

Inventaire des cavités souterraines d'origine anthropique dans le centre-ville historique de Limoges (87)

Rapport final

BRGM/RP-70005-FR
Août 2020



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Inventaire des cavités souterraines d'origine anthropique dans le centre-ville historique de Limoges (87)

Rapport final

BRGM/RP-70005-FR

Août 2020

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM AP17LIM010

D. Dugrillon et A. Portal

Avec la collaboration de

V. Peltier

Vérificateur :

Nom : E. Vanoudheusden

Fonction : Directrice régionale
délégée, géotechnicienne

Date : 26/08/2020

Signature :



Approbateur :

Nom : JC Audru

Fonction : Directeur régional délégué

Date : 12/10/2020

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : cavité souterraine, inventaire, géophysique, microgravimétrie, Limoges, Haute-Vienne

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Dugrillon D. et Portal A. avec la collaboration de Peltier V. (2020) – Inventaire des cavités souterraines d'origine anthropique dans le centre-ville historique de Limoges (87). Rapport final. BRGM/RP-70005-FR, 36 p., 14 ill., 6 tabl., 5 ann., 1 planche HT, 1 CD.

Synthèse

Au fil du temps, la ville de Limoges s'est établie sur des gneiss altérés qui ont permis le creusement de nombreux ouvrages souterrains dont certains remontent à l'époque gallo-romaine : caves, cryptes, aqueducs et autres cavités. Cet héritage a parfois été oublié au gré des remaniements de l'urbanisme (avenues, rues et bâtiments) et des cavités ont été oubliées et ne sont plus entretenues.

La fragilisation des souterrains occasionne désormais des désordres en surface de façon plus ou moins brutale et préjudiciable. Ainsi en 2016, lors de travaux en centre-ville, Limoges Métropole a mis au jour une cinquantaine de cavités d'origine anthropique (dont certaines n'étaient pas connues).

C'est pourquoi, afin d'anticiper les travaux à réaliser avant toute modification de l'urbanisme en centre-ville, Limoges Métropole a décidé en 2017 de faire réaliser un inventaire des cavités souterraines connues associé à une prospection géophysique sur les zones du centre-ville historique.

L'objectif de cette étude est de tendre vers l'inventaire le plus exhaustif et le plus à jour possible de ces vides dont la localisation et l'extension sont susceptibles d'avoir un impact sur la gestion du domaine public.

La méthodologie mise en œuvre pour la réalisation de l'inventaire s'est basée sur deux approches complémentaires :

- le recueil et la compilation de données existantes et
- la collecte de nouvelles données par méthode géophysique (microgravimétrie).

Le recueil des données existantes s'est effectué auprès d'établissements, d'organismes, d'associations et par enquête auprès des habitants du centre historique ; la synthèse et la numérisation de toutes ces données de qualité et de fiabilité très variables a permis d'identifier 801 cavités souterraines, alors que seules un peu plus de 160 étaient répertoriées dans la base de données nationale des cavités souterraines au lancement du projet. L'association ArchéA qui œuvre sur la connaissance des cavités souterraines depuis les années 1980 a participé activement à cette étude et a participé à tous les comités techniques et de pilotage. Un partenariat (sous-traitance) a été établi avec le BRGM.

La campagne microgravimétrique dans le centre historique de la ville s'est appuyée sur 7 013 points de mesure. L'anomalie microgravimétrique résiduelle a ensuite été corrigée de l'effet des cavités dûment connues, ce qui a permis finalement de mettre en évidence 416 apex (=points anomaliques) négatifs.

Ces apex ont fait l'objet d'une classification en trois types et quatre sous-types selon la significativité de l'anomalie concernée, la présence de cavité(s) au droit ou à proximité immédiate de l'apex, et la position bordière ou non de l'anomalie.

Pour chaque type d'apex, des recommandations spécifiques sont formulées selon un ordre de priorité établi en fonction du niveau de connaissance disponible sur l'origine des anomalies concernées :

- Apex de Type 1a : anomalies significatives d'origine inconnue > *sondages de reconnaissance de priorité 1 (35 apex concernés) ;*
- Apex de Type 1b : anomalies non-significatives retenues d'origine inconnue > *sondages de reconnaissance de priorité 2 (5 apex concernés) ;*

- Apex de Type 2 : anomalies situées au droit ou à proximité de cavités connues dont l'effet microgravimétrique n'a pu être corrigé > *amélioration de la connaissance sur la géométrie de la/des cavité(s) et correction de l'effet microgravimétrique correspondant* ;
- Apex de Type 3a : anomalies significatives ou non-significatives retenues, bordières de bâtiments et d'origine inconnue, ou non-bordières et situées à proximité d'une ou plusieurs cavité(s) connue(s) > *Recherche, par consultation, de l'existence de cavité(s), détermination de la géométrie et correction de l'effet microgravimétrique correspondant* ;
- Apex de Type 3b : anomalies situées en limite de zone d'investigation et d'origine inconnue > Extension du levé microgravimétrique et mise à jour des résultats de cette étude pour nouvelle analyse.

La mise en œuvre de ces recommandations pourra être suivie d'une mise à jour des résultats présentés dans les deux rapports associés, et d'une analyse des nouveaux résultats ainsi obtenus, pouvant conduire à l'émission de nouvelles préconisations lors d'un programme ultérieur.

Cette stratégie itérative a vocation à éliminer progressivement toutes anomalies négatives persistantes associées à de possibles vides non connus.

Ces recommandations géophysiques devront être modulées par la réalisation systematique et préalable avant tous travaux d'un porte-à-porte, permettant d'accéder à de nouvelles informations sur l'existence de cavités.

Le travail réalisé dans le cadre de cette étude a permis d'élaborer un outil d'aide à la décision pour la collectivité, avec une nette amélioration de la connaissance et de la répartition des cavités souterraines sur le territoire de Limoges. Cependant il est rappelé que cet inventaire n'est pas exhaustif et une amélioration permanente des connaissances devra être menée par un recueil régulier d'informations puis leur saisie et leur incrémentation dans la base de données au fil du temps.

L'ensemble des données d'inventaire et des données géophysiques a été transmis au format numérique à Limoges Métropole. Les cavités supplémentaires ainsi reconnues seront versées dans un second temps dans la base de données nationale du site internet <https://www.georisques.gouv.fr/>. Le détail de ces fichiers figure en annexe.

Le projet a été ponctué de plusieurs présentations de son avancement et des méthodes de travail mises en œuvre en comité de pilotage et en comité technique. C'est pourquoi ce rapport est un document de synthèse qui résume le travail effectué tout au long du projet et détaille plus spécifiquement les modalités d'utilisation des résultats transmis.

Le présent rapport est complémentaire et indissociable du rapport RP-70067-FR qui traite spécifiquement du volet géophysique.

Sommaire

1. Contexte de l'étude	7
1.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	8
1.1.1. Périmètre des investigations	8
1.1.2. Cadre géologique	9
1.1.3. L'eau à Limoges	10
1.2. TYPOLOGIE DES CAVITÉS OBSERVÉES À LIMOGES.....	11
1.2.1. Les aqueducs	11
1.2.2. Les réservoirs	12
1.2.3. Les caves	12
1.2.4. Les cryptes	13
2. Recueil de données existantes.....	15
2.1. CONTEXTE	15
2.2. CONSULTATION DES ORGANISMES.....	15
2.3. CONSULTATION DES HABITANTS.....	20
2.4. VISITES DE TERRAIN.....	21
2.5. BILAN DU RECUEIL DE DONNÉES EXISTANTES.....	22
3. Acquisition de données géophysiques	24
3.1. DÉFINITIONS	24
3.2. CARTE D'ANOMALIE RÉSIDUELLE	25
3.3. RECOMMANDATIONS GÉOPHYSIQUES	26
4. Bilan et résultats	29
4.1. ÉLABORATION D'UNE BASE DE DONNÉES	29
4.2. DESCRIPTION DES DONNÉES MICROGRAVIMÉTRIQUES REMISES	32
4.3. UTILISATION DES DONNÉES TRANSMISES	33
5. Conclusion.....	35
6. Bibliographie	37

Liste des figures

Illustration 1 – Zonage des densités de cavités et de la zone d'étude.....	8
Illustration 2 – Vue du secteur d'étude sur un extrait de la carte géologique de Limoges à 1/50 000 (n° 688).....	10
Illustration 3 – Vue d'un départ de galerie [photo Brgm].....	11
Illustration 4 – Vue d'une cave, rue de la Courtine [photo Brgm].....	12
Illustration 5 – Vue de la base de données développée et transmise par ArchéA.....	16
Illustration 6 - Extrait d'un DOE transmis par Limoges Métropole	17

Illustration 7 – Exemple de document transmis par Limoges Souterrain	17
Illustration 8 - Vue d'un plan de cavité et de coupes effectués par un géomètre-expert	18
Illustration 9 – Vue d'un document traitant de l'eau et des caves transmis par la Ville	19
Illustration 10 – Vue d'un plan ancien « plan de la ville de Limoges de 1768 ».....	20
Illustration 11 – Vue des visites de terrain.....	22
Illustration 12 - Photo d'un gravimètre CG-5 sur son trépied bas (gauche) et d'un gravimètre CG-6 sur trépied bas et haut (droite).....	24
Illustration 13 - Représentation des éléments de descriptions des résultats microgravimétriques	25
Illustration 14 – Modèle Conceptuel de Données concernant la géométrie des cavités	29
Tableau 1 - Caractéristiques et recommandations géophysiques associées aux apex négatifs répertoriés dans le cadre de cette étude. Les figurés correspondent à ceux indiqués sur la carte d'anomalie résiduelle (Planche 1).....	28
Tableau 2 – Description du contenu des fichiers géoréférencés transmis à Limoges Métropole	30
Tableau 3 – Contenu des fichiers « Lexiques » remis à Limoges Métropole	31
Tableau 4 – Contenu des fichiers « autres » remis à Limoges Métropole	32
Tableau 5 – Contenu du fichier des résultats microgravimétriques remis à Limoges Métropole	32
Tableau 6 – Propositions d'actions à mettre en œuvre selon le type d'apex négatif répertorié .	34

Liste des annexes

Annexe 1 : Numéro spécial du Métropol contenant le questionnaire.....	39
Annexe 2 : Procédure de levé des caves souterraines pour la correction de leur effet sur les données microgravimétriques.....	43
Annexe 3 : Architecture des dossiers numériques transmis à Limoges Métropole	45
Annexe 4 – Planche cartographique regroupant les tables <i>Site</i> et <i>Cavité</i>	47
Annexe 5 - Proposition de fiche cavité	49

1. Contexte de l'étude

La vieille ville de Limoges, composée de deux entités, la Cité et le Château, s'est peu à peu établie sur des gneiss altérés qui ont permis le creusement de nombreux ouvrages souterrains dont certains remontent à l'époque gallo-romaine : caves, cryptes, aqueducs et autres cavités. Cet héritage a parfois été oublié au gré des remaniements des avenues, des rues et des bâtiments. Des entrées ont été obturées et une majorité de cavités n'ont plus été entretenues.

La fragilisation des souterrains occasionne désormais des désordres en surface de façon plus ou moins brutale et préjudiciable. Ainsi en 2016, Limoges Métropole, gestionnaire de la voirie, a mis au jour une cinquantaine de cavités d'origine anthropique (dont certaines n'étaient pas connues) aux cours de travaux dans les rues du centre de Limoges.

C'est pourquoi, afin d'anticiper les travaux à réaliser pour l'entretien de la voirie et de mieux connaître les désordres potentiels attribuables à la présence de cavités souterraines en centre-ville, Limoges Métropole a décidé en 2017 de faire réaliser un inventaire des cavités connues associé à une prospection géophysique sur les zones du centre-ville historique.

L'objectif de cette étude est de tendre vers un inventaire le plus exhaustif possible de ces vides dont la localisation et l'extension sont susceptibles d'avoir un impact sur la gestion du domaine public, à partir des données d'archives et géophysiques récupérées ou produites lors de ce projet.

En effet, la localisation des cavités et la connaissance de leur état de conservation permettront aux acteurs concernés de prévoir les études et travaux à réaliser afin de prévenir les risques pour garantir :

- La sécurité des riverains
- La sécurité des interventions sous maîtrise d'ouvrage Limoges Métropole
- Le risque sanitaire.

Il s'agit de constituer une base de données à partir, d'une part, d'informations existantes mais à ce jour non centralisées et, d'autre part, à partir de la réalisation d'une campagne de reconnaissances géophysiques. Cette base de données a vocation à être complétée au fur et à mesure des découvertes (et éventuellement étendue à d'autres secteurs de Limoges) et à être partagée entre les différents services concernés de Limoges Métropole.

Ce travail a été réalisé en partenariat avec l'association ArchéA qui œuvre sur la connaissance des cavités souterraines de Limoges depuis 1985 et détient une forte connaissance du contexte local.

1.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA ZONE D'ÉTUDE

1.1.1. Périmètre des investigations

Le périmètre de la zone d'étude, qui comprend la Cité, le Château et leurs abords, représente une superficie totale de 90 ha.

Ce périmètre a été délimité en se basant sur les données de cavités connues au 1^{er} janvier 2017, issues de l'inventaire des cavités souterraines (hors mines) réalisé à l'échelle du département de la Haute-Vienne en 2009 par le BRGM¹. Le territoire de la commune de Limoges compte alors 163 cavités recensées, réparties majoritairement dans le centre historique de la ville.

Le zonage des densités de cavités présentes sur ce territoire a permis de mettre en évidence une proportion de cavités plus importantes dans les secteurs du Château et de la Cité (cf. Illustration 1), soit une densité de cavité > 1 cavité/ha. Les travaux d'inventaire de cette étude se sont donc portés essentiellement dans la zone entourée de rouge sur la carte de l'illustration 1 et les travaux de prospection géophysique se sont portés aux deux secteurs représentés en dégradé jaune à rouge soit une densité de cavité > 1 cavité/ha.

