas négliger la potentialité d'une instabilité induite, indépendante de charge exercée.

Les conséquences actuelles de l'urbanisme du XIX siècle sont un avertissement. L'évolution naturelle des processus d'érosion le long d'un versant et le vieillissement des installations humaines sont générateurs de risques géotechniques à long terme.

Les balmes sont une importante rupture topographique naturelle. Elles peuvent permettre la conservation et la valorisation d'espaces verts qui sont une marque toute particulière du paysage urbain de la Ville de Lyon.

5. Les murs de soutènement

Les ouvrages de soutènement réalisés au XIX^e siècle et au début du XX^e siècle, tous en maçonnerie de pierre, étaient souvent jointoyés au mortier de chaux. Généralement, pour des ouvrages de moins de six mètres de hauteur, l'épaisseur à la base est légèrement inférieur au tiers de la hauteur, elle se réduit ensuite par décrochements successifs. Très souvent, les ouvrages dépassant six mètres de hauteur comportent des contreforts relativement rapprochés, ce qui explique leur stabilité.

En principe, ces murs de soutènement sont pourvus de barbacanes régulièrement espacées. Mais dans certains cas, il n'y a aucune barbacane, ce qui peut a priori, paraître surprenant quand on connaît le sens constructif de nos anciens. Les différents sondages et reconnaissances effectués ont montré que ce sens constructif n'est pas mis en défaut, au contraire. En effet systématiquement, tous les murs en maçonnerie de pierre sans barbacane se trouvent soutenir des massifs de sable très perméables. Nous en déduisons donc que nos anciens considéraient que ces massif étaient auto-drainants, qu'il n'y avait donc aucun risque de voir de l'eau se mettre en pression derrière les parements. Il y a d'ailleurs lieu de noter que ces derniers sont toujours parfaitement sec.

Au cours des expertises, les auteurs ont découvert certains murs de grande hauteur qui défient les lois de la statique. Nous en citerons deux que nous avons observés au cours d'Herbouville :

- un mur de 11 mètres de hauteur n'ayant à sa base que 1 mètre d'épaisseur ;
- un mur, avec un léger cintre convexe vers l'amont, ayant 30m de hauteur avec une épaisseur de 1,80m seulement à sa base.

En réalité, ces murs ne constituaient pas de véritables murs de soutènement. Le second en particulier était séparé par un vide de plusieurs centimètres de la molasse très compacte ayant un parement vertical parfaitement stable. Il s'agit donc de mur de placage qui, à notre avis étaient destinés uniquement à protéger les talus naturels subverticaux contre l'action des intempéries. Mais quelquefois, à l'arrière de ces murs, des remblais de qualités diverses avec bricaillons et déchets se sont accumulés au cours des ans et ont constitué un léger coin de poussée.

Tant que ces ouvrages restent encastrés dans un ensemble immobilier avec murs de refend, contreforts, etc, ils sont stables, car ils ne subissent pratiquement pas de poussée des terrains qu'ils dissimulent, mais dès que l'équilibre d'ensemble est compromis, soit par des travaux de reprise en sous-œuvre, soit par démolition ou surcharge accidentelle venant d'éboulements de fonds supérieurs, ces murs sont susceptibles de s'effondrer brutalement, comme cela a été le cas dans la partie centrale du n°14 du cours d'Herbouville en 1981 (mur de 11 m de haut).

Précisons encore que, souvent, sur le flanc des collines de la Croix Rousse ou de Fourvière, les bâtiments sont véritablement encastrés dans les talus. Leur profondeur augmente avec le nombre des étages pour suivre la pente générale des talus. Quelquefois, des caves étaient construites dans le talus à l'arrière des immeubles de plein pied avec les appartements du 2^{ème} ou 3^{ème} étage.

Outre l'eau, un autre facteur peut être à l'origine de l'effondrement des murs de soutènement. Il s'agit des modifications apportées au cours des ans. En effet, très souvent pour gagner de la place, on surélevait les murs avec de nouveaux remblais ou au contraire, on excavait au pied de ces murs pour aménager un terre-plein. On modifiait ainsi gravement l'équilibre du mur prévu initialement par ses constructeurs.

On citera pour mémoire les murs constitués d'agglomérés creux ou plein de ciment construits depuis une trentaine d'année jusqu'à 2 ou 3 mètres de hauteur. Ces ouvrages se sont très fortement déformés ou éboulés. Cela n'est pas étonnant, car leur construction dans de telles conditions échappe à tout bon sens.

6. Origine de l'eau, facteur déclenchant les accidents

On doit tout d'abord exclure toute fatalité concernant les mouvements constatés.

Les formations géologiques qui participent à la constitution des collines contiennent, quelle que soit leur nature, de l'eau dont l'origine est l'eau de pluie, qu'elles stockent temporairement et qui s'écoule naturellement vers leur profondeur ou leur bordure. Au cours de l'histoire géologique, les collines ont été façonnées selon le processus naturel de l'érosion et ont acquis un état d'équilibre qui temporairement prend en compte l'eau contenue dans les terrains. Les paramètres conduisant à cet état d'équilibre peuvent être modifiés notamment par des augmentations de hauteur de pluie et conduire à des modifications de l'état d'équilibre, concrétisées par des mouvements superficiels.

