

LES FONTIS DE LA VILLE DE LYON ENTRE 1960 ET 2009 : CAUSES ET TYPOGRAPHIE

THE FONTIS OF THE CITY OF LYON BETWEEN 1960 AND 2009: CAUSES AND TYPOGRAPHY

Catherine POTHIER¹, VINET Louis², BOUILLON Nicole³, Ophelia BOUNPRASEUTH²

(1) Univ Lyon, INSA-Lyon, CNRS, LIRIS, UMR5205, F-69621, Villeurbanne, France

(2) Département GCU, INSA-Lyon, Villeurbanne – France

(3) Direction Prévention et Sécurité de la Ville de Lyon -Ville de Lyon, France

RÉSUMÉ – Les pentes des collines lyonnaises sont classées, du fait de leur topographie et de l'important réseau de galeries qu'elles renferment comme zones à risques géotechniques. La Ville de Lyon recense de nombreux fontis sur ces zones causées par l'effondrement de ces galeries ou l'action de l'eau. Cette étude analyse la répartition et la typologie de ces fontis.

ABSTRACT – The slopes of the Lyon hills are classified as geotechnical risk areas by topography and the large network of galleries. The City of Lyon has identified many sinkholes in these areas caused by the collapse of these galleries or the action of water. This study analyzes the distribution and typology of these sinkholes.

1. Introduction

La ville de Lyon comporte deux collines présentant une topographie accidentée dont les versants (appelés balmes) sont potentiellement instables. Leur géologie particulière alternant couches perméables et imperméables (Mongereau 2010) a permis la création par d'un important réseau de galeries de captage d'eau à des fins de consommation domestique. Si la fonction initiale de ces galeries a aujourd'hui disparu avec les dispositifs moderne l'adduction d'eau, elles continuent cependant de jouer un rôle capital en drainant les collines et de leurs versants, limitant le risque de glissements périphériques. Si certaines galeries sont actuellement reconnues, confortées et entretenues, d'autres restent encore inconnues ou/et en attente de confortement. Elles font partie de l'histoire et de l'occupation des collines avec de nombreux vestiges archéologiques. Ces galeries sont parfois à l'origine de la création de fontis mettant potentiellement en péril des structures avoisinantes. L'impact sur les infrastructures peuvent être très importants : effondrements de chaussées, fondations déchaussées, bâtiments disloqués...

Afin de limiter les risques liés à l'apparition de fontis la Ville de Lyon s'est dotée de plusieurs arrêtés municipaux (1984, 1994 et 2009) définissant des zones à risques géotechniques fondées sur la géologie, les propriétés géo-mécaniques des sols, les régimes hydrogéologiques, la topographie des sites et la présence de galeries ou vides. Ces arrêtés imposent la prise en compte de la condition de fontis dans le dimensionnement des fondations des bâtiments construits dans ces zones en raison de la présence probable de galeries non détectées. La Ville de Lyon, et plus particulièrement la Direction Prévention et Sécurité, recense et analyse l'ensemble des fontis apparu sur la zone à risques géotechniques de la ville. Cet article présente dans un premier temps la géologie des deux collines lyonnaise considérées comme une zone à risques géotechniques et la notion de fontis, puis une analyse statistique (positionnement géographique et géologique, étiologique, dimensions) des fontis qui ont frappé dans cette zone entre 1960 et 2009.

2. Géologie et Fontis Lyonnais

2.1. La géologie lyonnaise et hydrogéologie

Les collines lyonnaises sont fondées sur un substratum cristallophyllien granito-gneissique appartenant aux derniers reliefs orientaux du Massif Central. Viennent ensuite se déposer durant le Miocène des dépôts sédimentaires marins, les argiles conglomératiques littorales et les sables molassiques ; puis lacustres, deltaïques et continentaux avec les argiles siliceuses jaunes, argiles graveleuses vertes/marron et argiles limoneuses jaunes. Ensuite, au Pliocène, des dépôts d'argiles grises, des cailloutis argileux plio-villafranchien issu de comblement alpin se déposent (Vinet, 1991 ; Mongerau, 2010, Pothier 2020). Au Quaternaire, le retrait de la calotte glaciaire qui recouvrait le massif alpin laisse apparaître des moraines caillouteuses et argileuses (David, 1966, Mandier 1987). Quelques formations éoliennes, loess et limons, se déposent aussi aux sommets des collines et sur les versants. La figure 1 présente un log géologique de la colline de Croix-Rousse.