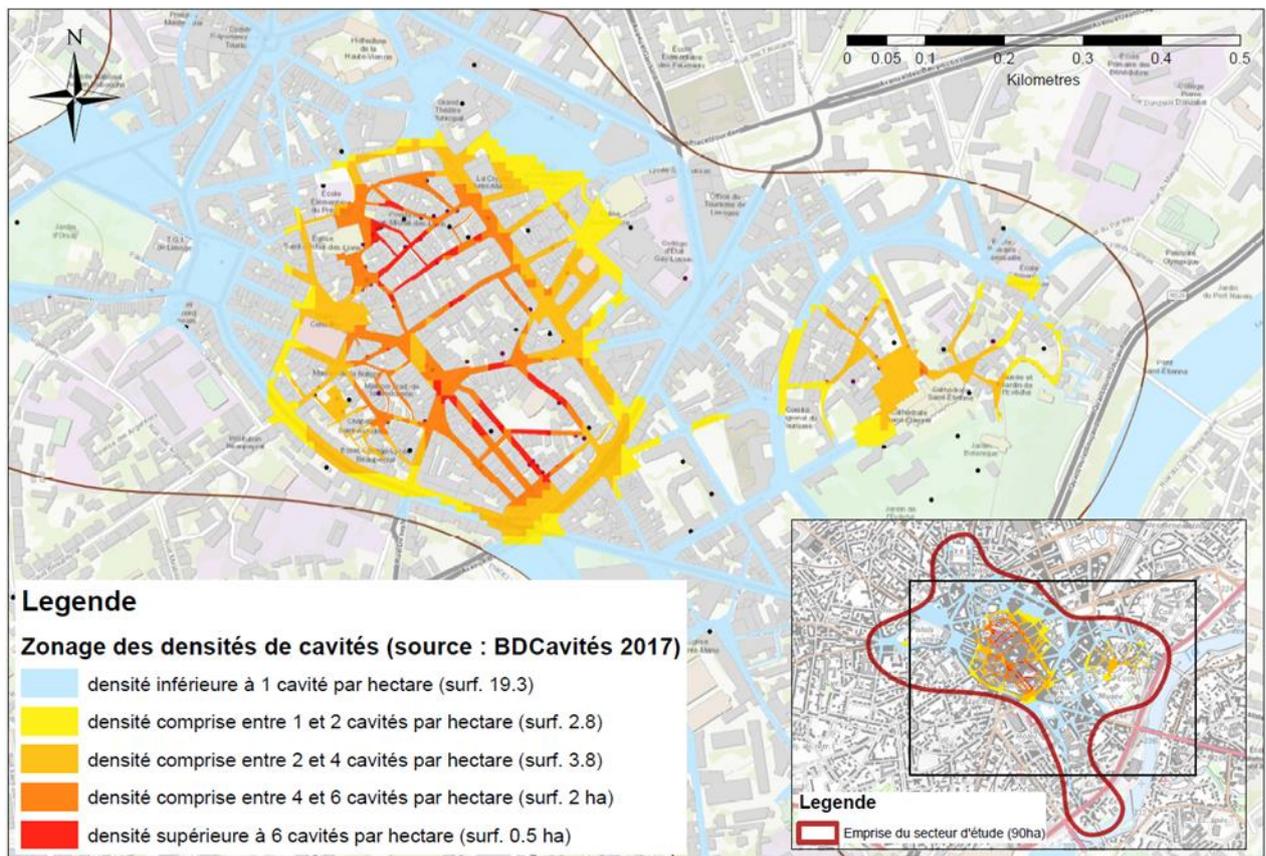


Illustration 1 – Zonage des densités de cavités et de la zone d'étude

¹ Rapport BRGM/RP-56808-FR

1.1.2. Cadre géologique

La région de Limoges correspond à une zone de plateaux entaillés par une forte densité de vallées encaissées, dont les plus importantes sont celles de l'Aurence à l'ouest et de la Vienne au sud-est.

La géologie est ici présentée de manière très simplifiée d'après la carte géologique (Guyonnaud et al., 1977).

La ville de Limoges est bâtie :

- au nord, en orange sur l'illustration 2, sur des gneiss (qui sont des roches issues de la fusion partielle de granites)
- et au sud, en vert sur l'illustration 2, sur des migmatites (qui résultent de la fusion partielle de ces gneiss).

La limite entre ces deux formations passe approximativement dans le nord de Limoges entre les rues Saint-Louis/Pierre-Loti et les rues Pascal/Maryse-Bastie.

La partie investiguée par ce programme d'inventaire se situe donc dans les migmatites ; l'aspect est celui des gneiss, une roche grisâtre avec des lits plus clairs.

Ces roches formaient il y a plusieurs centaines de millions d'années, la racine d'une chaîne de montagne aujourd'hui érodée ; portées à la surface par l'érosion de la chaîne de montagnes, elles ont été peu à peu altérées par les agents climatiques. En effet, il y a plus de 500 millions d'années, ce qui va devenir le Limousin est encore dans l'hémisphère sud ; la dérive des continents se marque par la "remontée" du Limousin vers sa position actuelle, en passant par les deux tropiques et l'Équateur. Le passage à ces latitudes tropicales a profondément altéré physiquement et chimiquement les roches de surface, les transformant en roches meubles appelées altérites. Suivant que l'altération est plus ou moins poussée, les altérites sont plus ou moins argileuses ou sableuses.

Ces altérites sont appelées « tuf » dans la région ; elles sont cartographiées en couleur beige sur l'illustration 2. C'est le caractère meuble de ces altérites qui leur a permis d'être aisément creusées par l'homme pour y aménager des ouvrages souterrains (caves, cryptes, aqueducs, etc.) dont certains remontent à l'époque gallo-romaine.

Ces altérites ne sont pas cartographiées dans l'hypercentre, en revanche elles sont bien observées à la périphérie de la ville (RN141, Vanteaux, Couzeix, Panazol, Moissaguet...). L'altitude de la base des altérites autour de Limoges varie de 280 à 300 mètres NGF sur les migmatites (330 m au nord de Limoges sur les gneiss).

Sur la carte géologique, leur épaisseur maximale est estimée à 20 mètres. Dans le centre-ville, la Banque de données du Sous-Sol fournit quelques sondages ayant traversé les altérites : les épaisseurs vont de 3 à 13 m. On les trouve également dans plusieurs sondages archéologiques.

Le fait qu'elles ne soient pas cartographiées sur le centre-ville de Limoges signifie qu'elles n'ont pas été observées en raison de l'urbanisation ou bien qu'elles ont été utilisées en surface à une époque où elles entraient dans la composition de mortiers des habitations ou pour les poteries.

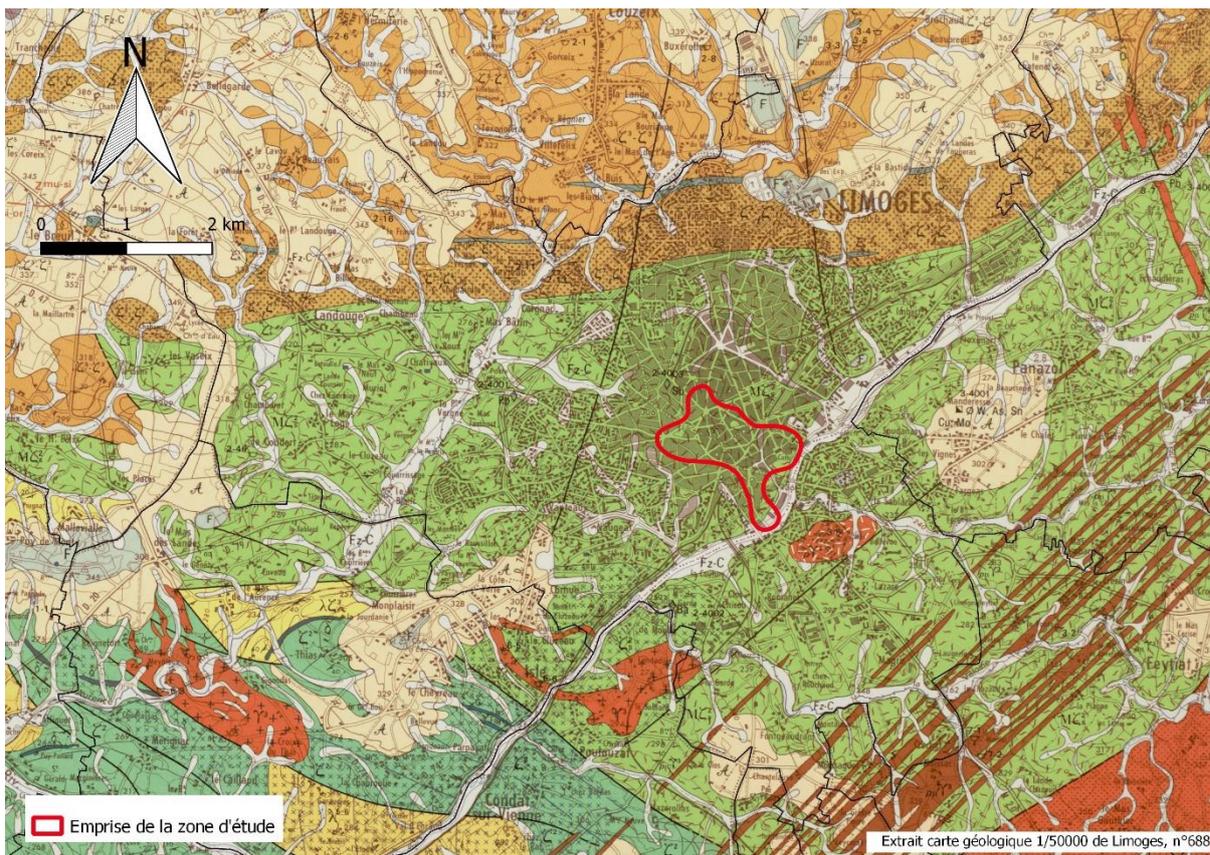


Illustration 2 – Vue du secteur d'étude sur un extrait de la carte géologique de Limoges à 1/50 000 (n° 688)

1.1.3. L'eau à Limoges

La ville de Limoges est traversée principalement par la rivière de *La Vienne*.

En rive gauche, les affluents de l'*Auzette* et la *Valoine* confluent au niveau de la ville ; en rive droite, parallèlement à la *Vienne*, l'*Aurence* traverse la ville et rejoint la *Vienne* plus au sud-ouest.

La ville s'étend sur deux bassins hydrographiques principaux, celui de la *Vienne* et celui de l'*Aurence* qui représentent également les 2 grandes entités présentes sur la commune :

- Socle métamorphique dans le bassin versant de la *Vienne* du confluent du *Taurion* au confluent de la *Briance* (Unités métamorphiques du Limousin) – Code BdLISA 201A109 ;
- Socle métamorphique dans le bassin versant de l'*Aurence* et ses affluents de sa source à la *Vienne* (unités métamorphiques du Limousin) – Code BdLISA 201A111.

En souterrain, la présence d'eau se caractérise à Limoges par la présence d'aqueducs dont certains ont été creusés depuis l'époque gallo-romaine pour desservir la ville en eau ou permettre l'évacuation des eaux usées.

Plusieurs de ces aqueducs sont encore utilisés et visités de nos jours mais tous les réseaux ne sont pas connus. Par ailleurs, de l'eau est parfois présente dans des caves et sa provenance n'est souvent pas connue. Cette eau peut engendrer des problèmes de salubrité mais également des problèmes de stabilité des cavités.

La répartition de cette eau sur le territoire de Limoges n'a pas été spécifiquement étudié dans le cadre de la présente étude. Cependant sa présence, si elle a été observée, est mentionnée.

1.2. TYPOLOGIE DES CAVITÉS OBSERVÉES À LIMOGES

La description des types de cavités observées à Limoges est issue d'un document rédigé en 1995 par l'association ArcheA (cf. section 2.2).

1.2.1. Les aqueducs

« Il s'agit de galeries étroites (environ 1 m de large) et variant de 50 cm à 2 m de hauteur environ, destinées, naguère, à canaliser les nombreuses sources afin d'alimenter en eau potable la ville.

La plupart datent de l'époque gallo-romaine et sont donc les plus anciens « souterrains » de Limoges. Cependant certains ont été creusés au Moyen-Âge et ont été utilisés jusqu'à l'aube du XXème siècle, des documents administratifs montrent qu'ils étaient encore entretenus à cette époque.

Ces longues galeries (l'Aqueduc d'Aigoulène est long d'environ 2 kilomètres) étaient aménagées à une profondeur variant de 2,50 m à 17 m. Certaines étaient juste creusées dans la roche en place, d'autres, après creusement, maçonnées et voûtées.

À l'heure actuelle, ces galeries sont, pour la plupart, complètement abandonnées. Quelquefois elles drainent encore une eau claire attestant que les captages existent toujours, mais servant plus souvent à évacuer les eaux usées et autres matières de façon incontrôlée et préjudiciable pour la santé et la salubrité publique. »



Illustration 3 – Vue d'un départ de galerie [photo Brgm]

1.2.2. Les réservoirs

« Nous l'avons vu, une des fonctions des aqueducs était d'alimenter en eau les habitants de la ville. Pour ce faire, ceux-ci aménagèrent différents systèmes pour puiser cette eau. Deux systèmes au moins existaient :

- L'un était d'aménager sur le parcours de l'aqueduc une retenue d'eau (soit creusée, soit surélevée avec un trop-plein) qui n'entravait pas le cours de l'eau, permettant d'alimenter, bien souvent par un puits, les propriétés se développant au-dessus.
- L'autre consistait à se brancher sur un aqueduc principal pour amener l'eau à l'intérieur de la propriété.

L'eau était entreposée dans un réservoir à disposition des habitants de la maison. »

1.2.3. Les caves

ArchéA inclut les caves dans la « famille » des souterrains utilitaires.

« Ces structures, souvent complexes, représentent les extensions des maisons à partir desquelles elles se développent. Ce sont elles dont la superficie est la plus développée, celles dont les risques générés sont les plus grands, celles qui ont un potentiel archéologique les plus intéressants.

Ce sont des caves qui occupent fréquemment plusieurs niveaux souterrains. Si elles avaient une fonction utilitaire de stockage, elles ont pu également servir à certaines activités domestiques ou artisanales.

Pour trouver des espaces supplémentaires à l'intérieur des murailles de la ville, le sous-sol ayant été un lieu quotidien de vie jusque vers la première guerre mondiale, les propriétaires étaient tentés, et ne s'en privaient pas, d'annexer des portions de territoires voisins, donc, également sous la voirie publique. »



Illustration 4 – Vue d'une cave, rue de la Courtine [photo Brgm]

1.2.4. Les cryptes

« À l'origine, ces constructions souterraines étaient placées sous les églises afin d'abriter le corps d'un ou de plusieurs défunts, le plus souvent d'un « martyr » chrétien ou de religieux. Elles pouvaient également servir de chapelles. [...] »

À Limoges, nous trouvons ces cryptes sous différentes églises, cependant deux majeures attirent l'attention :

- *La crypte Saint-Martial est le seul témoin visible de ce qui fut autrefois la collégiale de l'abbaye de Saint-Martial. Elle fut redécouverte en 1959. Elle se trouve maintenant sous la place de la République recouverte par une dalle de béton.*
- *La crypte de la cathédrale date du XI^{ème} siècle. Elle est située sous les deux premières travées du chœur et du bas-côté nord. [...] »*

2. Recueil de données existantes

2.1. CONTEXTE

La méthodologie mise en œuvre pour la réalisation de l'inventaire s'est basée sur deux approches différentes et complémentaires :

- D'abord, le recueil de données existantes
- Ensuite, la collecte de nouvelles données par méthode géophysique, la microgravimétrie.

Depuis plusieurs dizaines d'années, l'étude des cavités souterraines, voire leur recensement à l'échelle de quartiers sur le territoire de Limoges a fait l'objet de travaux de la part d'établissements, d'organismes ou d'associations.

La collecte des données auprès de ces structures s'est accompagnée de la vérification des éventuels sites redondants, de la compilation, de la numérisation et de l'intégration des informations dans un SIG. Les documents recueillis étant de formats, de qualités et de niveaux de précision très différents, il n'a parfois pas été possible de les exploiter en totalité (absence d'adresse, de plan, etc.).