On doit ajouter à cet état naturel les modifications apportées par l'homme, à savoir les réseaux de galeries et les constructions, en particulier des murs de

soutènement, deux paramètres importants dont les variations contribuent à la remise en cause de l'état d'équilibre.

6.1. Pluviométrie

S'agissant plus spécialement de l'eau de pluie, on dispose des relevés pluviométriques journaliers. L'examen et étude de ces relevés montrent que l'éboulement de 1930 ne correspond pas à une période de pluviosité exceptionnelle. En revanche l'accident de 1932 a été précédé de 7 jours de précipitations supérieures à la moyenne mensuelle. En 1977, le mois de juillet a été marqué par une pluviosité supérieure à 2 fois la moyenne mensuelle. Enfin, en avril 1983, la hauteur de pluie a dépassée 4 fois la moyenne mensuelle, en mai 1983, 2 fois la moyenne mensuelle.

Si l'on compare la pluviométrie des mois d'avril et mai 1983 avec des pluviométries mensuelles les plus importantes enregistrées au cours de la période 1922-1984, on constate alors que la pluviométrie de mai 1983 (230 mm) n'est pas la plus forte enregistrée. Elle a été dépassée en octobre 1935 (247 mm), septembre 1965 (258 mm), ou approchée plusieurs fois sans qu'il y ait de glissement. Mais c'est la première fois que pendant trois mois consécutifs, la pluie a été extrêmement abondante. On constate ainsi que les mois de mars, avril et mai 1983 constituent le trimestre le plus pluvieux jamais enregistré dans la région lyonnaise.

En 1993, l'automne a également été très arrosé sur la région et plusieurs accidents géotechniques ont eu lieu : en septembre il est tombé 256 mm contre une moyenne mensuelle de 71 mm et en octobre 216 mm contre 72 mm.

Enfin 2002 le mois de novembre a connu une pluviosité de trois fois supérieure à la moyenne mensuelle ce qui a conduit notamment à un éboulement rocheux montée de la Duchère.

6.2. Rupture de canalisation de distribution d'eau potable

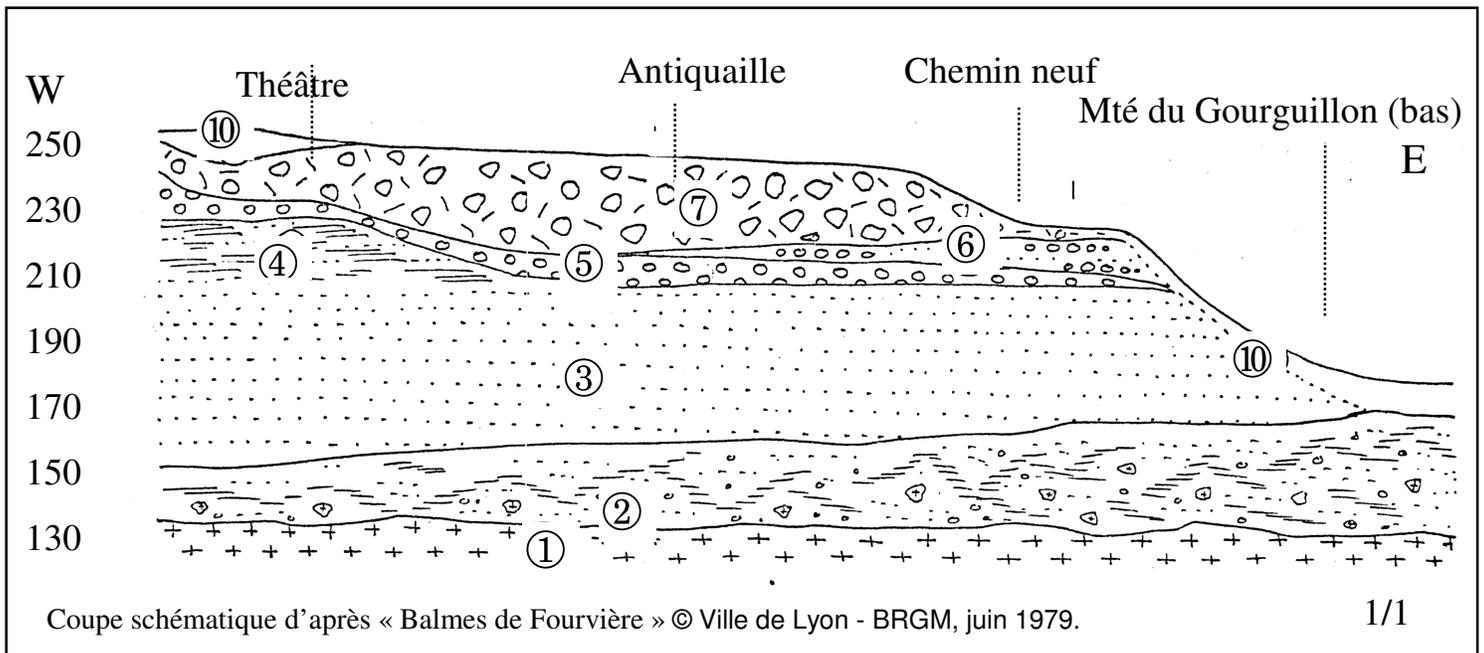
A ces venues d'eau en grande quantité, que le terrain et les ouvrages drainants ne peuvent rapidement éliminer, peuvent s'ajouter les venues d'eau accidentelles constatées en 1930 et 1977, liées à des ruptures ou mauvais écoulement de certaines canalisations.