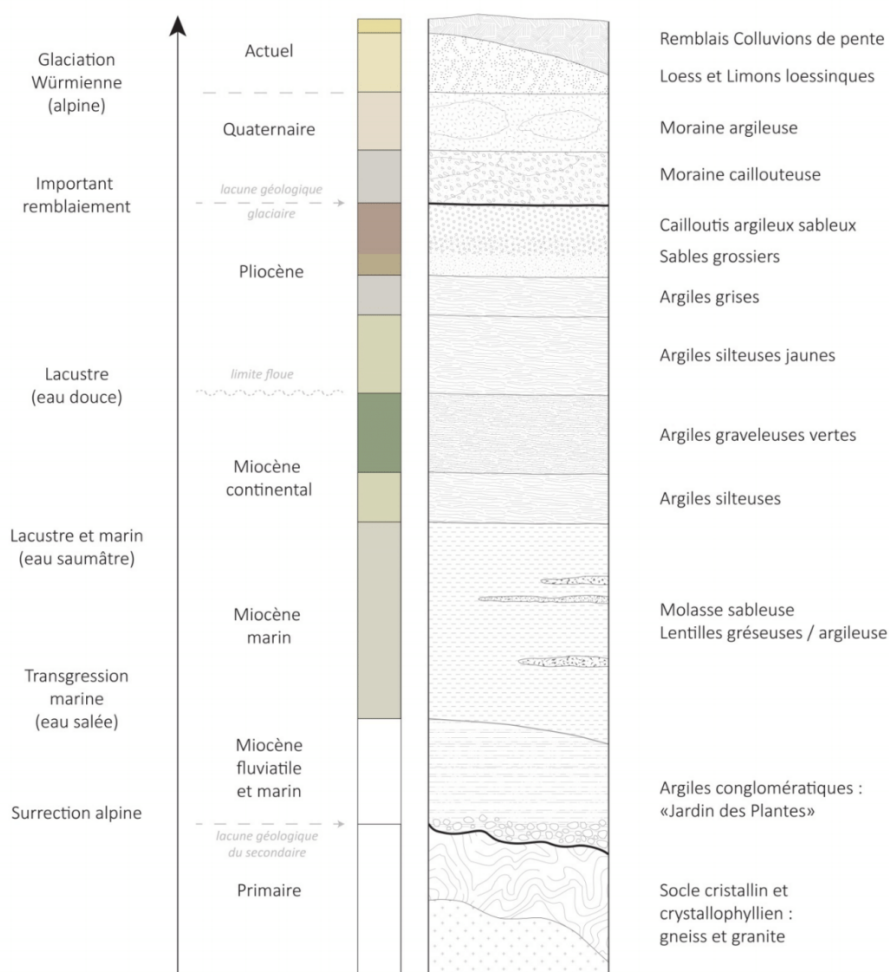


Figure 1. Coupe géologique de la Croix-Rousse

Sur le plan hydrogéologique, une importante nappe perchée se trouve au toit du Miocène argilo-graveleux. Depuis l'époque antique des galeries de captage d'eau pour alimenter la population, longues d'une dizaine à plus d'une centaine de mètres, ont été creusées dans la colline laissant parfois apparaître des sources sur les pentes. Ce réseau de galeries a été

oublié lors de l'arrivée de l'eau courante à Lyon à la fin du 19^{ème} siècle. Le 20^{ème} siècle a redécouvert la nécessité de drainer les collines en créant d'importantes galeries drainantes, dont la « grande drainante » sous la colline de Fourvière de plus d'un kilomètre de long, ou en restaurant et confortant les galeries anciennes afin de prévenir le risque de fontis occasionné par des effondrements de galeries.