Ces documents sont donc parfois archivés dans les répertoires des cavités qu'ils décrivent et parfois sont laissés dans un répertoire de données brutes, n'ayant pu être rattachés à une cavité en particulier.

2.2. CONSULTATION DES ORGANISMES

a) ArchéA

L'association ArchéA existe depuis 1982, elle œuvre pour la connaissance archéologique du Limousin. Elle développe des actions de prospection et de connaissance du patrimoine souterrain de Limoges depuis 1985.

Elle a publié en 1995, un recueil très complet sur ce patrimoine, en abordant son histoire, les risques associés et la législation. Son implication est forte dans le cadre de cette étude, un partenariat (sous-traitance) a été établi avec le BRGM.

Par ailleurs, plusieurs extraits de ses publications sont intégrés dans le présent rapport.

ArchéA a participé activement à ce travail d'inventaire, en particulier par la remise d'une grande partie de sa documentation de travail :

- Documents publics et confidentiels décrivant les cavités répertoriées (archives de l'association) ;
- Plans numérisés (Corpus 1994) ;
- Archives de la Défense passive : fiche synthétique avec plan ou croquis, par cave ;
- Rapport de Prospection de 1992 (rues Elie-Berthet, du Consulat, Cruche d'Or et place des Bancs) ;
- Remise d'une base de données documentaire élaborée dans le cadre de cet inventaire (cf. Illustration 5) compulsant l'ensemble des données « cavités » recueillies par cette association. Cette base de données contient 318 sites identifiés par un numéro et une adresse, avec des niveaux de précision variables d'une entité à une autre en terme de cartographie, allant d'un simple croquis, à un levé précis au scan 3D.

La transmission de ses données à Limoges Métropole s'effectuera dans le respect du format confidentiel de certains sites.

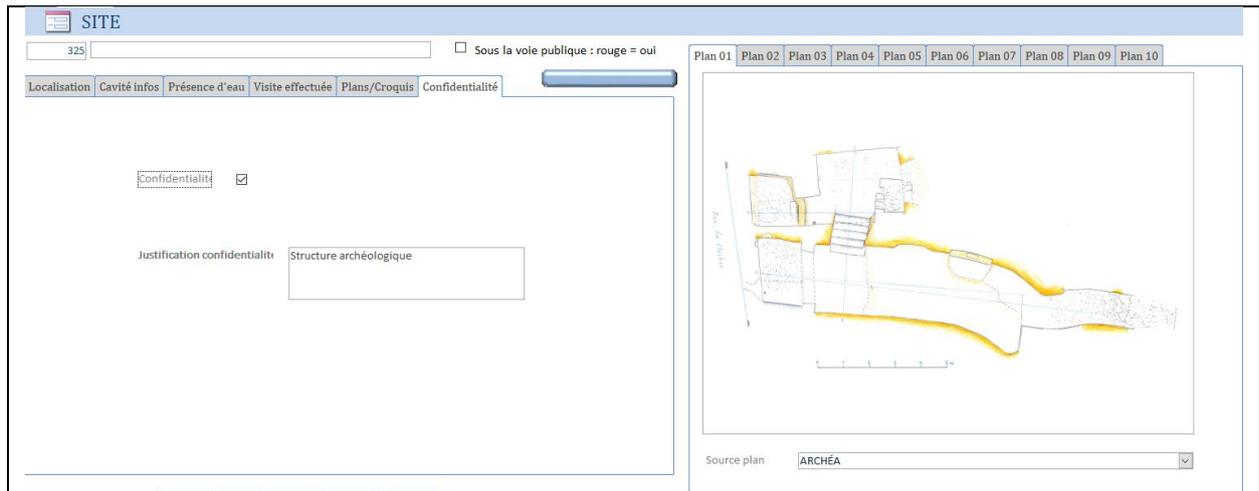


Illustration 5 – Vue de la base de données développée et transmise par ArchéA

b) Le BRGM

Le BRGM Limousin (fermé en 2017) avait réalisé en 2008 un inventaire départemental² des cavités souterraines, basé sur une méthodologie nationale. À cette occasion, 163 cavités souterraines ont été répertoriées sur le territoire de Limoges.

L'ensemble de ces cavités a été intégré au présent inventaire. Elles ont parfois été fusionnées avec de nouvelles cavités recueillies.

c) La DRAC

La DRAC travaille en collaboration avec l'association ArchéA sur la connaissance archéologique des cavités de Limoges.

Les dossiers de ce service ont été recueillis. Cependant la majorité des vestiges archéologiques décrits ne concernent pas uniquement des cavités souterraines. La plupart des dossiers concernent cependant des adresses où des cavités sont présentes et répertoriées.

Ces documents n'ont donc pas été renommés avec la nomenclature mise en place pour la documentation de cet inventaire mais un dossier « DRAC » est ajouté au répertoire d'adresse.

d) Limoges Métropole

Dans le cadre de ses activités de gestion et d'aménagement de la voirie, cette collectivité découvre régulièrement des cavités souterraines au hasard de leurs mises au jour, à l'occasion de travaux sur la chaussée ou suite à des effondrements qui surviennent.

Lors de ces mises au jour, une entreprise spécialisée en travaux souterrains intervient à la demande de Limoges Métropole pour en effectuer un rapide diagnostic. L'ensemble des rapports remis par ce bureau d'études ont été recueillis dans le cadre du présent inventaire (cf. Illustration 6).

Deux services de Limoges Métropole ont été particulièrement sollicités pour le recueil de données « cavité » :

- Le pôle *Infrastructures et ressources techniques* qui a transmis :
 - o une centaine de dossiers (rapports d'inspection, Dossier d'Ouvrages Exécutés) qui concernent environ 50 sites différents,

² Rapport BRGM/RP-56808-FR

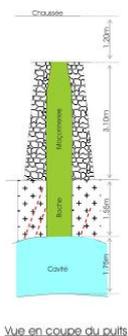
- o des copies d'échanges entre les services suite à la survenue d'un effondrement (concernent environ 20 sites).
- Le pôle *Assainissement* (Exploitation et Travaux) qui a transmis oralement ses connaissances sur la présence de cavités sur le territoire de Limoges et qui a participé aux visites de terrain avec les équipes du BRGM, partageant ainsi leur connaissance du territoire.

 15/11/16	INSPECTION ET MISE EN SECURITE DE CAVITES SOUTERRAINES 1 RUE DE LA PROVIDENCE LIMOGES Dossier 1183	 1/7
---	--	--

1	15/11/16	DOSSIER des OUVRAGES EXÉCUTÉS	GO	MD	GO
NIV	DATE	SOMMAIRE DES MODIFICATIONS	EMIS	VERIFIE	APPROUVE
					
INSPECTION ET MISE EN SECURITE DE CAVITES SOUTERRAINES					



Plan de comblement
1 rue de la providence
Dossier n°1183
Date : 15/11/2016
Limoges Métropole
INSPECTION ET MISE EN SECURITE DE CAVITE



Vue en coupe du puits

Illustration 6 - Extrait d'un DOE transmis par Limoges Métropole

e) Limoges Souterrain

Cette association, spécialisée dans les cavités sous ses aspects spéléologiques, a transmis au BRGM ses relevés et ses données sur environ 50 cavités souterraines (cf. Illustration 7).

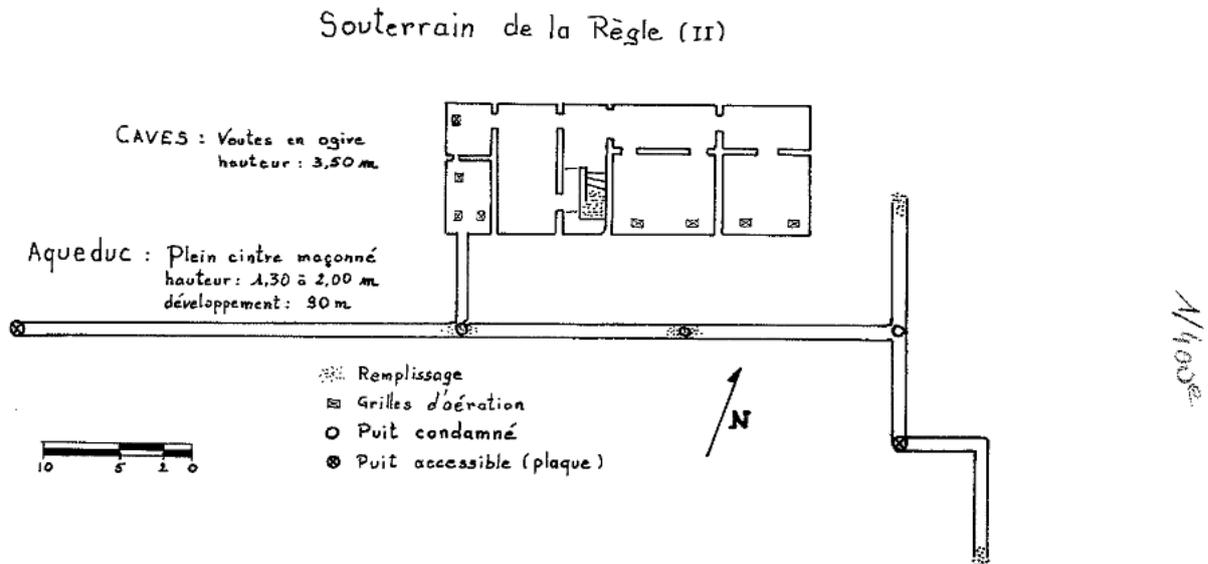


Illustration 7 – Exemple de document transmis par Limoges Souterrain

f) La Ville de Limoges

La ville de Limoges fait réaliser, par un géomètre-expert, les levés planimétriques de toutes les cavités souterraines dont elle a connaissance dès lors qu'elles sous-cavent le domaine public. L'ensemble de ces plans d'emprise précise des cavités a été transmis au BRGM, entre autres documents. Ils sont issus des services *SIG* et *Développement Urbain*, à savoir :

- Fichier avec les emprises de cavités et aqueducs (format shapefile) levées par des géomètres (environ 200 adresses concernées, avec parfois plusieurs niveaux de cavités, soit 312 emprises) ;
- Plusieurs fichiers, classés par adresse, de plans de cavités (au format autocad® ou image), parfois de coupes : ils correspondent parfois à des levés déjà présents dans le fichier des emprises (cf. Illustration 8) ;

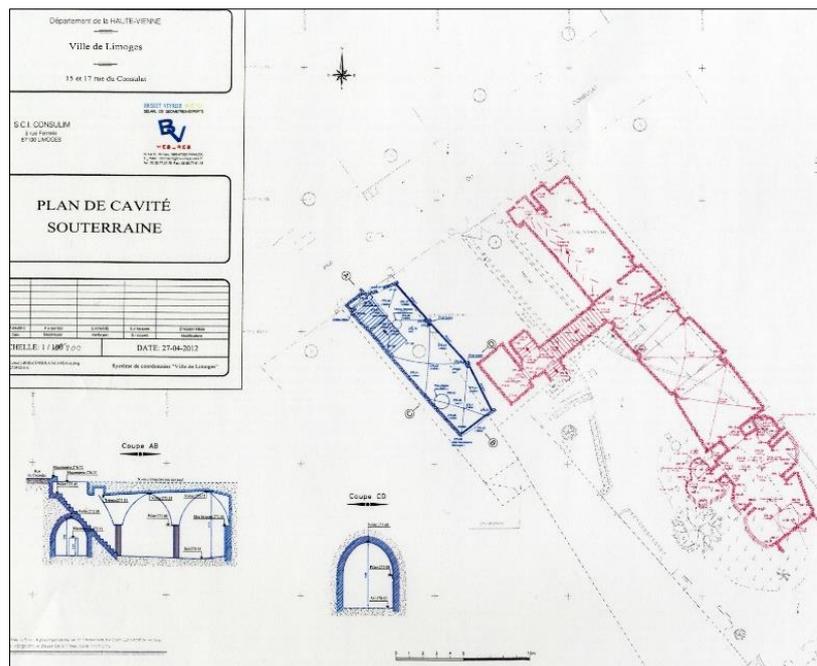


Illustration 8 - Vue d'un plan de cavité et de coupes effectués par un géomètre-expert

- Emprise approximative de l'aquarium et de quelques parkings souterrains ;
- Fichier contenant 36 effondrements survenus à Limoges (au format shapefile) ;
- Données « Eaux souterraines » (cf. Illustration 9)
 - o Plan des caves, avec information sur la présence d'eau dans ces caves ;
 - o Tracés des cours d'eau à Limoges (originels, canalisés, réseau hydrographique) ;
 - o Localisation des sources, bassins, lavoirs.

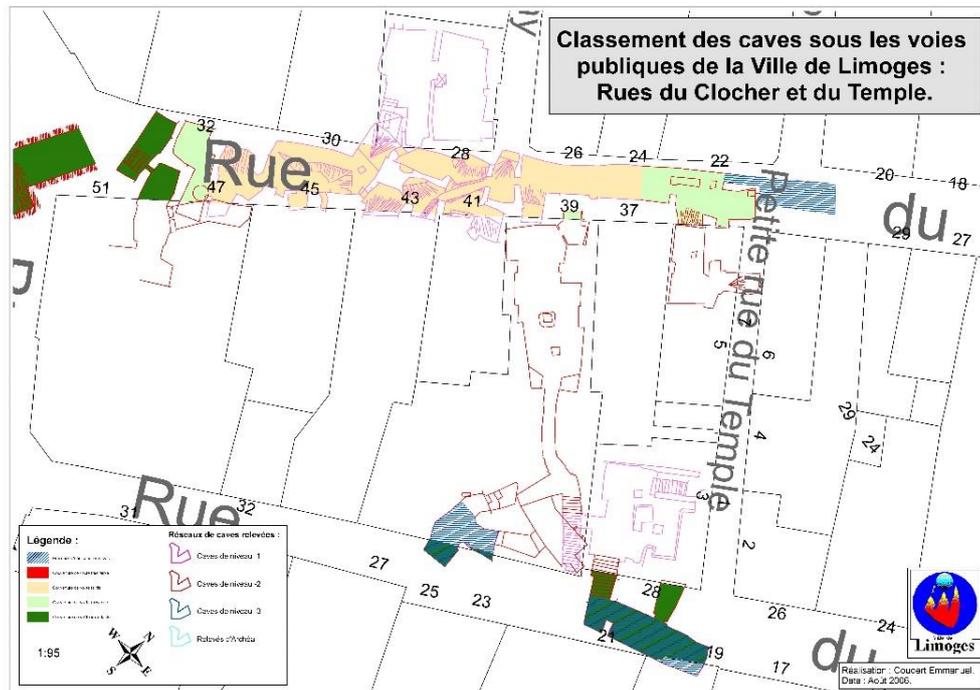


Illustration 9 – Vue d'un document traitant de l'eau et des caves transmis par la Ville

- Données « Réseaux »
 - o Fichiers au format autocad© des réseaux de la ville (téléphone, électricité, gaz...)
- Données SIG diverses
 - o Modèle Numérique de Terrain (MNT)
 - o Modèle Numérique d'Élévation (MNE)
 - o Orthophotographies
 - o Dalles topographiques
 - o Documents anciens (cf. Illustration 10)
 - Projets d'aménagements (XVIIIème, XIXème, début XXème)
 - Dossier photo de l'ancien hôpital
 - Superposition Cadastre napoléonien de 1812 et cadastre actuel (permet de mettre en évidence l'élargissement des rues)
 - Fonds IGN anciens
 - Anciennes gravures de la ville de Limoges (plans, coupe)
 - Données « architecture de la Ville »
 - Scans de plans (levés de caves certainement déjà valorisés).