Dans l'état actuel, ces ruptures imprévisibles restent le risque le plus important et le moins bien maîtrisé.

Si l'absence de fatalité est réelle, l'est aussi l'absence de mesures dont le scientifique a besoin pour approcher le risque. S'il peut connaître le terrain, son comportement, la hauteur de pluie et statistiquement approcher une méthode de prévision des glissements, il ne peut contrôler tous les paramètres qui dépendent de la responsabilité collective et qui entrent dans le cadre des mesures de prévention.

**II ° PARTIE. LES BALMES DE LYON.
NOTES DESCRIPTIVES DES DIFFERENTS SECTEURS**

1. BALMES DE FOURVIÈRE - SECTEUR DE SAINT JEAN - SAINT PAUL



Géologie

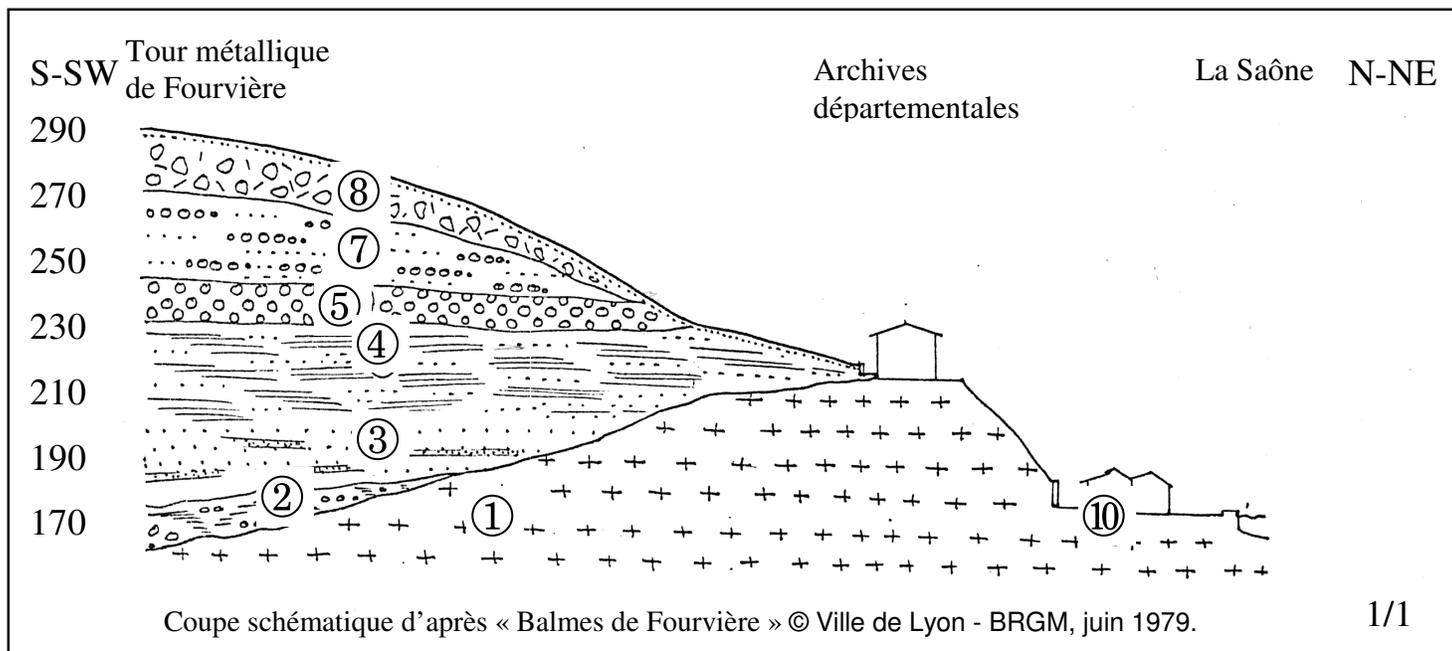
- Pied de balme
 - Alluvions récentes de la Saône
 - Remblais urbains.
- Balme falaise
 - Molasse sableuse miocène masquée par des éboulis
 - A la base de la molasse se rencontre un conglomérat argilo-sableux avec des galets de granite et gneiss, d'époque miocène et correspondant à la formation dite "du Jardin des Plantes".
- Zone intermédiaire
 - Au Nord (St Paul) : argiles graveleuses miocène masquées par éboulis de pente et sol végétal.
 - Au Sud (St Jean) : colluvions de la moraine argileuse masquant les argiles graveleuses et la molasse.
- Partie supérieure de la pente et plateau
 - Moraine argileuse et placages de loess