2.2. Le fontis à Lyon

Un fontis est l'effondrement du toit d'une cavité naturelle ou artificielle se propageant jusqu'au sol et provoquant son affaissement puis son écroulement. La figure 2 présentent les différentes étapes de formation de fontis : la rupture de toit avec chutes de matériaux, cette rupture peut être causée par un afflux important d'eau ; la montée de voûte par chutes successives de matériaux du bas-toit et le début de formation d'une cloche d'effondrement par un cône d'éboulis à sa base ; la cloche de fontis continue à se développer vers la surface et le cône d'éboulis remplit le réseau souterraine ; le fontis apparait alors provoqué l'effondrement des terrains de surface puis suite à l'altération des terrains superficiels, le fontis prend une forme d'entonnoir stable (Caudron 2007). Sa forme dépend de la nature des terrains de sub-surface et de leur angle de frottement interne.

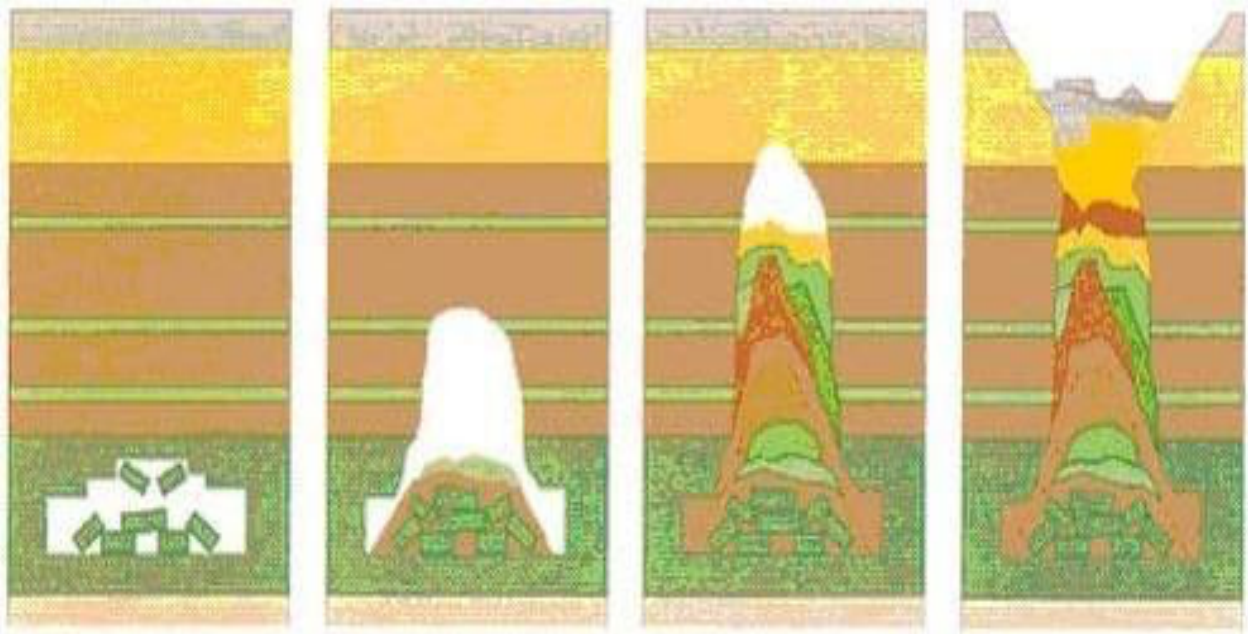


Figure 2. Les différentes étapes de formation d'un fontis (Vachat 1982 repris par Caudron 2007)