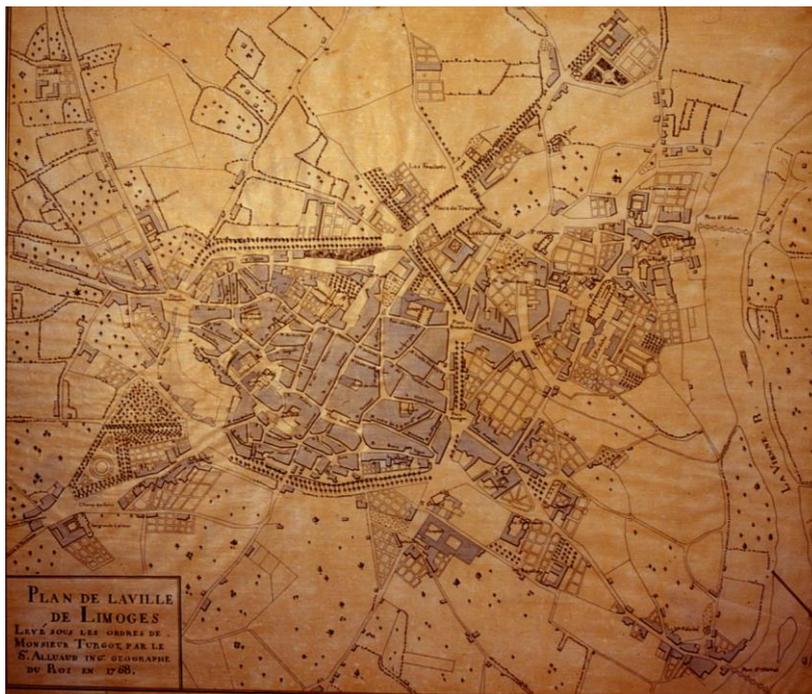


Illustration 10 – Vue d'un plan ancien « plan de la ville de Limoges de 1768 »

2.3. CONSULTATION DES HABITANTS

La grande majorité des cavités souterraines de Limoges est accessible depuis des parcelles privées, et de fait, inconnue de la collectivité.

Cependant, certaines de ces cavités sont susceptibles de s'étendre sous la voirie publique.

Une large consultation de la population de Limoges a donc été menée afin de solliciter les connaissances du plus grand nombre et ainsi tendre à une exhaustivité de cet inventaire.

a) Distribution et postage de questionnaires

En collaboration avec le service Communication de Limoges Métropole, un numéro spécial du magazine *Le Métropol*³ a été élaboré sur le thème de l'inventaire réalisé et de la méthodologie mise en œuvre (Annexe 1).

Un questionnaire destiné à recenser les cavités connues de la population était intégré à ce numéro spécial.

Par ailleurs, 9 500 questionnaires ont également été adressés par courrier à l'ensemble des propriétaires de parcelles de la commune de Limoges. Une autorisation de pénétrer sur la propriété était également jointe à cet envoi en prévision de la réalisation de visites de terrain.

b) Communication

Afin d'informer les habitants de Limoges et de toucher d'anciens habitants disposant de connaissances du territoire, plusieurs moyens de communication ont été mis en œuvre :

- Édition d'un « 4 pages spécial » du Métropol en juin 2017 : explication du projet et de ses contraintes, intégration du questionnaire :
 - o Distribution de 12 500 exemplaires dans le périmètre d'étude

³ Journal d'information de la Collectivité

- 1 500 exemplaires en libre-service sur présentoir
- Site internet de Limoges Métropole de juin à septembre 2017 : 128 téléchargements du 4 pages spécial et 43 du questionnaire seul
- Presse
 - Conférence de presse le 19/06/17 : presse écrite et télévision
 - Microgravimétrie : reportage de France 3 Nouvelle-Aquitaine le 04/07/17
 - Microgravimétrie : France Bleu Limousin le 05/07/17
 - Visite d'une cavité / ArchéA : France 3 Nouvelle Aquitaine fin août
 - Site internet Le Populaire : articles des 5, 6 et 7/09/17
- Permanence d'un agent BRGM ½ journée par semaine à l'été 2017 : accueil du public dans les locaux de Limoges Métropole pour répondre aux éventuelles interrogations de la population.

On peut estimer que ce sont environ 22 000 questionnaires qui ont été distribués, auxquels s'ajoutent les téléchargements depuis le site de Limoges Métropole et ceux en libre-service sur présentoir.

2.4. VISITES DE TERRAIN

Le travail de collecte de données existantes s'est également effectué au travers de visites de cavités souterraines dont l'existence a soit été signalée au cours du recueil des données auprès de la population, soit été découverte en exploitant les ressources documentaires mais dont la précision était jugée insuffisante.

L'objectif de ces visites est de compléter l'inventaire existant, en particulier sur la connaissance des emprises des vides. Toutefois ce travail de visite de terrain n'a pas permis de couvrir la totalité des cavités répertoriées. Il devra se poursuivre dans un objectif d'amélioration permanente des connaissances.

La liste des sites à visiter a été établie conjointement par les partenaires techniques du projet : ArchéA, la DRAC, Limoges Métropole, la ville de Limoges et le BRGM. 71 adresses ont été sélectionnées.

Les critères utilisés pour cette sélection sont :

- Les éléments de réponse contenus dans les questionnaires,
- Les éléments bibliographiques déjà recueillis,
- La connaissance locale des membres du groupe de travail, qui a permis de mettre en évidence l'intérêt de visiter certains sites en fonction du type, de l'emprise et de l'intérêt des cavités déjà connues alentours, ce qui pouvait augurer d'un intérêt probable.

Ces visites se sont déroulées à l'issue du long travail de recueil et de synthèse de données bibliographiques. Il s'agit de la dernière étape du recueil de données.

Sur la base de la liste établie, un programme de visites a été réalisé après prise de rendez-vous avec les particuliers, propriétaires ou locataires.

Les visites se sont effectuées en mai et juin 2019 par les agents du BRGM accompagnés de représentants du service Assainissement de Limoges Métropole (Illustration 11).



Illustration 11 – Vue des visites de terrain

2.5. BILAN DU RECUEIL DE DONNÉES EXISTANTES

Après recueil, classement, croisement et synthèse⁴ de plusieurs milliers de documents recueillis, ce sont 801 sites qui ont été saisis dans une base de données dédiée. Leurs niveaux de précision quant à leur localisation et la quantité d'informations descriptives sont variables d'un site à un autre. Cependant, tous les sites (ou presque) sont qualifiés par une adresse (nom et numéro de rue). Quelques cavités, hors secteur de l'étude (Illustration 1) ont été recueillies, elles sont intégrées dans la base de données.

La répartition des sources d'informations ayant conduit à l'intégration d'une nouvelle cavité à la base de données est la suivante :

Source d'informations	Nombre de cavités caractérisées à l'aide de cette source d'informations	dont....	Nombre de cavités reconnues sur la seule base de cette source d'informations
ArchéA	314		142
Importation Géorisques	152		43
Limoges Métropole	107		51
Ville de Limoges	242		75
Limoges Souterrain	61		21
Réponse Questionnaire	301		138
Visite	77		7

Au total, 477 cavités sont connues à l'aide d'une unique source d'informations. Pour les 324 autres cavités, les sources d'information sont multiples.

L'ensemble des données recueillies et classées dans le cadre de cette étude est remis à Limoges Métropole selon un mode de classement par nom de rue, avec un sous-répertoire par confidentialité.

⁴ Classement des documents par adresse, Recherche de doublons, Pointage de l'information sur carte à l'adresse indiquée, Digitalisation des contours de cavité après géoréférencement s'il était possible, Répartition des documents dans chaque répertoire adresse, Démultiplication des documents lorsqu'ils concernent plusieurs sites, Renommage des noms de documents selon une nomenclature définie (identifiant, adresse, source d'information, numéro).

Par ailleurs, la totalité des données recueillies, sous leur format brut et selon un mode de classement par source d'information (Ville, DRAC...) est également remis. Néanmoins la base de données ArchéA n'a pas été remise car plusieurs documents sont confidentiels. Ils feront l'objet d'un traitement spécifique.

Plusieurs documents bruts n'ont pas été exploités dans le cadre de cette étude car ils n'apportaient pas d'informations quant à la présence de cavités.

En ce qui concerne les réponses aux questionnaires, plus de 600 réponses ont été reçues. Elles se répartissent comme suit :

- 345 indiquent qu'une cavité est présente à l'adresse indiquée
- 158 ne savent pas si une cavité est présente
- 113 mentionnent qu'il n'y a pas de cavité à l'adresse indiquée.

Lorsqu'il s'agit de cavités accessibles depuis un immeuble, plusieurs réponses peuvent alors caractérisées un même site, c'est pourquoi, au final, ce sont 301 sites dont la source d'informations peut être issue des questionnaires, dont 138 en constitue l'unique source d'information.

Un fichier au format Excel est remis à Limoges Métropole listant les réponses « oui » ou « ne sait pas ». En complément, un fichier au format *shapefile* qui localise les adresses des réponses positives à la présence de cavités est également remis et intégré dans l'outil cartographique.

Pour ce qui concerne les visites de cavités effectuées par le BRGM, des levés sommaires ont été réalisés au distance-mètre laser muni d'une boussole (distoX). Les emprises ont été reportées dans la table dédiée de la base de données. Les schémas des levés effectués et les photos des cavités visitées sont transmis à Limoges Métropole.

3. Acquisition de données géophysiques

Ce volet est cité pour mémoire afin d'alléger le présent rapport ; en effet, un rapport spécifique (RP-70067-FR) traite de l'acquisition, du traitement et de l'interprétation des données gravimétriques à Limoges. Seules les conclusions et recommandations sont reprises dans le présent rapport.

3.1. DÉFINITIONS

La méthode microgravimétrique consiste à mesurer, à la surface du sol, les variations de la pesanteur terrestre qui sont directement liées aux variations de masses existantes dans le sous-sol (Illustration 12). Cette technique est particulièrement sensible à la présence de cavités souterraines et/ou de niveaux de densité moindre (niveaux altérés, décomprimés ou constitués de remblais peu denses).



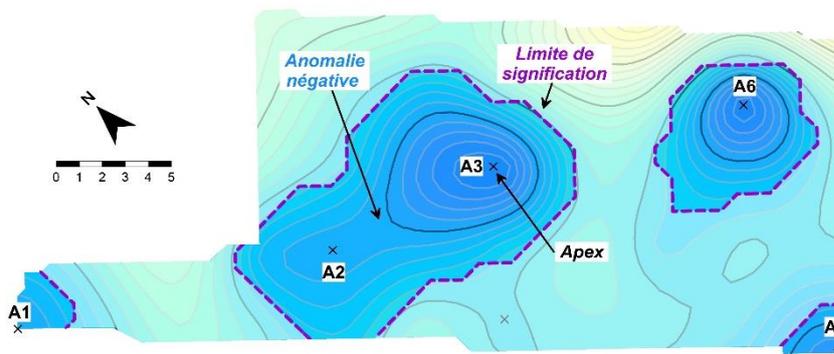
Illustration 12 - Photo d'un gravimètre CG-5 sur son trépied bas (gauche) et d'un gravimètre CG-6 sur trépied bas et haut (droite)

Le levé gravimétrique a été dimensionné pour la détection de cavités de type cave d'habitation parallélépipédique, de dimensions pluri-métriques, dont le toit est situé à faible profondeur. Les cavités de type aqueduc, tunnel ou puits, ayant de moindres dimensions, ne font pas l'objet de cette reconnaissance.

Plusieurs cartes d'anomalie sont établies dans le cadre de l'acquisition géophysique. La carte finale remise à Limoges Métropole est la carte d'anomalie microgravimétrique résiduelle. Cette carte représente les anomalies négatives persistantes suite à la correction de l'effet des cavités recensées dont la géométrie était connue. Ces anomalies négatives persistantes rendent donc compte de possibles vides non recensés sous la surface.

Une **anomalie microgravimétrique négative** est définie comme une dépression (un « creux ») dans l'anomalie résiduelle (Illustration 13).

Carte d'anomalie résiduelle



Représentation 3D de la carte d'anomalie résiduelle

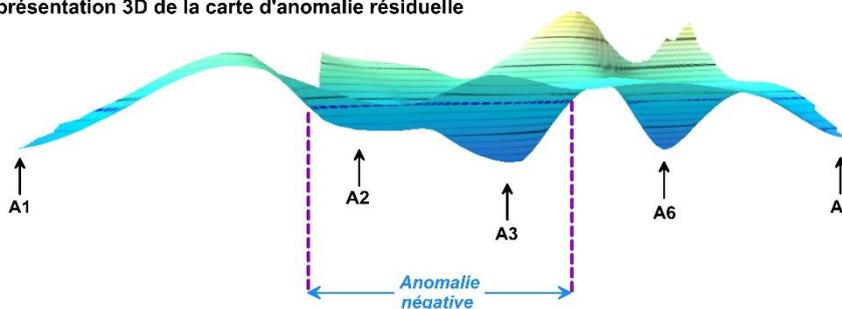


Illustration 13 - Représentation des éléments de descriptions des résultats microgravimétriques

Une anomalie est caractérisée par un/plusieurs apex. Un apex est un minimum local : considérant une anomalie négative comme un « creux », l'apex en représente le « fond » (Illustration 13). En gravimétrie, une anomalie a une emprise plus étendue que la source dont elle est issue. L'apex représente ainsi la projection en surface du centre de la source de l'anomalie. L'objectif de l'étude étant de déterminer l'origine des anomalies négatives persistantes, les résultats seront décrits et analysés sur la base des apex retenus.

Le seuil de signification : une anomalie est retenue lorsqu'un niveau de confiance supérieur à 95 % lui est accordé. Une anomalie retenue est ainsi délimitée par la limite de signification (niveau de confiance = 95 %, trait en pointillé violet sur l'illustration 13).

Une anomalie est **non-significative retenue** lorsqu'un niveau de confiance inférieur à 95 % lui est accordé mais que sa **valeur est inférieure à -0.015 mGal ET qu'elle est localisée dans une zone où des cavités ont été inventoriées**.

Une anomalie est **bordière** lorsqu'elle longe un bâtiment/une surface libre ou qu'elle se trouve en limite de zone investiguée (e.g. extrémité d'une rue).