Eaux

Les eaux circulent dans les cailloutis. Elles sont recueillies au toit des argiles graveleuses et dans les éboulis de pente

Risques

- Fontis, venues d'eau, chute de vieux murs de soutènement ou de placage
- Moraines argileuses et argiles graveleuses en bordure de pente sont peu stables en cas d'imprégnation par l'eau. Les argiles peuvent faciliter le glissement de sédiments déposés sur elles. En revanche, la moraine caillouteuse, irrégulièrement consolidée en poudingue constitue des pentes stables.
- Il existe de nombreuses caves et cavités encore inconnues à l'arrière des immeubles contre la balme.



1/1

Géologie

- Pied de balme - Alluvions récentes de la Saône.
 - Remblais urbains.
- Balme falaise - Granite (Homme de la roche) et gneiss affleurant jusqu'à la cote 210 environ.
 - Cette formation est cohérente mais fortement fracturée, parfois altérée en surface et pouvant donner lieu à des dérochoirs. Falaise artificielle.
- Zone intermédiaire (200 - 210 m à 250 m)
 - Argiles graveleuses du miocène continental masquées par des colluvions, des remblais et le sol végétal.
- Rebord de plateau (250 - 260 m à 290 m)
 - Cailloutis pliocène jaunâtre.
 - Moraine caillouteuse peu affleurante.
 - Moraine argileuse.
- Plateau
 - Loess en placage irrégulier.

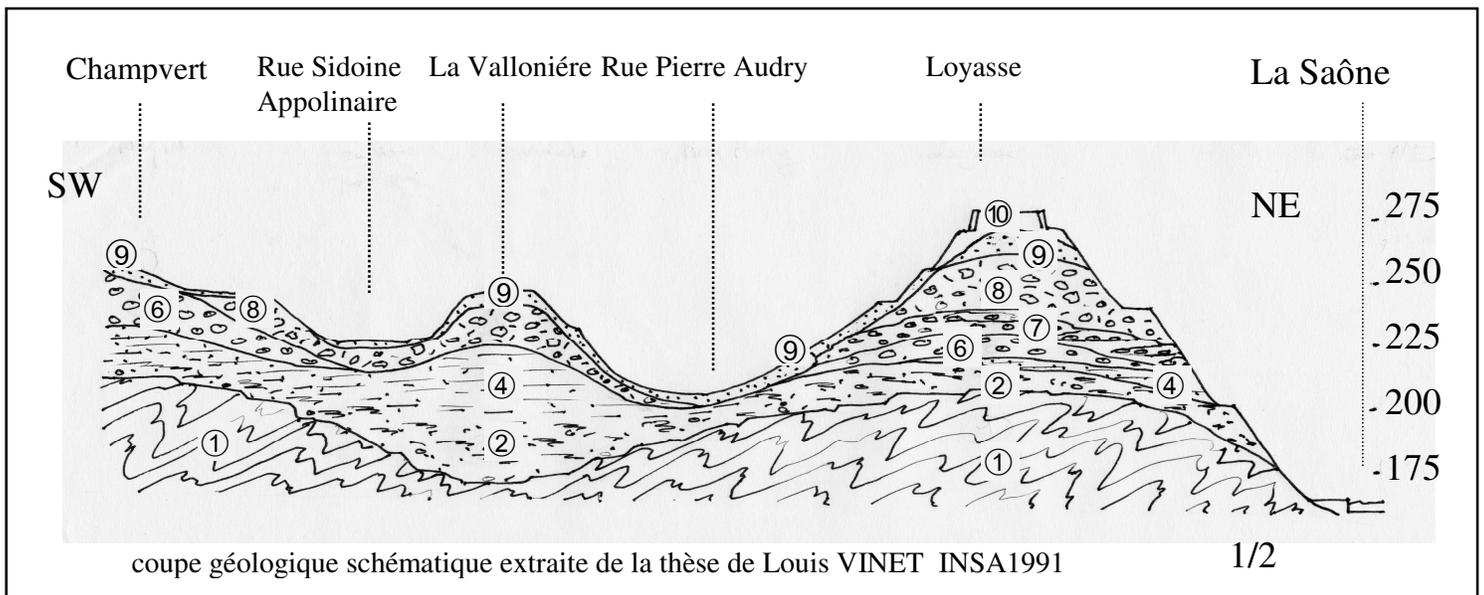
Eaux

- Circulation dans les cailloutis avec affouillement possible des lentilles argilo-sableuses.
- Nappes d'eau et émergences au toit des argiles graveleuses.
- Circulation dans les fissures du cristallin.