Suite à l'éboulement de Fourvière par arrêté municipal du 19 Novembre 1930, la Ville de Lyon a créé une commission chargée de la surveillance des immeubles : la commission des balmes et plus tard une unité Galerie, alors rattachée au service municipal de l'Assainissement. Le rôle de cette commission est de conseiller et d'aider le maire dans sa prise de décision, de lui fournir l'avis technique de spécialistes avertis pour la délivrance d'autorisations d'urbanisme. Elle se compose d'experts en géotechnique et en géologie dont des enseignants-chercheurs de l'INSA Lyon, de spécialistes du Service des Galeries du Grand Lyon, un représentant des pompiers, le responsable du service archéologie municipale et d'ingénieurs et de techniciens du service des Balmes de la Ville de Lyon qui préparent et présentent les dossiers. Plusieurs arrêtés municipaux (1984, 1994 et 2009) définissent des zones à risques géotechniques en fonction de la géologie, les propriétés géo- mécaniques des sols, les régimes hydrogéologiques, la topographie des sites et la présence de galeries ou vides. Ces arrêtés imposent la prise en compte de la condition de

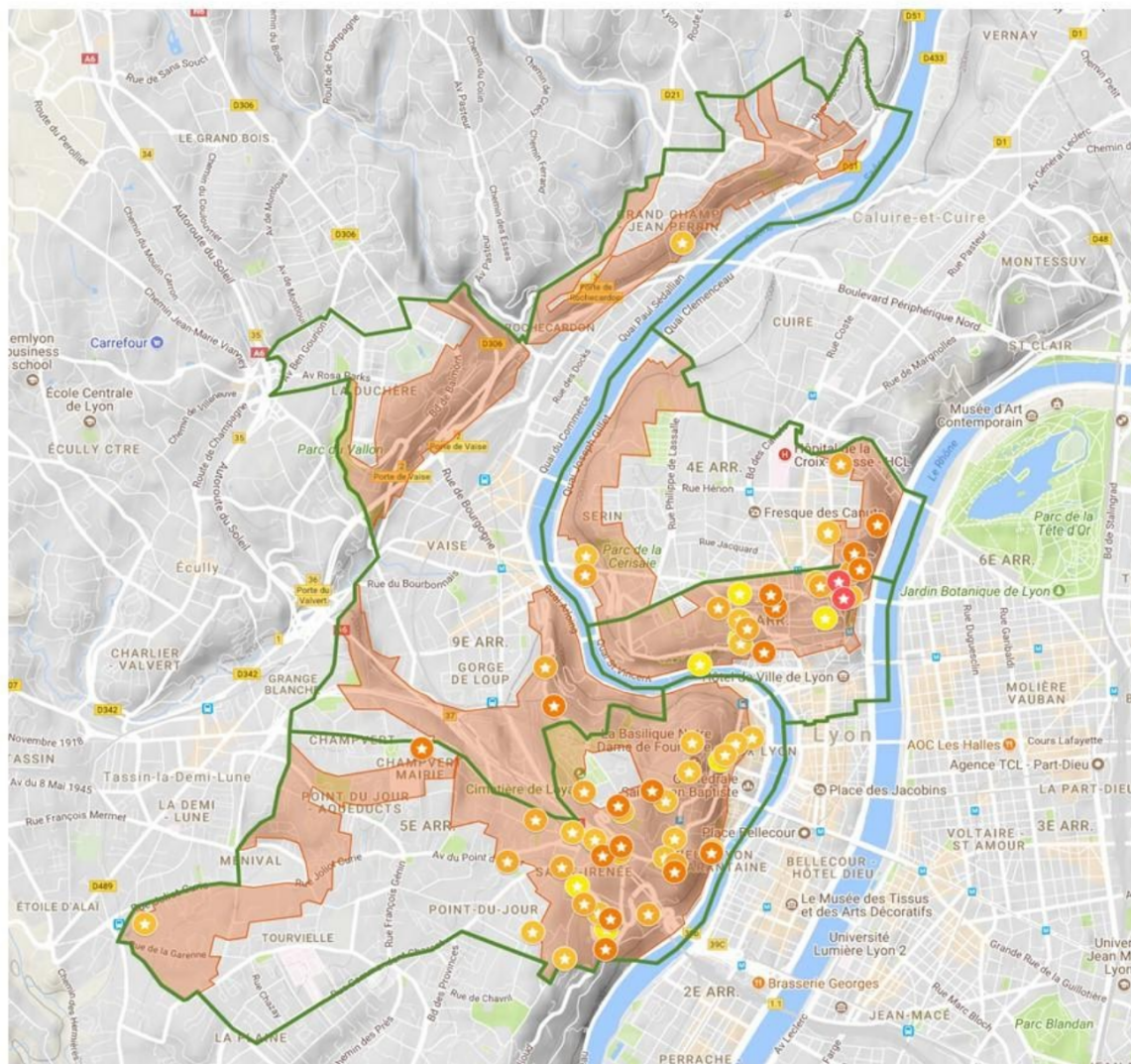
fontis dans le dimensionnement des fondations des bâtiments construits dans ces zones en raison de la présence probable de galeries non détectées. Cette condition précise que les fondations d'un bâtiment ou d'un ouvrage doivent être conçues et armées de manière à supporter sans désordres importants l'apparition d'un vide de 2m de diamètre sous les semelles ou le radier.