3.2. CARTE D'ANOMALIE RÉSIDUELLE

La Planche 1 (hors texte) présente la carte d'anomalie microgravimétrique résiduelle de l'hypercentre-ville de Limoges, sur laquelle sont représentés :

- Les stations de mesure (points noirs) ;
- L'anomalie microgravimétrique résiduelle variant de -0,090 mGal (rose) à 0,046 mGal (orangé) (isocontours tous les 0.010 mGal) ;
- La limite de signification (trait pointillé violet) qui délimite les anomalies résiduelles dites significatives (i.e. anomalies négatives dont le niveau de confiance dépasse 95 %, voir section 3.3 du rapport BRGM/RP-70067-FR) ;

- Un filtre opaque sur les zones non-significatives (anomalies positives, et anomalies négatives dont le niveau de confiance est inférieur à 95 % ou qui n'affectent qu'une seule station) ;
- Les apex de chaque anomalie significative et anomalie non significative retenue (voir rapport BRGM/RP-70067-FR). Ces apex représentent les minima microgravimétriques locaux (voir descriptions du même rapport) et sont classés en 3 types (voir même rapport) ;
- Les cavités connues dont l'effet microgravimétrique a été corrigé (polygones pleins gris foncé) et celles dont l'effet n'a pas été corrigé (paramètres géométriques incomplets, contour rouge) ;
- Les zones pour lesquelles une extension du levé microgravimétrique est proposée (hachuré marron, voir détail dans rapport BRGM/RP-70067-FR

3.3. RECOMMANDATIONS GÉOPHYSIQUES

Les recommandations présentées ici sont celles de l'équipe de géophysique du BRGM où la réalisation de sondages pour le contrôle des apex est intégrée à la méthodologie mise en œuvre. Ces recommandations seront légèrement modulées dans la section 4.3 du présent rapport.

Un total de 416 apex est répertorié sur l'ensemble de la zone levée par les mesures microgravimétriques.

Type d'apex	Caractéristiques	Nombre d'apex	Recommandations
Type 1a 	Apex d'une anomalie significative, non bordière et d'origine inconnue	35	Réalisation de sondages de reconnaissance Priorité 1
Type 1b 	Apex d'une anomalie non-significative retenue, non bordière et d'origine inconnue	5	Réalisation de sondages de reconnaissance Priorité 2
Type 2 	Apex d'une anomalie significative/non significative retenue, bordière ou non, située à proximité d'une/plusieurs cavité(s) connue(s) non corrigée(s)	73	Correction de l'effet microgravimétrique avant toute action complémentaire
Type 3a 	Apex d'une anomalie significative/non significative retenue, bordière ou non, d'origine inconnue ou située à proximité d'une/plusieurs cavité(s) connue(s) corrigée(s)	274	Recherche par consultation de cavité(s) autour de l'anomalie concernée
Type 3b 	Apex d'une anomalie significative/non significative retenue, en limite de zone d'investigation et d'origine inconnue	29	Extension du levé microgravimétrique

Tableau 1 regroupe la typologie des apex identifiés et les recommandations géophysiques du BRGM qui leur sont associées. Les apex ont été classés selon les critères suivants :

- La significativité des anomalies concernées pas l'apex ; on distinguera les anomalies significatives et les anomalies non-significatives retenues (voir définitions dans le chapitre 4 du rapport BRGM/RP-700067-FR) ;
- La présence de cavités au droit ou à proximité de l'apex (dans un rayon de 5 m) ;

- La localisation des anomalies (bordière ou non).

35 apex de Type 1a et les 5 apex de Type 1b (soit 10 % des apex) sont identifiés. Ils concernent des anomalies significatives ou non-significatives retenues, dont l'origine est indéterminée à ce jour. Le BRGM recommande pour ces apex la réalisation de sondages de reconnaissance en suivant la procédure décrite en Annexe 2 du rapport BRGM/RP-700067-FR.

73 apex concernent des anomalies situées au droit ou à proximité de cavités connues dont l'effet microgravimétrique n'a pu être corrigé à cause de connaissance incomplète sur leur géométrie (Type 2). Le BRGM recommande d'améliorer les connaissances sur la géométrie de ces cavités (d'après la procédure décrite en Annexe 4 du rapport BRGM/RP-700067-FR), et d'en corriger les effets.

274 apex (Type 3a, soit 66 % des apex) concernent des anomalies significatives ou non-significatives retenues, bordières de bâtiments et d'origine inconnue, ou non-bordières et situées à proximité d'une ou plusieurs cavité(s) connue(s). Pour ces apex, le BRGM recommande des investigations supplémentaires afin de rechercher d'éventuelles cavités non connues ou extensions de caves connues. En cas d'identification d'une nouvelle cave ou extension, le BRGM recommande d'en faire un levé géométrique (voir détails en Annexe 4 du rapport BRGM/RP-700067-FR) pour corriger les effets de cette cavités/extension sur la présente carte d'anomalie microgravimétrique.

29 apex concernent des anomalies situées en limites de zones d'investigations et d'origine inconnue (Type 3b). Le BRGM recommande pour ces apex des extensions du levé microgravimétrique. Pour les anomalies situées en extrémité de rues et bordant des rues non investiguées, l'emprise devra être définie conjointement avec Limoges Métropole afin d'optimiser le volume des travaux (levé total/partiel des rues non investiguées à ce jour, en fonction des enjeux de surface). Pour toutes les autres anomalies bordières, des propositions d'extension ont été faites (hachuré marron sur Planche 1). Ces extensions touchent soit au domaine privé (cours, jardin...), soit au domaine public n'ayant pas fait l'objet d'investigations dans le cadre de cette étude (place, parc...). Leur emprise a été définie sur la base des enjeux de surface (e.g. jusqu'au bâtiment le plus proche) ou, en l'absence d'enjeu fort, sur une largeur d'environ 10 m (distance nécessaire pour réaliser 3 lignes supplémentaires de points de mesure). Au vu des résultats de la présente étude, le BRGM recommande d'ajuster la maille des levés complémentaires à 3x3 m en maille régulière.

La réalisation des recommandations faites ci-avant impliquera une mise à jour de la carte microgravimétrique résiduelle présentée dans ce rapport, lors de programmes ultérieurs. Une analyse de cette carte mise à jour conduira à de nouvelles préconisations, etc. Cette stratégie permettra, progressivement, d'éliminer les anomalies négatives persistantes (associées à de possibles vides non reconnus).

Type d'apex	Caractéristiques	Nombre d'apex	Recommandations
Type 1a 	Apex d'une anomalie significative, non bordière et d'origine inconnue	35	Réalisation de sondages de reconnaissance Priorité 1
Type 1b 	Apex d'une anomalie non-significative retenue, non bordière et d'origine inconnue	5	Réalisation de sondages de reconnaissance Priorité 2

<p>Type 2</p> 	<p>Apex d'une anomalie significative/non significative retenue, bordière ou non, située à proximité d'une/plusieurs cavité(s) connue(s) non corrigée(s)</p>	<p>73</p>	<p>Correction de l'effet microgravimétrique avant toute action complémentaire</p>
<p>Type 3a</p> 	<p>Apex d'une anomalie significative/non significative retenue, bordière ou non, d'origine inconnue ou située à proximité d'une/plusieurs cavité(s) connue(s) corrigée(s)</p>	<p>274</p>	<p>Recherche par consultation de cavité(s) autour de l'anomalie concernée</p>
<p>Type 3b</p> 	<p>Apex d'une anomalie significative/non significative retenue, en limite de zone d'investigation et d'origine inconnue</p>	<p>29</p>	<p>Extension du levé microgravimétrique</p>

Tableau 1 - Caractéristiques et recommandations géophysiques associées aux apex négatifs répertoriés dans le cadre de cette étude. Les figurés correspondent à ceux indiqués sur la carte d'anomalie résiduelle (Planche 1)

4. Bilan et résultats

4.1. ÉLABORATION D'UNE BASE DE DONNÉES

L'ensemble des données recueillies dans le cadre de ce projet a été remis au format numérique à Limoges Métropole. Leur organisation numérique a été établie en collaboration avec les services techniques et le service informatique de la collectivité.

Un modèle conceptuel de données a ainsi été élaboré au cours de l'inventaire. Son contenu s'inspire de la base nationale des cavités souterraines consultable sur www.georisques.gouv.fr.

Il a ensuite été légèrement ajusté au cours du travail d'inventaire en raison des données recueillies et de leurs contraintes d'exploitation (cf. Illustration 14).

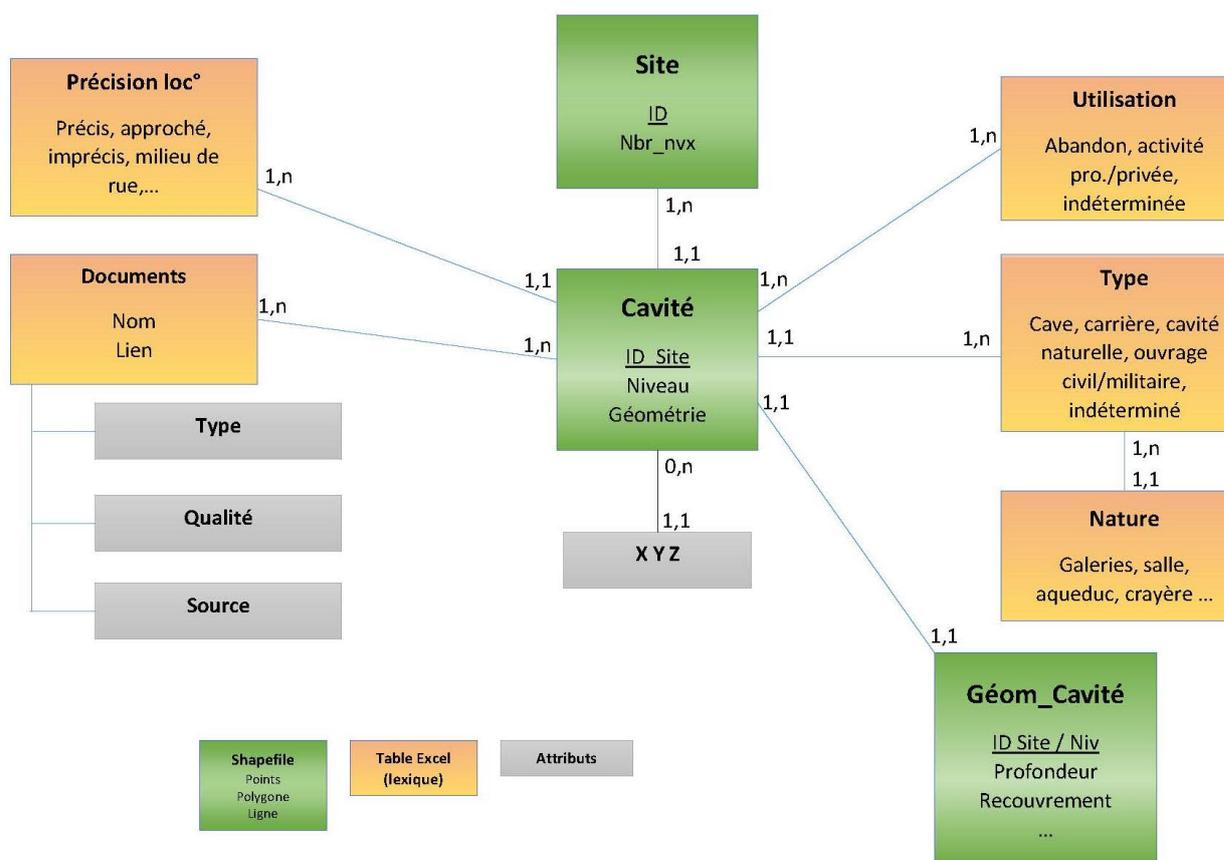


Illustration 14 – Modèle Conceptuel de Données concernant la géométrie des cavités

Le Tableau 2 présente le contenu des fichiers de données géoréférencées remis à Limoges Métropole (blocs verts sur le schéma de l'illustration 14).

Nom fichier	Format	Type d'Objet	Contenu
<i>Site</i>	shapefile	Points (géoréférencés)	<p>Ce fichier contient 801 objets.</p> <p>Il s'agit de la totalité des cavités souterraines identifiées dans le cadre de cet inventaire.</p> <p>Chaque cavité est définie par un identifiant unique (Num_Cavite). Les identifiants connus dans d'autres bases de données y sont ajoutés (numéro ArcheA, Identifiant base nationale des cavités souterraines).</p> <p>La table attributaire recueille les informations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de localisation (adresse, référence cadastrale, coordonnées géographiques en Lambert93 CC46), - de caractéristiques (nature, accès, nombre de niveaux : égal à '99' si inconnu), - d'origine des informations (source d'information, existence de plans...), - de travaux éventuels (type de confortement). <p>Les points sont positionnés, pour la majorité d'entre eux, à l'adresse, en bordure de parcelle cadastrale et non à l'emplacement de la cavité. Ceci permet d'en faciliter la lecture sans charger la carte visuellement.</p> <p>Cette table est liée à la table <i>Cavité</i> par l'identifiant Num_Cavite.</p>
<i>Cavité</i>	shapefile	Polygones (géoréférencés)	<p>Ce fichier contient 597 objets. Ils caractérisent 403 entités de la table <i>Site</i>.</p> <p>Chaque objet correspond à l'emprise d'un niveau de vide. Une entité de la table <i>Site</i> peut avoir plusieurs entités associées (= plusieurs niveaux de vide) dans la table <i>Cavités</i>...ou aucun.</p> <p>En effet, les entités répertoriées dans la table <i>Site</i> ont des niveaux de connaissance variables : certaines ont fait l'objet de levés planimétriques, pour d'autres, l'unique connaissance est qu'une cavité est présente à cette adresse, mais aucun levé n'a été recueilli.</p> <p>Cette table <i>Cavité</i> est liée à la table <i>Site</i> par l'identifiant. Plusieurs objets de cette table <i>Cavités</i> peuvent avoir le même identifiant <i>Site</i> mais les champs 'Niveau' seront différents. Une cavité dont on ne connaît pas à quel niveau correspond l'emprise recueillie a un code niveau égal à '99'.</p> <p>La table attributaire reprend quelques éléments de description contenus dans la table <i>Site</i>, associé au niveau correspondant.</p>
Geom_Cavité	shapefile	Polygones (géoréférencés)	<p>Ce fichier contient 1 249 objets. Ils caractérisent 183 entités de la table <i>Site</i>.</p> <p>Chaque polygone de la table <i>Cavité</i> a été redécoupé en fonction des variations d'altitude (variation des hauteurs de vides et des épaisseurs de recouvrement) selon le principe du schéma de l'Annexe 2.</p> <p>Cependant dans le cas particulier de Limoges, les différents niveaux d'une même cavité peuvent ne pas être superposés ou alors que partiellement, ou encore 2 niveaux de 2 entités différentes peuvent se superposer.... ce qui multiplie le nombre de polygones découpés.</p> <p>Cette table est utilisée pour le traitement des données microgravimétriques. Elle permet également d'apporter des informations à Limoges Métropole quant à la description des vides répartis sur le territoire.</p>

Tableau 2 – Description du contenu des fichiers géoréférencés transmis à Limoges Métropole

Le Tableau 3 présente le contenu des fichiers de lexique remis à Limoges Métropole : il s'agit des tables Excel *Type*, *Nature*, *Utilisation* et *Précision Localisation*. Ces lexiques sont directement issus de la base nationale des cavités souterraines.