Risques

- **Fontis sur galeries anciennes**
- **Mobilisation du sol ou des remblais sur les argiles.**
- **Affouillement des cailloutis et moraine.**
- **Chute de blocs dans le cristallin fracturé.**

3. BALMES DE FOURVIERE SECTEUR DE LOYASSE - CHAMPVERT



Topographie

La balme forme ici un vaste amphithéâtre entre les promontoires de Loyasse et de Montribloud. Dans la partie Ouest de cette concavité le modelé naturel a été transformé par les déblais et les remblais des travaux autoroutiers.

Au centre se trouvent les entrées des tunnels autoroutiers et ferroviaires, au bas du vallon de l'avenue Sidoine Apollinaire. A l'Est, un autre vallon, emprunté par la rue Pierre Audry, relie le "col" de la place Trion à la plaine de Vaise- Gorge-de-Loup.

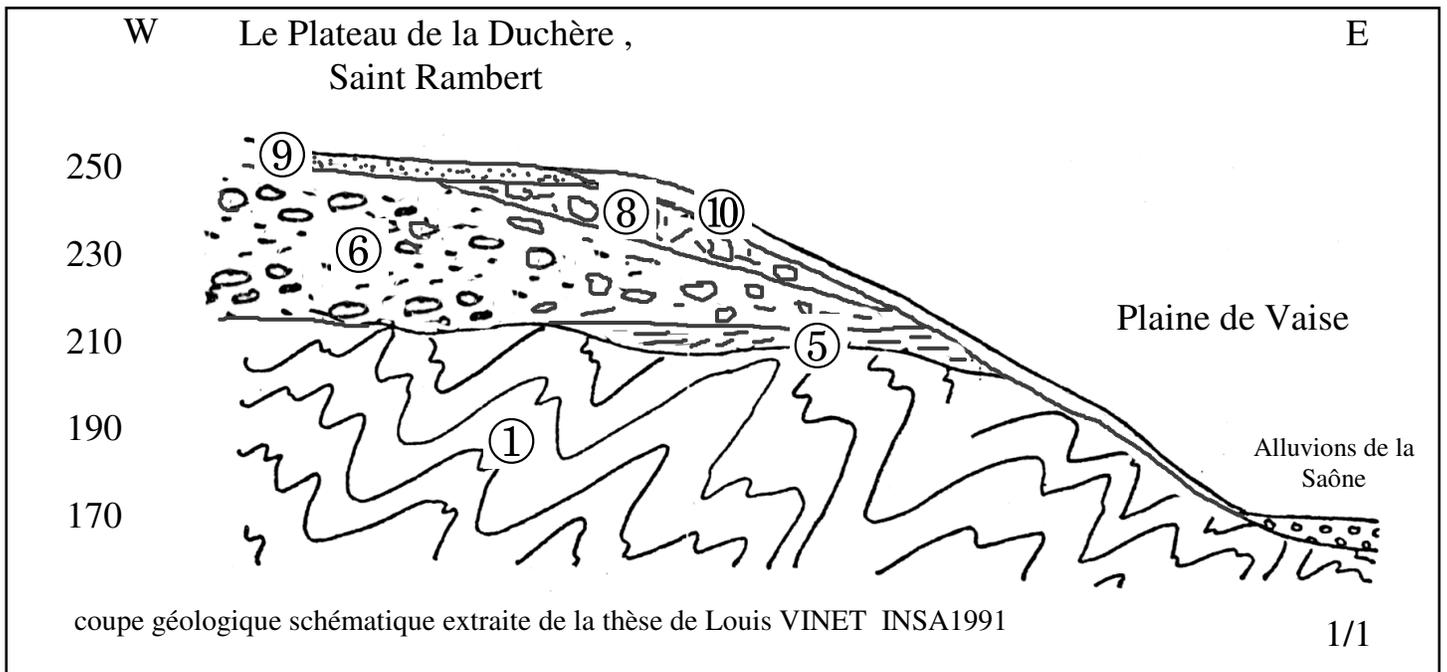
Géologie

Le promontoire de Loyasse présente une ossature gneissique mais le gneiss est masqué par les sédiments sus-jacents, les cailloutis pliocènes plus ou moins éboulés le long des pentes qui masquent aussi les argiles graveleuses miocènes, situées entre le socle et les cailloutis. Des placages de loess, irréguliers quant à leur épaisseur et à leur répartition, remaniés en colluvions le long des pentes, forment une partie des niveaux superficiels notamment sur le versant Ouest de Loyasse (jardins ouvriers). Le promontoire de Montribloud, montre une ossature conglomératique faite de niveaux consolidés de la moraine caillouteuse.

La moraine argileuse est présente dans l'est du secteur et disparaît vers l'ouest (Champvert). Importantes circulations d'eau à la base des cailloutis morainiques et pliocènes.