3. Analyse de la typologie et des causes des Fontis

La commission des balmes en plus de son rôle de donner un avis technique sur les dossiers d'autorisation d'urbanisme procède au recensement et au suivi des accidents géotechniques apparus sur les collines. Cinquante-sept dossiers techniques archivés ont été analysés pour créer une base de données reprenant les principales caractéristiques des fontis apparus entre 1960 et 2009 : profondeur, surfaces, causes, présence de galeries, informations géologiques... lorsqu'elles étaient présentes dans le dossier. Les dossiers saisis entre 2010 et 2017 analysés récemment ont été rajoutés à l'étude. Il se produit, si on exclut la période 1960-1970 où des dossiers pourraient être manquants, en moyenne entre 15 et 20 fontis sur une période de dix ans.

3.1. Répartition géographique

La figure 3 obtenue à partir des informations de la base de données permet de visualiser la localisation géographique des fontis lyonnais entre 1960 et 2017 et indique la décennie de découverte de l'anomalie. Les zones à risques géologiques de la ville de Lyon ont été matérialisées en rose. Au niveau de la colline de Croix-Rousse, on remarque que les fontis sont davantage localisés sur les rives du Rhône que sur les rives de la Saône ou du moins plus à l'est du 1^{er} arrondissement de Lyon. Cette répartition peut avoir comme origine la différence de géologie entre l'est et l'ouest de la colline. En effet à l'ouest, le rocher remonte plus haut et les couches argileuses du Miocène sont moins épaisses qu'à l'est, et il s'en suit une prépondérance des écoulements hydrogéologiques vers l'est et le sud de la colline et donc une densité plus importante de galeries (du moins connues) sur ces façades de la colline. De même au niveau de la colline de Fourvière, les fontis se situent sur la partie de l'est. Cela concorde aussi avec le développement connu de l'urbanisation des collines au cours des siècles.



Carte des fontis dans les arrondissements de Lyon à risques géologiques



Figure 3. Cartes de fontis apparus entre 1960 et 2017 sur la ZRG de Lyon.

3.2. Caractéristiques dimensionnelles

La figure 4, réalisées avec l'étude de 48 fontis, montre l'évolution de la surface des fontis en fonction de leur profondeur. Ce graphique montre qu'à part quelques exceptions les fontis ont une profondeur inférieure à 4m. Le diamètre moyen d'un fontis est de 2,1 m et sa valeur médiane de 1,9 m ; 82% d'entre eux ont un diamètre inférieur à 3m. La condition de fontis est considérée pour un fontis n'excédant pas 2m de diamètre et 60% des fontis étudiés « respectent » ce critère. Cependant, il faut garder à l'esprit que les diamètres et profondeurs relevés le sont souvent après que le fontis ait été dégagé pour plus de visibilité et donc agrandi en surface. Finalement, on peut donc considérer que la condition de fontis permet de prévenir de nombreux désordres dans ces zones à risques.