Nom fichier	Description	Contenu
<i>Lexq_Type.xlsx</i>	Correspond à la « grande famille » de cavité rencontrée.	Cave, carrière, cavité naturelle, ouvrage civil, ouvrage militaire, indéterminé.
<i>Lexq_Nature.xlsx</i>	Il s'agit d'apporter une information sur la géométrie de la cavité ou son mode d'exploitation. Cet item est directement lié au type.	<p><i>Pour Type = Cave, la nature sera :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - galerie, - salle, - ouvrage linéaire et surfacique, - indéterminée. <p><i>Pour Type = Ouvrage civil, la nature sera :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - aqueduc, - ouvrage linéaire, - ouvrage linéaire et surfacique, - ouvrage surfacique, - souterrain refuge, - tunnel ferroviaire - tunnel routier - indéterminée. <p><i>Pour Type = indéterminé, la nature sera 'indéterminée.</i></p>
<i>Lexq_Utilisation.xlsx</i>	Information sur l'utilisation actuelle de la cavité. Cette information a rarement été renseignée.	Abandon, activité pro., activité privée, indéterminée.
<i>Lexq_PrécisionLoc.xlsx</i>	Apporte de l'information sur le niveau de précision de la position du point sur un plan. Dans le cas de cet inventaire, tous les points localisés le sont à un niveau « précis ».	<p>Précis : situation précise à < 25 m</p> <p>Approché : situation approchée à > 25 m, positionnement au lieu-dit ou au quartier</p> <p>Imprécis : situation imprécise, à >250 m, renvoi au centre-ville ou au lieu-dit</p> <p>Milieu de rue : positionnement du point de repérage en milieu de rue</p> <p>Centroïde de commune : positionnement du point de repérage au centroïde de la commune (x et y inconnus)</p>

Tableau 3 – Contenu des fichiers « Lexiques » remis à Limoges Métropole

Le Tableau 4 présente la liste et le contenu des autres documents remis à Limoges Métropole.

Nom fichier	Format	Contenu
Lexq_SourceInformation	Excel	Pour optimiser la lecture et pour un gain de place, certaines sources d'informations indiquées dans la table <i>Site</i> ne sont pas rédigées en toutes lettres mais sous forme de code : <ul style="list-style-type: none"> - LM = Limoges Métropole - LS = Limoges Souterrain - Ville = Ville de Limoges
Limoges_Retour_Enquete-population.xlsx	Excel	Liste l'ensemble des réponses aux questionnaires reçues (réponse de présence de cavité = 'oui' et réponse = 'ne sait pas'). Chaque réponse est identifiée par un numéro. Les coordonnées des propriétaires et locataires y sont répertoriées.
Réponses Questionnaire	Shapefile	Points positionnés à l'adresse, en bordure de parcelle cadastrale où la présence d'une cavité a été signalée par une réponse au questionnaire. Plusieurs points peuvent être localisés à une même adresse car plusieurs réponses peuvent correspondre au même immeuble.
Documents	Tous formats	Totalité des documents exploités pour la réalisation de l'inventaire. Ils sont triés par répertoire 'nom de rue' puis renommés comme suit : <i>IdentifiantSite_Nom de rue-Numéro rue_Source Information.xxx</i>

Tableau 4 – Contenu des fichiers « autres » remis à Limoges Métropole

4.2. DESCRIPTION DES DONNÉES MICROGRAVIMÉTRIQUES REMISES

Outre la planche cartographique (Planche 1) remise en annexe hors texte de ce rapport et du rapport géophysique BRGM/RP-700067-FR, un fichier numérique de l'anomalie résiduelle est remis à Limoges Métropole (Tableau 5).

Pour rappel, cette anomalie résiduelle est le fruit du croisement entre le résultat des levés microgravimétriques effectués (après traitements, cf. section 3 du rapport BRGM/RP-70067-FR) et la table (Geom_Cavité) des polygones des vides connus géométriquement (cf. Tableau 2). Les modalités de réalisation de ce croisement sont décrites en Annexe 2.

Nom fichier	Format	Type d'Objet	Contenu
PI1_CarteGraviResiduelle	raster	image	<ul style="list-style-type: none"> - anomalie microgravimétrique résiduelle variant de -0,090 mGal (rose) à 0,046 mGal (orangé) (isocontours tous les 0.010 mGal) - limite de signification qui délimite les anomalies résiduelles dites significatives - Un filtre opaque sur les zones non-significatives - apex des anomalies - zone d'extension recommandée

Tableau 5 – Contenu du fichier des résultats microgravimétriques remis à Limoges Métropole

4.3. UTILISATION DES DONNÉES TRANSMISES

L'ensemble des données remises à Limoges Métropole correspond à un niveau de connaissance à un instant t.

Cette base de données est vouée à évoluer en fonction des nouvelles informations que pourra acquérir Limoges Métropole sur son territoire car des nouvelles cavités pourront y être intégrées (formats point et polygone).

De la même façon, si des campagnes géophysiques ponctuelles sont réalisées par le BRGM à l'échelle d'une rue, d'un quartier, d'un projet d'aménagement... ou si de nouvelles cavités sont levées et donc connues géométriquement dans la zone déjà investiguée par la microgravimétrie, la carte d'anomalie résiduelle pourra être mise à jour (dans le cadre d'une convention spécifique).

L'utilisation des fichiers issus du recueil de données existantes peut s'effectuer par plusieurs entrées :

- La table *Site* permet d'effectuer une recherche de la présence d'une cavité par adresse dans la table attributaire ou par l'outil cartographique ;
- La table *Cavité* permet également d'effectuer une recherche par adresse dans la table attributaire mais également de localiser des emprises de vides connus à l'aide de l'outil cartographique ;
- La table *Geom_Cavité* permet d'avoir des informations sur la géométrie des vides depuis les outils de consultation cartographique.

Le Tableau 6 ci-après présente la synthèse des apex microgravimétriques mis en évidence (issus du rapport BRGM/RP-700067-FR) et propose des actions à mettre en œuvre, adaptées à chaque contexte.

Il est conseillé d'utiliser les tables *Site*, *Cavité* et *PI1_CarteGraviResiduelle* en les superposant afin que chacune apporte des éléments de connaissance du contexte local.

Un exemple de fiche d'identité, issue de la compilation de quelques données contenues dans ces 3 fichiers, est proposé en Annexe 5. Une telle fiche peut être élaborée afin de consulter les informations sous forme de catalogue par exemple.

En ce qui concerne l'utilisation du raster de l'anomalie résiduelle finale, les recommandations émises par l'équipe géophysique du BRGM peuvent être modulées avec la réalisation systématique et préalable avant tous travaux d'un porte-à-porte (permettant d'accéder à de nouvelles informations sur l'existence de cavités).

En conclusion, le travail réalisé dans le cadre de cette étude a permis d'élaborer un outil d'aide à la décision pour la collectivité, avec une nette amélioration de la connaissance et de la répartition des cavités souterraines sur le territoire de Limoges. Cependant il est rappelé que cet inventaire n'est pas exhaustif et une amélioration permanente des connaissances devra être menée.

Une réflexion quant à une démarche de gestion du patrimoine souterrain par Limoges Métropole a déjà été menée et proposée par la responsable du projet au sein de Limoges Métropole lors du dernier comité de pilotage.

Cette réflexion est résumée ici :

- Organiser une surveillance périodique des cavités,
- Programmer et réaliser des travaux de maintenance,
- Donner des préconisations dans le cadre de futurs travaux,
- Mettre à jour l'application SIG.

Type d'apex	Caractéristiques	Nombre d'apex	Recommandations géophysique	Stratégie d'action
Type 1a 	Apex d'une anomalie significative non bordière et d'origine inconnue	35	Réalisation de sondages de reconnaissance <i>Priorité 1</i>	<i>Signifie que des cavités non répertoriées sont situées à proximité</i> Consultation de la table Site à l'aide de l'outil cartographique afin de déterminer si des cavités non connues géométriquement ont été recensées à proximité (objet point). Recherche de documentation dans les archives associées ou recherche terrain dans les bâtiments alentours (porte-à-porte) si des entrées de cavité sont présentes et accessibles. a/ Si visite possible, en effectuer la(les) reconnaissance(s) et le(s) levé(s) jusqu'au secteur de l'apex b/ Si non, sondage de reconnaissance
Type 1b 	Apex d'une anomalie non-significative retenue, non bordière et d'origine inconnue.	5	Réalisation de sondages de reconnaissance <i>Priorité 2</i>	
Type 2 	Apex d'une anomalie significative/non-significative retenue, bordière ou non, située à proximité d'une/plusieurs cavité(s) connue(s) non corrigée(s)	73	Correction de l'effet microgravimétrique avant toute action complémentaire	<i>Signifie que le niveau de connaissance des cavités à proximité n'est pas suffisant</i> Consultation des tables Site et Cavité à l'aide de l'outil cartographique afin de déterminer les cavités répertoriées à proximité mais non connues ou mal connues géométriquement. Effectuer une nouvelle visite afin de mesurer les épaisseurs de recouvrement et hauteurs de vides de ces cavités. Mise à jour de la carte microgravimétrique à l'aide de ces nouveaux éléments.
Type 3a 	Apex d'une anomalie significative/non-significative retenue, bordière ou non, d'origine inconnue ou située à proximité d'une/plusieurs cavité(s) connue(s) corrigée(s)	274	Recherche par consultation de cavité(s) autour de l'anomalie concernée	<i>Signifie que malgré les corrections des cavités connues, un apex subsiste : présence potentielle d'autres vides non répertoriés à proximité.</i> Consultation de la table Site à l'aide de l'outil cartographique afin de déterminer si des cavités non connues géométriquement ont été recensées à proximité (objet point). Recherche de documentation dans les archives associées ou recherche terrain dans les bâtiments alentours (porte-à-porte) si des entrées de cavité sont présentes et accessibles. a/ Si visite possible, en effectuer la(les) reconnaissance(s) et le(s) levé(s) jusqu'au secteur de l'apex b/ Si non, sondage de reconnaissance
Type 3b 	Apex d'une anomalie significative/non-significative retenue, en limite de zone d'investigation et d'origine inconnue	29	Extension du levé microgravimétrique	<i>Signifie que l'emprise du levé microgravimétrique est insuffisant</i> Réalisation d'un nouveau levé microgravimétrique avec consultation en parallèle des tables Site et Cavité à l'aide de l'outil cartographique afin de vérifier le niveau de connaissance des cavités répertoriées à proximité et en effectuer une éventuelle nouvelle visite afin de mesurer les épaisseurs de recouvrement et hauteurs de vides de ces cavités pour mise à jour des levés microgravimétriques associés.

Tableau 6 – Propositions d'actions à mettre en œuvre selon le type d'apex négatif répertorié

5. Conclusion

L'objectif de cette étude a été de tendre vers l'inventaire le plus exhaustif et le plus à jour possible des cavités souterraines en centre-ville de Limoges, vides, dont la localisation et l'extension sont susceptibles d'avoir un impact sur la gestion du domaine public.

La méthodologie mise en œuvre pour la réalisation de l'inventaire s'est basée sur deux approches complémentaires : le recueil et la compilation de données existantes, et la collecte de nouvelles données par méthode géophysique, la microgravimétrie.

Le recueil des données existantes s'est effectué auprès d'établissements, d'organismes, d'associations et par enquête auprès des habitants du centre historique ; la synthèse et la numérisation de toutes ces données de qualité et de fiabilité très variables a permis d'identifier 801 cavités souterraines, alors que seules un peu plus de 160 étaient répertoriées dans la base de données nationale des cavités souterraines au lancement du projet. Un partenariat a été établi avec l'association ArcheA qui œuvre sur la connaissance des cavités souterraines depuis les années 1980 sur le territoire de Limoges et en détient une importante connaissance locale.

La campagne microgravimétrique dans le centre historique de la ville s'est appuyée sur 7 013 points de mesure. L'anomalie microgravimétrique résiduelle a ensuite été corrigée de l'effet des cavités dûment connues, ce qui a permis finalement de mettre en évidence 416 apex (=points anomaliques) négatifs. Ces apex ont fait l'objet d'une classification en trois types et quatre sous-types selon la significativité de l'anomalie concernée, la présence de cavité(s) au droit ou à proximité immédiate de l'apex, et la position bordière ou non de l'anomalie.

Pour chaque type d'apex, des recommandations spécifiques sont formulées selon un ordre de priorité établi en fonction du niveau de connaissance disponible sur l'origine des anomalies concernées :

- Apex de Type 1a : anomalies significatives d'origine inconnue > *sondages de reconnaissance de priorité 1 (35 apex concernés) ;*
- Apex de Type 1b : anomalies non-significatives retenues d'origine inconnue > *sondages de reconnaissance de priorité 2 (5 apex concernés) ;*
- Apex de Type 2 : anomalies situées au droit ou à proximité de cavités connues dont l'effet microgravimétrique n'a pu être corrigé > *amélioration de la connaissance sur la géométrie de la/des cavité(s) et correction de l'effet microgravimétrique correspondant ;*
- Apex de Type 3a : anomalies significatives ou non-significatives retenues, bordières de bâtiments et d'origine inconnue, ou non-bordières et situées à proximité d'une ou plusieurs cavité(s) connue(s) > *Recherche, par consultation, de l'existence de cavité(s), détermination de la géométrie et correction de l'effet microgravimétrique correspondant ;*
- Apex de Type 3b : anomalies situées en limite de zone d'investigation et d'origine inconnue > *Extension du levé microgravimétrique et mise à jour des résultats de cette étude pour nouvelle analyse.*

La mise en œuvre de ces recommandations devra être suivie d'une mise à jour des résultats présentés dans les deux rapports associés et d'une analyse des nouveaux résultats obtenus pouvant conduire à l'émission de nouvelles préconisations. Cette stratégie itérative a vocation à éliminer progressivement toutes anomalies négatives persistantes associées à de possibles vides non connus.

Ces recommandations géophysiques peuvent être modulées avec la réalisation systematique et préalable avant tous travaux d'un porte-à-porte, permettant d'accéder à de nouvelles informations sur l'existence de cavités.

Le travail réalisé dans le cadre de cette étude a permis d'élaborer un outil d'aide à la décision pour la collectivité, avec une nette amélioration de la connaissance et de la répartition des cavités souterraines sur le territoire de Limoges. Cependant il est rappelé que cet inventaire n'est pas exhaustif et une amélioration permanente des connaissances devra être menée.

L'ensemble des données d'inventaire et des données géophysiques a été transmis au format numérique à Limoges Métropole et les cavités supplémentaires reconnues seront versées à la base de données nationales du site internet Géorisques. Le détail de ces fichiers figure en annexe.

Le projet a été ponctué de plusieurs présentations de son avancement et des méthodes de travail en comité de pilotage. C'est pourquoi ce rapport est un document de synthèse qui résume le travail effectué tout au long du projet et détaille plus spécifiquement les modalités d'utilisation des résultats transmis.

Le présent rapport est complémentaire et indissociable du rapport RP-70067-FR qui traite spécifiquement du volet géophysique.