Risques

Bien qu'actuellement stabilisés, les talus et pentes sont formés de roches peu ou pas consolidées . Des mouvements d'ensemble sont à craindre (cf quartier de la Gravière) et des glissements localisés lorsque les terrassements recoupent les circulations d'eau. Des fontis peuvent apparaître sur d'anciens réseaux de galeries.



Géologie

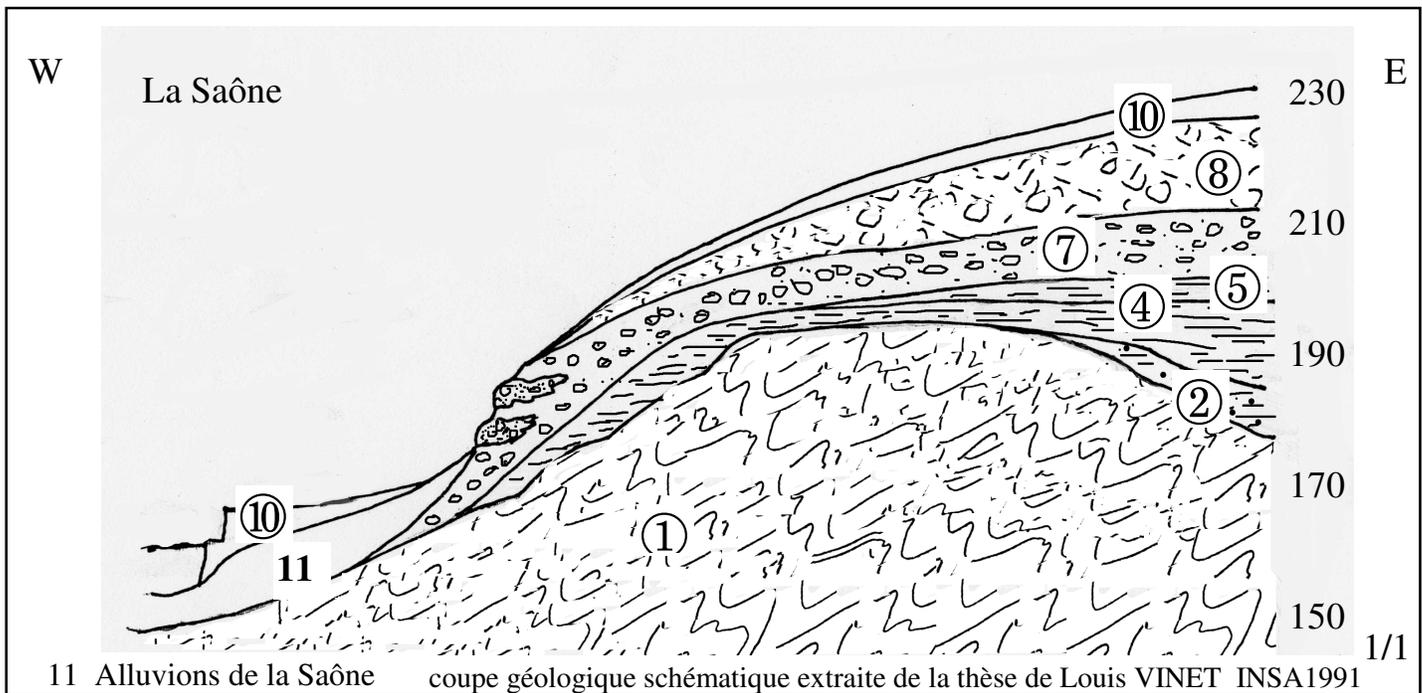
Pied de balme	Alluvions récentes de la Saône formant la plaine de Vaise, colluvions.
Balme	Elle est entaillée dans le gneiss qui affleure jusqu'à des altitudes comprises entre 190m et 210m Le rocher est plus souvent masqué par des éboulis de pente qui ménagent une transition assez douce avec la plaine alluviale.
Haut de balme	Au dessus du gneiss la pente s'adoucit elle est installée dans des cailloutis pliocènes, des argiles et des lambeaux de moraines.
Plateau	Placage de loess d'épaisseur variable.

Eaux

Elle circulent dans les alluvions caillouteuses et sortent en source au contact du gneiss ou bien au flanc de celui-ci après circulation dans ses fissures. Les sources sont assez nombreuses, aménagées dans d'anciennes propriétés.

Risques

- Gneiss très fracturé et altéré: mauvaise tenue en terrassement
- Déstabilisation des éboulis de pente.
- Modification des circulations d'eau : mise en charge de terrains rapportés avec risque de mobilisation.



Géologie

Pied de balme

Alluvions récentes de la Saône. Rivage stabilisé et construit.

Balme

Le gneiss forme l'ossature de cette balme mais il n'affleure pas en falaise, seulement à l'endroit d'entailles artificielles : le long de la montée des Esses où d'anciennes carrières existent en pied de pente. Il est revêtu par la moraine caillouteuse souvent consolidée en poudingue, elle-même souvent masquée par des éboulis de pente issus de la moraine argileuse. La balme rejoint ici le plateau sans transition, plateau formé par les moraines.