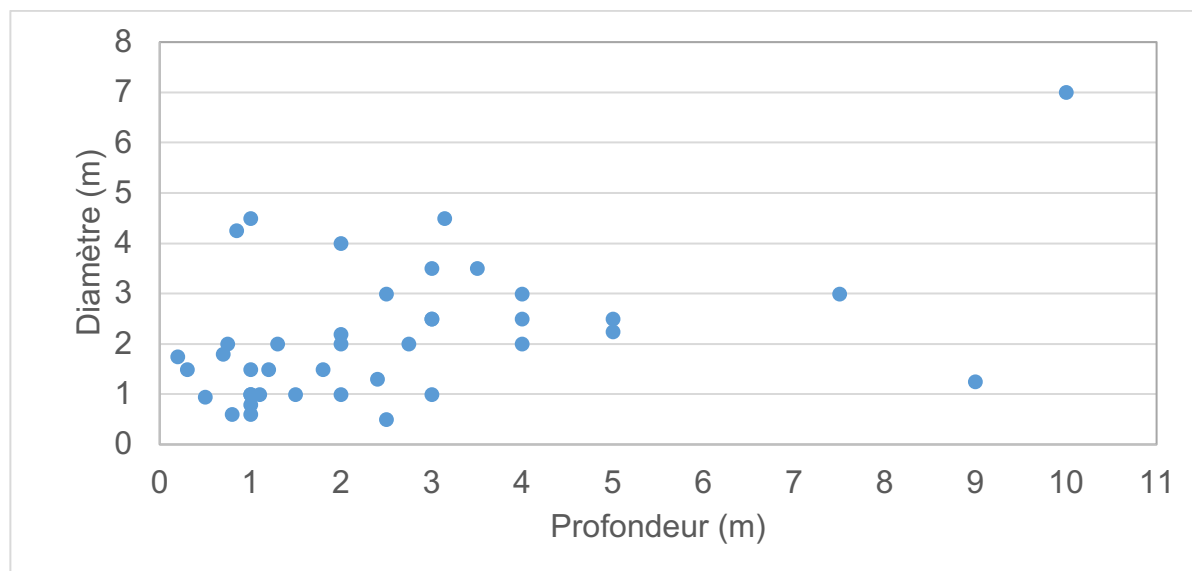


Figure 4. Evolution du diamètre en fonction de la profondeur des fontis lyonnais

3.3. Analyse des causes

La figure 5 montre la répartition des causes de l'apparition des fontis, cependant, dans certains cas, plusieurs causes sont à l'origine du phénomène. L'eau sous forme de grosses pluies (9%) ou de fuite de réseaux (31%) est majoritairement la cause des fontis atteignant 40% des causes. Les fuites proviennent souvent d'une rupture de canalisation des eaux pluviales ou d'arrosage automatique. Viennent ensuite l'effondrement de galeries avec 34 % des causes et celles des puits anciens comblés (12%). Dans la plupart des cas les galeries étaient non reconnues ou non confortées. Ces éléments permettent ainsi d'appuyer la nécessité de faire reconnaître les galeries souterraines sur le sol lyonnais et de traiter au plus vite l'anomalie dès sa découverte.