6. Bibliographie

Balbo É. (1995) - Patrimoine souterrain de Limoges – Histoire, risques, législation et jurisprudence. Vers l'élaboration d'un service spécifique. Éditeur Archéa.

Gandolfi J.M. et Delbos R. (1993) – Mairie de Limoges. Diagnostic de stabilité des cavités souterraines Place Barreyrette à Limoges. Auscultation géotechnique des caves accessibles et reconnaissance par sondages destructifs. Rapport BRGM/R36704 AQI 4S/LIM 93, 18 p., 10 ill., 1 ann.

Gourry J.C. (1993) – Localisation de cavités par géoradar dans la rue Jean Jaurès à Limoges. Haute-Vienne. Rapport BRGM/RR-37581-FR, 15 p., 19 pl.

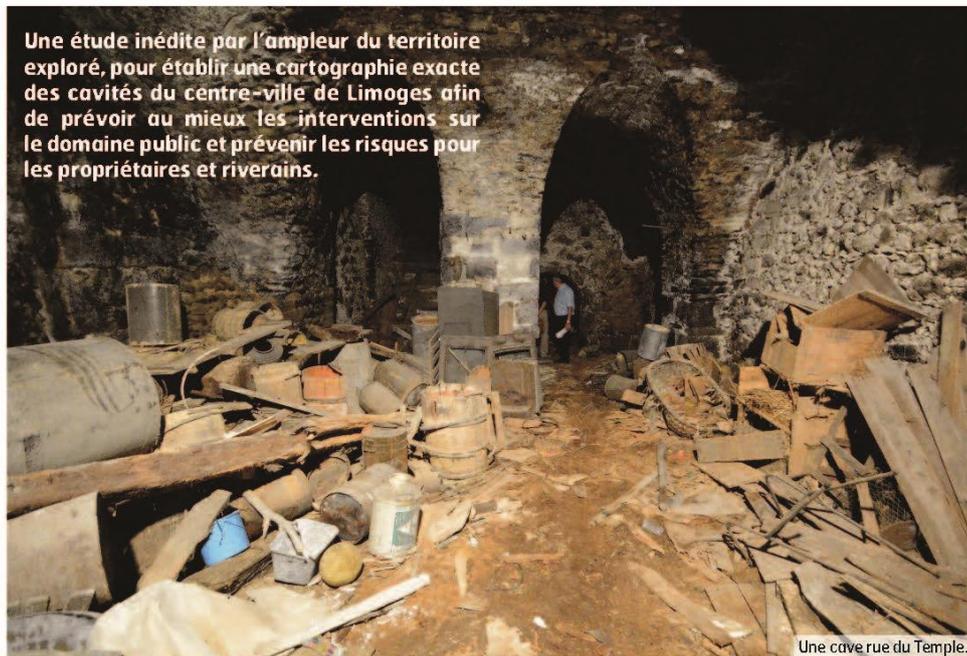
Guyonnaud G., Burnol L. et Recoing M. (1977) - Carte géologique de la France à 1/50 000. n° 688, Feuille Limoges, Éd. BRGM.

Lions A., Delpont G., Karnay G., Aubié S. (2009) – Inventaire départemental des cavités souterraines hors mines de Haute-Vienne. Rapport BRGM/RP-56808-FR, 71 p., 17 ill., 3 ann., 1 carte HT.

Portal A. et Jacob T. (2020) – Inventaire des cavités souterraines d'origine anthropique dans le centre-ville historique de Limoges (87) - Détection des cavités souterraines par microgravimétrie. Rapport final. BRGM/RP-70067-FR, 99 p., 56 ill., 32 tabl.

Site internet Géorisques : <https://www.georisques.gouv.fr/base-nationale-des-cavites-souterraines>

Annexe 1 : Numéro spécial du Métropol contenant le questionnaire



LES cavités et souterrains qui jalonnent le sous-sol limougeaud font partie de l'histoire de la ville et sont, pour la plupart, connus et répertoriés, mais réservent encore souvent bien des surprises. Ils se sont ainsi

rappelés avec force au bon souvenir de tous à l'occasion des travaux menés depuis deux ans dans les rues piétonnes du centre-ville, malgré les études en amont, et leur découverte (ou redécouverte) et leur éventuelle consoli-

dation ont entraîné parfois des retards plus ou moins importants pendant les premières phases du chantier.

Limoges Métropole a donc décidé de constituer un inventaire et un état des lieux les plus

exhaustifs possibles de ces souterrains et cavités. Le principe en a été voté en conseil communautaire le 30 mars dernier.

Cette étude, menée sous l'égide du BRGM, le Bureau de recherches géologiques et minières

INVENTAIRE DES CAVITÉS DU CENTRE-VILLE

CALENDRIER

Jusqu'à la fin de l'étude : enquête auprès des riverains et de la population.

2017 (1^{ère} PHASE)

Juillet-décembre 2017 : campagne de reconnaissance de terrain, avec visite d'une centaine de cavités.

Juillet-août 2017 : mesures par micro-gravimétrie en hyper-centre de Limoges.

2018 (2^e PHASE)

Mars à septembre 2018 : reprise de la campagne de reconnaissance des cavités, avec prise en compte des éléments recensés dans le cadre de l'enquête auprès des riverains.

Avril-mai 2018 : mesures par micro-gravimétrie dans un périmètre élargi.

Novembre 2018 : Bilan de l'étude et publication de la mise à jour des données.

PERMANENCES

Le BRGM tiendra des permanences les 10, 17, 24 et 31 juillet le matin, et les 7 et 28 août, au siège de l'Agglo, 19 rue Palissy.

concernera prioritairement les cavités dont la localisation et l'emprise sont susceptibles d'avoir un impact direct sur la gestion du domaine public.

Grâce à leur localisation précise et à la connaissance de leur état de conservation, qui ressortiront de cette grande campagne d'inventaire, les acteurs concernés, dont l'Agglo pour les travaux de voirie, mais aussi les entreprises intervenant régulièrement sur les réseaux souterrains, disposeront d'une base de données plus précise et actualisée, afin de préparer leurs futures interventions.

Par ailleurs, les éléments recueillis par le BRGM viendront mettre à jour les données mises à disposition du public sur le site *Géorisques*, alimenté depuis 2009 par le BRGM, et qui recense à ce jour 163 cavités (de type caves ou ouvrage civil) dans le sous-sol de Limoges.

L'inventaire sera également un outil majeur dans la programmation des travaux à mener sur ces cavités elles-mêmes, dans le cadre de la prévention des risques (risques pour les riverains, risque

sanitaire et sécurité lors des interventions sur le domaine public).

Un "plus" pour les propriétaires

Les résultats de l'étude pourront être envoyés aux propriétaires qui en feraient la demande s'ils envisagent de procéder à des travaux de mise en sécurité d'une cavité.

Ces travaux pourraient être éligibles à l'obtention d'une participation financière via les Fonds Barnier, Fonds de prévention des risques naturels majeurs (voir p. 4).

Cet inventaire des cavités du centre-ville de Limoges est une première pour le BRGM par l'ampleur du périmètre

concerné, englobant à la fois la Cité, le Château et leurs abords, soit au total 90 hectares, dont plus de 28 hectares du domaine public de la voirie. Dans ce secteur, la densité d'ouvrages souterrains connus à ce jour va de 1 à 6 cavités par hectare.

La population mise à contribution

Une centaine de cavités sera visitée dans la première phase de l'inventaire pour être cartographiées. Des visites pour les-

quelles les propriétaires auront évidemment donné leur accord à l'avis de visite qui leur sera envoyé au préalable. Mais d'autres visites pourront ensuite être ajoutées, au fur et à mesure de l'avancement de l'étude.

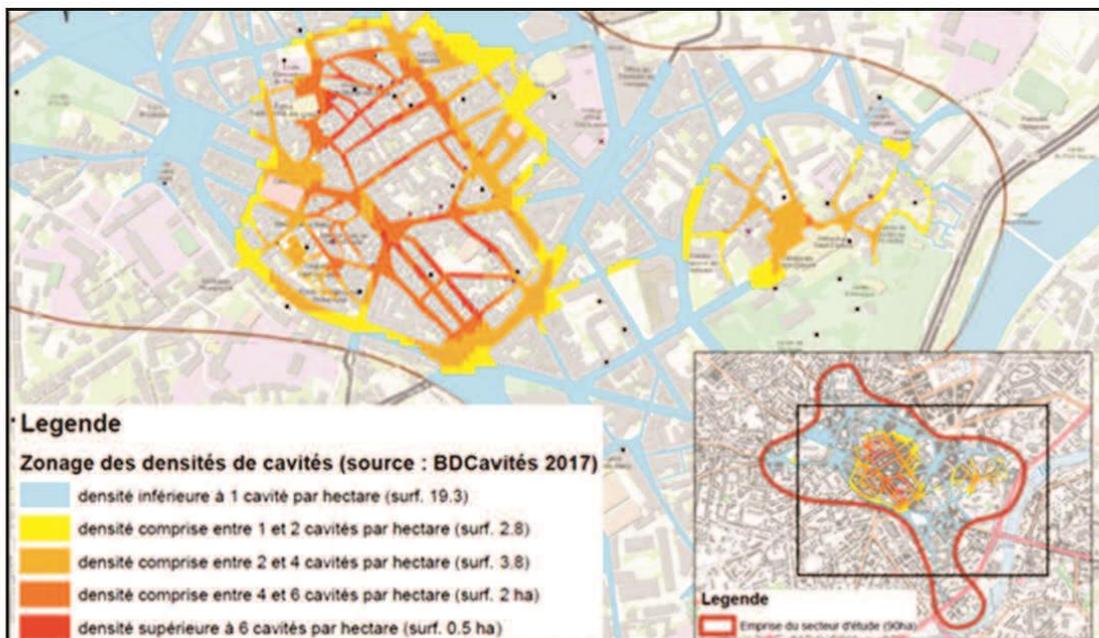
En effet, afin de compléter la cartographie et l'historique actuels, un appel est lancé par le BRGM et Limoges Métropole à la population, afin de recueillir témoignages, plans anciens et autres éléments de connaissance du sous-sol limougeaud.

Un questionnaire sera ainsi envoyé dans un premier temps aux propriétaires des immeubles et parcelles concernés et des riverains. Il est également disponible auprès Limoges Métropole (voir modalités en dernière page).

Après cette première phase de recensement et d'analyses préalables du périmètre, la deuxième tranche, consacrée aux mesures techniques débutera. Le BRGM a choisi d'utiliser la micro-gravimétrie, afin de cartographier de la manière la plus fine et précise possible le sous-sol du centre-ville.

Au total, cet inventaire des cavités durera 18 mois, jusqu'à la fin de l'année 2018.

163 CAVITÉS
ACTUELLEMENT
REGENSÉES
DANS
LE SOUS-SOL
DE LIMOGES



Carte du périmètre d'étude des cavités et ouvrages souterrains du centre-ville de Limoges. Il couvre au total 90 hectares, dont 28,4 sur le domaine public de la voirie, et présente des densités différentes de présence de cavités. Une première campagne de mesures par micro-gravimétrie sera menée cet été, une seconde en début d'année 2018, sur un périmètre délimité en hyper-centre de plus de 9 hectares.

INVENTAIRE DES CAVITÉS DU CENTRE-VILLE

QUESTIONNAIRE A COMPLÉTER

Inventaire des Cavités Souterraines dans la commune de Limoges

Afin de préparer et d'organiser le calendrier des visites (par les techniciens du BRGM) des cavités¹ présentes sur le centre-ville de Limoges, pourriez-vous compléter cette fiche de renseignements ?

D'avance merci de votre collaboration.

Une fois complété, document à retourner à l'adresse suivante : **Limoges Métropole - 19 rue Bernard Palissy - CS 10 001 - 87 031 Limoges Cedex 1** avant le 30/09/2017 ou à transmettre par mail à l'adresse suivante : **travaux_cvlimoges@agglo-limoges.fr**

Vos coordonnées

Nom et Prénom :

Adresse (rue, lieu-dit) :

Tel (fixe et/ou portable) : E-Mail :

Présence de cavité(s) ou d'entrée(s) de cavité à cette adresse ? Oui Non Ne sais pas

Si oui, merci de répondre aux questions ci-dessous

A cette adresse, êtes-vous : Propriétaire Locataire

Si toutefois il n'y avait pas, à votre connaissance, de cavité à votre adresse, peut-être avez-vous connaissance d'une cavité à proximité, vous pouvez également la décrire ci-dessous ...

Description de la Cavité

Merci de préciser l'adresse de la cavité

Adresse (rue, lieu-dit) :

Référence cadastrale :

Nombre de cavités (ou d'entrées de cavité) à cette adresse :

Y-a-t-il un nom pour cette cave ? oui Nom : non Ne sais pas

Cavité accessible ? oui non Ne sais pas



Quel accès à cette cavité ou à cet ensemble de cavités ?

Cavité accessible depuis rue depuis habitation depuis terrain clos libre d'accès

Entrée de la cavité ouverte fermée à clef inaccessible (remblais)

L'accès s'effectue depuis votre propriété ? oui non Ne sais pas

Dimensions de la cavité

Connaissez-vous, même approximativement, les dimensions de cette cavité ? oui non

Longueur : Largeur : Superficie (m²) :

Épaisseur de terrain au-dessus de la cavité : Nombre de niveaux si plusieurs :

Documents concernant de la cavité

Possédez-vous des plans, cartes, croquis, relevés de cette cavité ? oui non

Si oui, nous autorisez-vous à les consulter dans le cadre de cet inventaire ? oui non

Autres informations

Avez-vous noté la présence d'eau dans cette cavité ? oui non

Cette cavité communique-t-elle avec une ou plusieurs autres ? oui non

Quelle est l'utilisation actuelle de cette cavité ?

¹ le terme « cavité » comprend tous les vides souterrains, par exemple : cave, carrière, habitat troglodytique, souterrain

² art. 552 du code civil : « Tout propriétaire du sol est également propriétaire du sous-sol sauf s'il existe un titre de propriété du dessous ». Si votre cavité s'étend également sous le domaine public ou sous une parcelle privée voisine, l'entrée présente sur votre parcelle est peut-être le seul accès possible permettant de connaître l'extension de cette cavité.



INVENTAIRE DES CAVITÉS DU CENTRE-VILLE

Si une visite de cette cavité est effectuée par le BRGM,

Acceptez-vous qu'un technicien BRGM visite votre (vos) cavité(s)¹ ? OUI NON²
 Si les cavités sont libres d'accès, nous autorisez-vous à les visiter en votre absence ? OUI NON
 Si votre présence est nécessaire, pourriez-vous indiquer vos disponibilités lors des visites prévues à partir de juillet 2017 ?

Jours	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI
Plages horaires					

Dates :

Vous pouvez également contacter le BRGM site de Poitiers/Limoges au 05 49 38 15 38 pour fixer un rendez-vous.