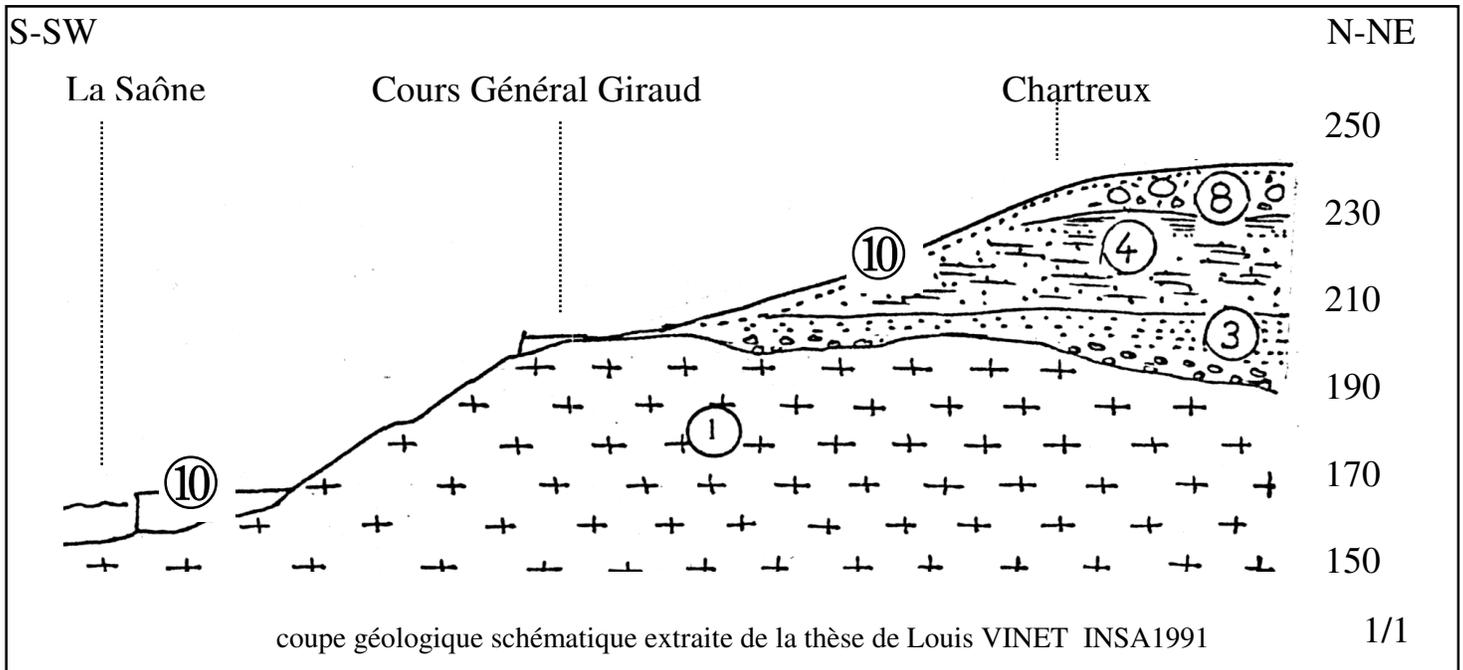
Eaux

Elles percolent le long de la pente dans les éboulis et la moraine caillouteuse. Elles affouillent les zones sableuses de ces formations, formant ainsi des salles souterraines, des chenaux et des zones caillouteuses peu cohérentes. Elles sortent en sources au contact du cristallin ou cheminent parfois dans les fissures de ce dernier avant de resurgir plus bas.

Risques

- Fontis
- Eboulis de pente mal stabilisés.
- La moraine caillouteuse risque parfois de s'ébouler à la suite de sous-cavements (cf terrain CNR 1981 et propriété Delmas).
- Le cristallin peu donner lieu à des dérochoirs lorsqu'il est fracturé ou à des zones peu cohérentes plus ou moins bouillantes lorsqu'il est altéré.

6. BALMES DE LA CROIX ROUSSE - SECTEUR COURS GENERAL GIRAUD



Géologie

Pied de balme	Alluvions récentes de la Saône et remblais.
Balme	Depuis le Fort Saint-Jean jusqu'au passage Gonin, la balme est une falaise abrupte de granite ou de gneiss sous le cours Général Giraud et le Jardin des Chartreux.
Zone intermédiaire (200 - 225m)	Les argiles graveleuses et silteuses du Miocène continental viennent se terminer en biseau sur le socle cristallin, mais toujours masquées par les moraines caillouteuses et argileuses en colluvions et des limons.
Plateau	Glaciaire argileux et remblais divers.