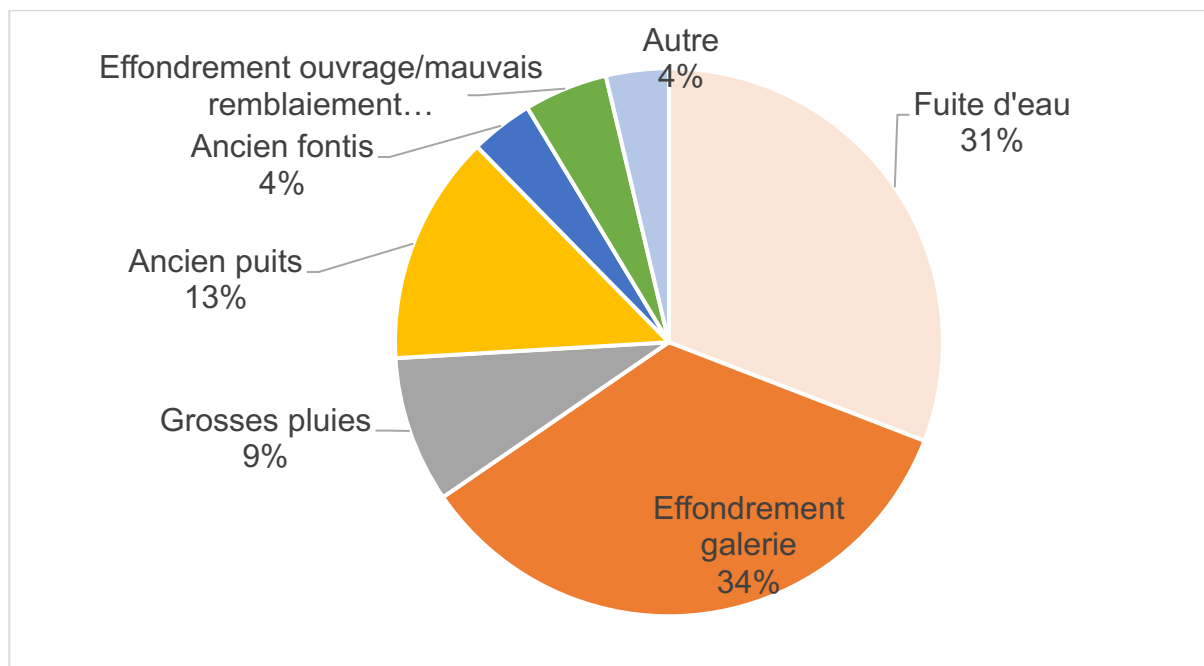


Figure 5. Causes des fontis lyonnais

3.4. Analyse de la géologie

La nature géologique dans laquelle se forme un fontis a aussi été étudiée ; malheureusement seulement sur 17 fontis car il est fréquent que les investigations concernant l'anomalie ne soient pas poussées et que les travaux de réparation soient directement effectués. La figure 6 présente la répartition des fontis selon la couche géologique donc laquelle ils se trouvaient. Les résultats montrent que 55% des fontis se forment dans une couche argileuse ou/et limoneuse et le reste dans une couche sableuse.