Remarques / Informations complémentaires (sur la cavité décrite ou sur votre connaissance des cavités à Limoges)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



LA TECHNIQUE DE LA RECHERCHE PAR MICRO-GRAVIMÉTRIE

POUR la phase d'inventaire et de mesure de cette grande étude, le Bureau de recherches géologiques et minières, mandaté par Limoges Métropole, a choisi la technique de la micro-gravimétrie, ou gravimétrie de haute précision. Elle consiste, sur une zone déterminée à l'avance, à mesurer

directement sur le terrain les variations du champ de pesanteur, et à en déduire les anomalies de masse dans le sous-sol. Dont, dans ce cas précis, les anomalies vraisemblablement dues aux vides, donc aux cavités et ouvrages souterrains, peu ou mal remblayés. Cette méthode est, selon le BRGM, la

plus adaptée aux mesures en milieu urbain et à la physiologie des cavités déjà connues, peu profondes (avec un toit à une profondeur inférieure à 10 mètres, en moyenne). Elle permet un rendement de 75 points de mesure par jour et par opérateur.

Au préalable, le BRGM a défini

un maillage du périmètre concerné, avec un point de mesure tous les 3,5 mètres. Localement, ce maillage pourra, au besoin, être affiné pour des rues très étroites. Les mesures ainsi effectuées seront ensuite comparées à celles recueillies lors des phases précédentes de l'inventaire.

Numéro spécial réalisé par la Direction de la communication de Limoges Métropole avec la Direction des travaux et infrastructures et le BRGM. Photo Y. Montel.

PAS DE CIRCULATION PENDANT LES MESURES...

Les instruments de mesure de micro-gravimétrie étant particulièrement sensibles aux vibrations, les mesures doivent être réalisées dans un environnement le plus calme possible. C'est pourquoi la période d'été a été choisie pour la première

campagne de mesure, en hyper-centre de Limoges :

- du 3 au 13 juillet
- du 7 au 11 août
- du 21 au 25 août

Pendant ces périodes, aucun

chantier de voirie ne sera effectué et la circulation de tous les véhicules (bus et trolleys compris) sera donc interdite dans les rues concernées, avec des arrêtés municipaux pris rue par rue, si possible, pour minimiser les gênes occasionnées.

LE CHIFFRE

548.330 EUROS

C'est le coût estimé de cet inventaire, financé par Limoges Métropole (30%), le BRGM (20%) et le Fonds Barnier (50%)

LE FONDS BARNIER

Le Fonds de prévention des risques naturels majeurs, dit Fonds Barnier, a été créé par la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, dans le but premier de financer l'expropriation de biens exposés à certains risques naturels menaçant gravement des vies humaines. Il a été élargi pour contribuer au financement notamment des mesures de réduction de la vulnérabilité, des études et travaux prévus dans le cadre d'un Plan de prévention des risques.

Le questionnaire est aussi disponible au siège de Limoges Métropole, rue Bernard-Palissy et sur le site www.agglo-limoges.fr. Il est à renvoyer directement à Limoges Métropole ou par mail (travaux_cvlimoges@agglo-limoges.fr)
 Pour tous renseignements :
 N° Vert : 0.800.87.00.17

Annexe 2 : Procédure de levé des caves souterraines pour la correction de leur effet sur les données microgravimétriques

L'effet microgravimétrique d'un vide anthropique de type cave d'habitation peut être corrigé grâce à des codes de traitement développés au BRGM (Jacob et al., 2020). Pour cela, la cave est numériquement modélisée par un parallélogramme rectangle. Cette correction nécessite de connaître la géométrie de la/des cave(s) dont l'effet doit être corrigé. Plus particulièrement, il s'agit d'obtenir :

- L'emprise au sol géoréférencée de la cave (Illustration A2.1, vue de dessus) ;
- La hauteur de vide ;
- L'altitude du toit de la cave.

La modélisation de caves à géométrie et/ou agencement complexe (plusieurs niveaux, plusieurs salles, recouvrement d'une cave sur l'autre...) nécessite de les subdiviser en sous-entités distinctes (*i.e.* polygones), pour lesquelles les paramètres géométriques décrits ci-dessus devront être connus (Illustration A2.1).

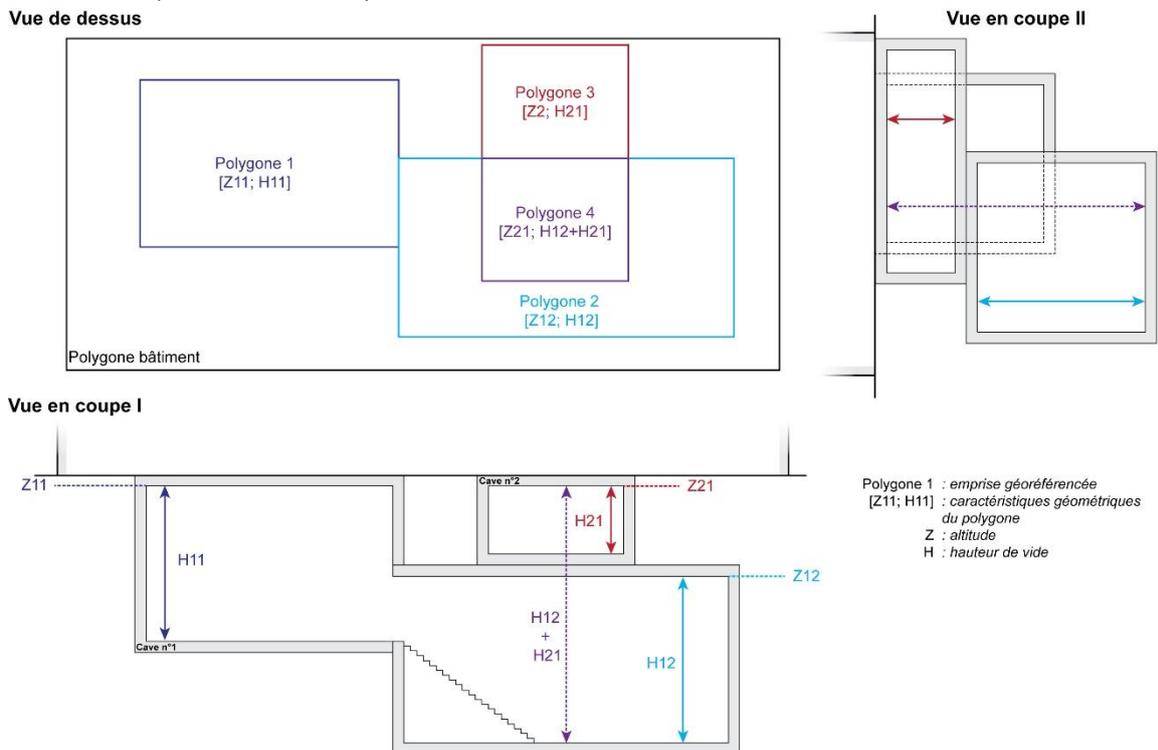


Illustration A2.1 - Schéma de deux caves à géométrie et agencement complexes, représentées en vue de dessus (emprise) et en coupes verticales. La cave n°1 est subdivisée en deux sous-entités (1 bleu foncé et 1 bleu clair). La cave n°2 recouvre en partie la partie basse de la cave n°1, cet agencement nécessite la création d'une quatrième polygone dont la hauteur de vide est égale à la somme des hauteurs de chaque caves..

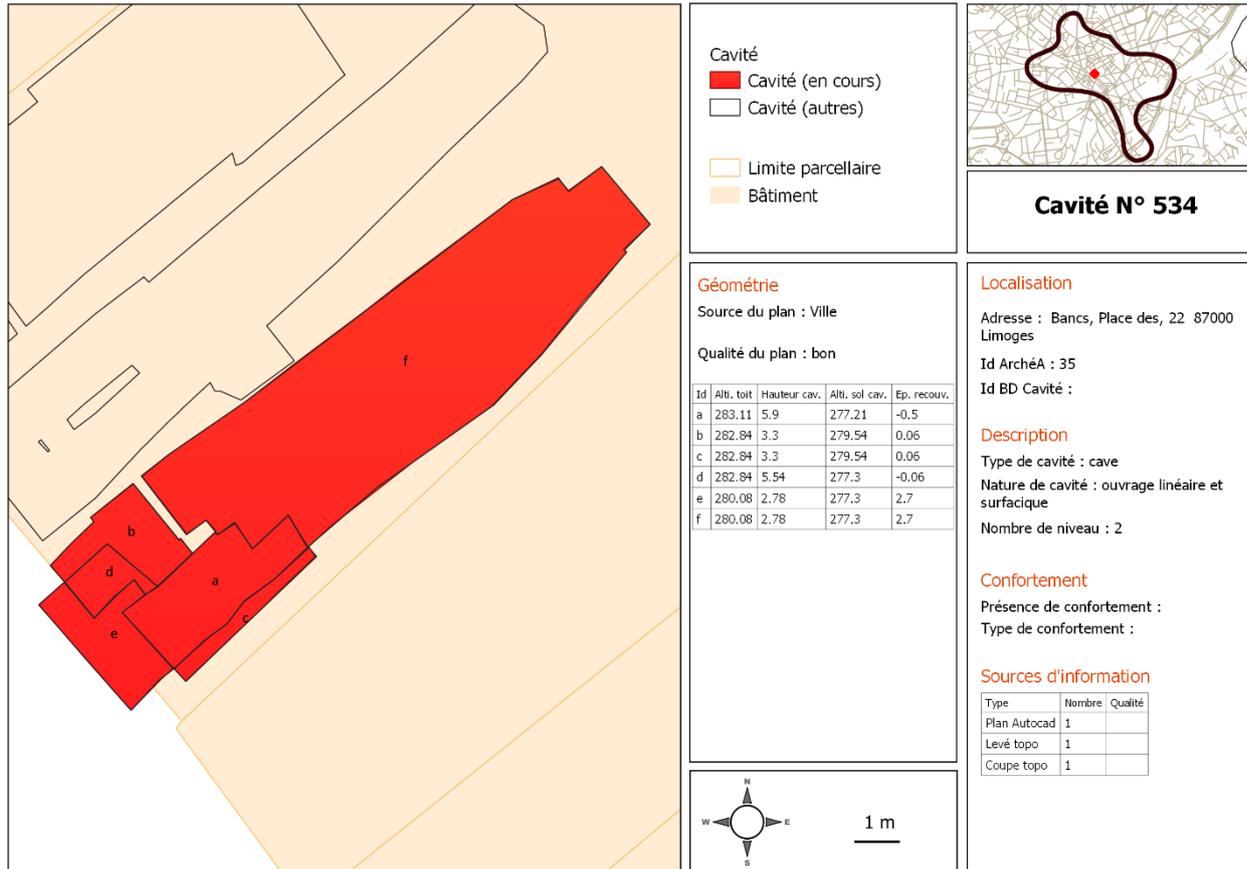
Annexe 3 : Architecture des dossiers numériques transmis à Limoges Métropole

71eme mobile, rue	Consulat, rue du	Haute-Vienne, quartier	Poids Publics, place des
Aquesseau, rue	Corderie, rue de la	Huchette, rue	Pont Saint-Etienne, rue du
Aigoulène, aqueduc	Courtine, rue de la	Industrie, rue de l'	Pont Saint-Martial, rue du
Aine, place d'	Croix verte, rue de la	Jacobins, place	Portail Imbert, rue
Allois, rue des	Cruche d'or, rue de la	Jauvion, rue	Porte Panet, rue
Ancienne comédie, place	Dalesme, rue	Jean Gagnant, avenue	Présidial, place du
Anglais, rue des	Daniel Lamazière, rue	Jean Jaures, rue	Providence, rue de la
AQUEDUC - PLAN D'ENSEMBLE	Darnet, rue	Jean Pierre Timbaud, rue	Puy du Pic, aqueduc
Arènes, rue des	Delescluze, rue	Jourdan, Place	Rafilhoux, rue
Auquste Rodin, rue	Donzelot, aqueduc_HORS SECTEUR	Jules Guesdes, rue	Rajat, rue du
Balcon, rue du	Dubouche, rue	Jules Noriac, rue	Ranson, rue
Banc Léger, rue	Dupuytren, rue	Lanscot, rue	Raspail, rue
Bancs, place des	Dussoubs, place Denis	Loi, rue de la	Règle, rue de la
Barny, rue	Ecoles, rue des	Longueueue, aqueduc	Saint Affre, rue
Barreyrette, rue de la	Edouard Vaillant, rue	Louis Blanc, rue	Saint Aurélien, place
Basse Comédie, rue de la	Elie Berthet, rue	Louvrier du Lajolais, rue	Saint Eloi, avenue
Baudin, avenue	Enjoumar, aqueduc	Manique, Place	Saint Etienne, place
Beaune les mines, aqueduc_HORS SECTEUR	Ester_HORS SECTEUR	Massié, rue	Saint Georges, place
Bellac, rue de	Etienne Pinchaud, Place	Meissonier, rue	Saint Martial, rue
Blanqui, Place	Eveche	Mirabeau, rue	Saint Michel, Place
Boucherie, rue de la	Ferrerie, rue	Monte à Regret, rue	Saint Pierre, Place
Brousseau, rue	Filles Notre Dame, rue	Montequet, rue	Saint Surin, rue
Camille See, rue	Fontaine des Barrés, place de la	Montmailler, rue	Saut de Boeuf, rue
Canal, rue du	Fourie, rue	Motte, Place de la	Stalingrad, rue
Capitaine Viquier, rue du	François Chenieux, rue	Murier, rue du	Tanneries, rue des
Carmes, place des	François Miterrand, rue	Neuve des Carmes, rue	Temple, Petite rue du
Carnot, boulevard	François Perrin, rue	Neuve Saint Etienne, rue	Temple, rue du
Cathédrale, rue de la	Gabriel Péri, avenue	Palissy, rue	Théodore Bac, rue
Chaignaud, rue	Gaiqnolle, rue	Palvézy, rue	Turenne, avenue de
Charlemaigne, rue	Gambetta, boulevard	Peconnet, rue	Turqot, rue
Charles Gide, rue	Garibaldi, avenue	Pénitents Blancs, rue des	Vénitiens, rue des
Charles Michels, rue	Georges Dumas, avenue	Pénitents Rouges, rue des	Victor Huqo, boulevard
Charseix, rue des	Gondinet, rue	Pétinaud Beaupeyrat, rue	Vigne de Fer, rue
Cité, Boulevard de la	Gorre, rue de	Pétinaud Dubos, rue	Vochave, rue
Cité, rue de la	Grandes Pousses, rue des	Petit Faubourg Manique	Winston Churchill, rue
Clairettes, aqueduc	Guillaume Dupuytren, rue	Petites Carmes, rue des	0-METRO_2016_parking_Dupuytren (1).pdf
Clocher, rue du	Halles, rue des	Petites Maisons, rue des	Consulat_CR.pdf
Collège, rue du	Haute cité, rue de la	Petites Pousses, rue des	Consulat_Préco.pdf
Combes, rue des	Haute de la Comédie, rue	Plaron, rue	

Annexe 4 – Planche cartographique regroupant les tables *Site* et *Cavité*



Annexe 5 - Proposition de fiche cavité





Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

**Direction régionale Nouvelle-Aquitaine,
site de Poitiers**
5 rue de la Goélette
86280 – Saint-Benoît - France
Tél. : 05 49 38 15 38