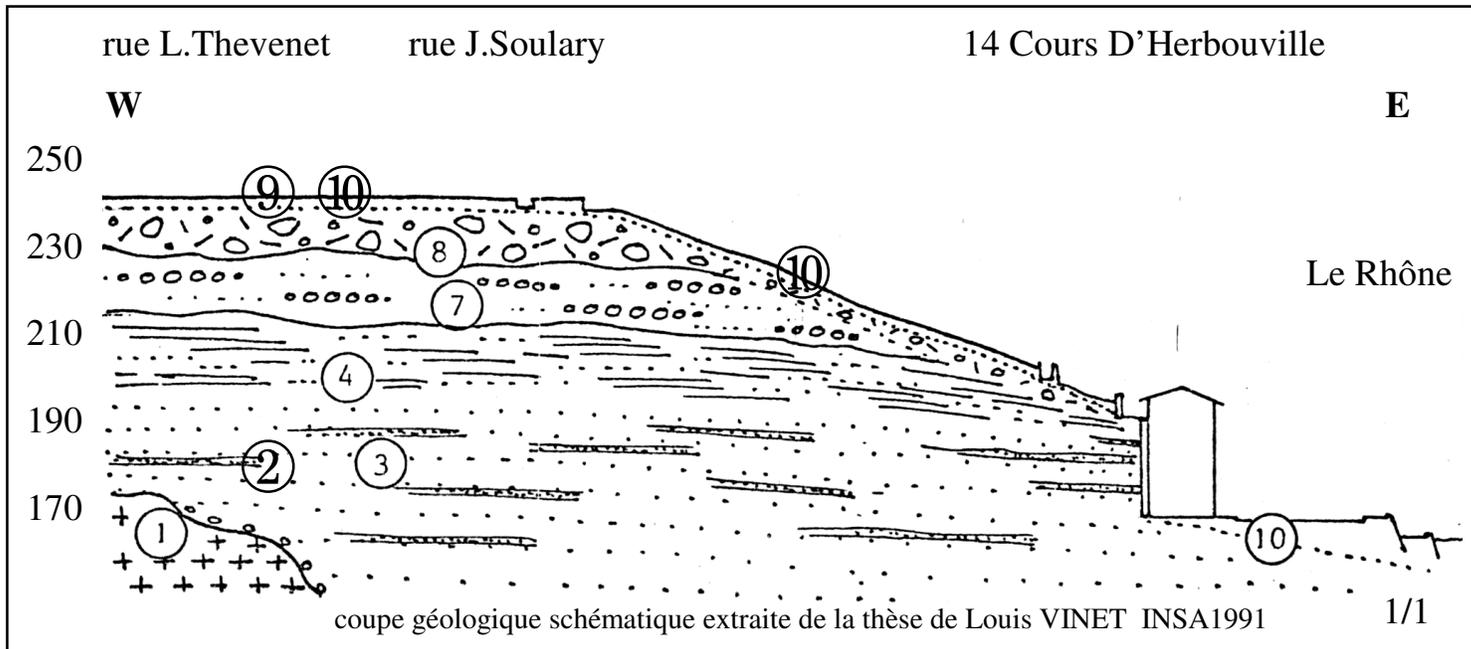
Eaux

Les eaux du toit des argiles sont assez abondantes et bien drainées dans ce secteur par des galeries. Elles percolent dans le glaciaire.
D'autres sont recueillies à la surface du cristallin après circulation dans la molasse sableuse.

Risques

- Fontis
- Dérochoir dans le cristallin (entraînement par la végétation par exemple).
- Déstabilisation de la moraine argileuse, à la suite de travaux déchargeant les talus en pied.

7. BALMES DE LA CROIX-ROUSSE - SECTEUR COURS D'HERBOUVILLE



Géologie

Pied de balme Etroite bande d'alluvions et de remblais artificiels formant le quai.

Balme Talus subvertical entaillé dans la molasse sableuse (170-200m). Ces sables stratifiés sont parfois irrégulièrement grésifiés en lentilles discontinues. Ce talus est équipé depuis le début du XIX^{ème} siècle de hauts murs qui limitent l'érosion superficielle de la falaise mais qui sont rarement d'authentiques ouvrages de soutènement.

La molasse affleure dans les niches ménagées le long de ces murs.

Hauts de balme, zone intermédiaire (200 - 225m)

Au sommet de la falaise se terminent en biseau les formations supérieures :

- argiles graveleuses du Miocène continental
- moraine caillouteuse
- moraine argileuse. Cette dernière, en place sur le plateau et glissée le long de la pente, masque généralement les affleurements des deux autres niveaux et contribue à former le sol végétal à galets.

Eaux

Elles circulent dans les moraines et affleurent, en bord de balme, au toit des argiles, en des points de circulation particulière : débouché de gouttières souterraines affectant le toit des argiles. Un réseau de galeries les exploite. Une importante galerie a été réalisée en 1955 pour drainer cette balme.

Risques

- **Fontis**
- **Mise en charge des terrains meubles par les eaux.**
- **Circulation et sous-cavements derrière les murs anciens.**
- **Eboulements de murs de placage anciens**