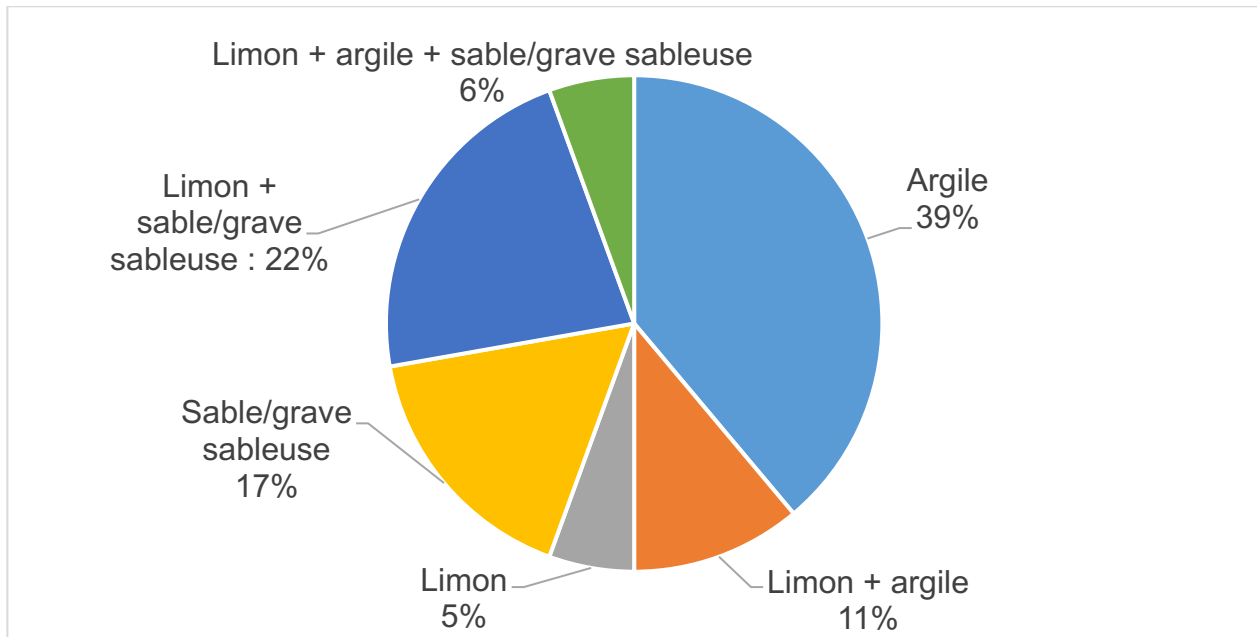


Figure 6. Couche géologique

On ne peut conclure sur une nature particulière de couche liés à l'apparition de ce phénomène. Il n'a pas non plus été possible de corréliser les dimensions (profondeur et diamètre) d'un fontis avec la nature géologique du sol dans lequel il se produit, même si les fontis apparaissant dans le sable semblent moins profonds et moins larges que ceux apparaissant dans les couches argileuses ou/et limoneuses. Ces derniers adoptent fréquemment une forme tubulaire (loëss), tandis que la forme en entonnoir très évasé est plus caractéristique des graves crues (moraines caillouteuses par exemple).

4. Conclusions

S'il apparaît régulièrement des fontis sur les balmes lyonnaises, différents arrêtés municipaux sont présents pour limiter leur formation et la destruction du bâti. La condition de fontis indiquant que toute fondation doit être capable de reprendre un fontis de 2 m de diamètre semble être adaptée à la plupart des cas rencontrés dans cette étude sans être trop contraignante pour le constructeur. L'étude a montré que les causes des fontis étaient principalement l'existence de galeries ou puits et l'action de l'eau. En effet, la nature géologique particulière des collines lyonnaises et les circulations souterraines ont permis à l'homme de s'approvisionner en eau potable en creusant des galeries souterraines maintenant oubliées. Il est important de les reconnaître et de les conforter lors de leur découverte car elles peuvent générer de nombreux fontis. De même comme le dit l'arrêté du 25 septembre 2009, il est impératif sur les balmes de raccorder les eaux pluviales aux réseaux et de ne pas mettre en place d'arrosages automatiques. La commission porte maintenant son regard sur l'opportunité de se prononcer, lors de la réhabilitation, la

surélévation ou toute modification de bâtiments anciens, sur le diagnostic du bâtiment par rapport à ladite condition de fontis : type de fondation, homogénéité du sous-sol... D'éventuelles consolidations sont envisageables pour pérenniser ces ouvrages. Ces différentes préconisations doivent permettre de limiter la survenue de fontis dans les zones à risques géotechniques que sont les balmes lyonnaises.

5. Références bibliographiques

- Caudron M. (2007). Etude expérimentale et numérique de l'interaction sol-structure lors de l'occurrence d'un fontis, Thèse doctorat Lyon, INSA 335 pages.
- David L. (1967). Formations glaciaires et fluvio-glaciaires de la région lyonnaise. Imprimeur éditeur, département des sciences de la Terre, faculté des Sciences de Lyon, 60 pages.
- Mandier P. (1987). Le relief de la moyenne vallée du Rhône au Tertiaire et au Quaternaire, Revue de Géographie Alpine Année 1987 75-1 pp. 87-89.
- Mongereau N. (2010). Géologie de Lyon. Editions Lyonnaises d'Art et d'Histoire. 143 pages.
- Pothier C., Chappart C., Vinet L., Bouillod N. (2020). Les collines de la Ville de Lyon : notes géologiques, JNGG2020, Lyon (France), 8 pages.
- Vinet L. (1991). Typologie et prévention des risques et accidents géotechniques en site urbain : les collines de la Ville de Lyon entre 1977 et 1990. Thèse Laboratoire Géotechnique. Lyon : INSA de Lyon, 330 pages.