

RAPPORTS

Centre d'Études
Techniques de
l'Équipement de
l'Ouest

Laboratoire Régional
des Ponts et
Chaussées d'Angers

SARCÉ (72)

Recensement et Carte d'Indices de Cavités Souterraines

affaire n°42.10.72.101

Janvier 2011

Certifié
ISO 9001



n° 9913220



Ministère de l'Écologie, du Développement durable,
des Transports et du Logement

www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr

Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

Historique des versions du document

Version	Auteur	Commentaires
001	Claude DRÉAN	Document provisoire
002	Claude DRÉAN	Document définitif

Affaire suivie par

Claude DRÉAN – Service « Environnement-Risques Naturels »

Tél. 02 41 79 13 27, fax 02 41 44 32 76

Courriel. Claude.drean@developpement-durable.gouv.fr

Adresse postale :

CETE de l'Ouest/Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'Angers

23 avenue de l'Amiral Chauvin

BP 20069

49136 Les Ponts de Cé Cédex

Référence Intranet

http://

FICHE DE SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

- DÉFINITION ET EXÉCUTION DE LA COMMANDE

Titre du dossier : Carte d'indices de cavités souterraines

Date d'envoi : Rapport définitif, le 31 janvier 2011

Maître d'ouvrage : Commune de SARCE

Interlocuteurs du Laboratoire : M. Roger FRESNEAU Maire de SARCE

Chargé d'étude : Claude DRÉAN

Unité technique : U 42 Environnement - Risques Naturels

Collaborateurs : N. BERENGER, J-P. MASSET, D. BARRAUD

Contrôle externe : OUI [X] N. BERENGER

Rappel sommaire de la commande et de sa forme :

Devis n°32 2010 D 129 du 16/04/2010

Commande acceptée le 21/04/2010

Difficultés particulières rencontrées dans l'étude (en particulier celles pouvant affecter la qualité de l'étude) : Néant

Incertitudes laissées par l'étude et remèdes éventuels : Non exhaustivité du recensement en lien avec les limites des investigations mises en œuvre ; ce fait est précisé clairement dans le rapport.

Prolongements souhaitables de l'étude : Mises à jour du document (découverte de nouveaux indices, indices reconnus et traités, etc.).

I - RÉSUMÉ DU RAPPORT

Dans le cadre de l'élaboration de la Carte d'Indices de Cavités Souterraines sur une partie de la commune de SARCÉ (Sarthe), la commune de SARCÉ a confié au Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'Angers (LRPCA) la réalisation du recensement des indices de cavités. La zone d'étude est limitée à environ 2 kilomètres carré.

Les cavités étudiées sont d'une part, les caves et carrières souterraines et d'autre part les cavités naturelles.

Les investigations réalisées (recherche bibliographique, recherche de témoignages, photo-interprétation, reconnaissances de terrain) ont permis de répertorier 110 indices de cavités souterraines, dont une ancienne carrière souterraine. Il s'agit majoritairement de caves de plateau, certaines caves sont accessibles par descendries, d'autres par carriés. Parmi ces indices, 88 sont visibles sur le terrain.

L'ensemble des événements répertoriés est cartographié sur un plan (échelle 1/ 2 000), un SIG sous logiciel Mapinfo a été constitué, complété d'un rapport d'étude.

Cette carte informative constitue la base technique sur laquelle peuvent s'appuyer les études complémentaires nécessaires à l'élaboration d'un document d'urbanisme.

Table des matières

INTRODUCTION.....	5
1 L'ORIGINE DES CAVITES SOUTERRAINES.....	6
1.1) LES CAVITES D'ORIGINE NATURELLE.....	6
1.2) LES CAVITES D'ORIGINE ANTHROPIQUE.....	7
2 L'EVOLUTION DES CAVITES ET LES DÉSORDRES ASSOCIÉS.....	10
2.1) LES INSTABILITES LOCALISEES.....	10
2.1.1 - Le fontis.....	10
2.1.2 – Les points d'infiltration.....	11
2.1.3 - Les désordres affectant les puits d'accès aux carrières souterraines.....	11
2.2) LES INSTABILITEES GENERALISEES.....	12
2.2.1 - L' effondrement spontané.....	12
2.2.2 - L' affaissement ou l'effondrement progressif.....	12
2.2.3 - L' écroulement du flanc de coteau.....	13
3 LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE.....	14
3.1) L'ENQUETE BIBLIOGRAPHIQUE.....	14
3.1.1 - Archives Départementales.....	14
3.1.2 - Archives communales.....	14
3.1.3 - Archives d'autres services.....	15
3.1.4 - Bases de données du B.R.G.M.....	15
3.2) L'ETUDE DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES.....	16
3.3) L'ENQUETE ORALE.....	16
3.4) LA RECONNAISSANCE DE TERRAIN.....	17
3.5) LA MÉTHODE ET SES LIMITES D'INVESTIGATION.....	19
3.5.1 - Les limites liées aux archives anciennes.....	19
3.5.2 - Les limites liées au report des archives.....	19
3.5.3 - Les limites liées aux photographies aériennes.....	19
3.5.4 - Les limites liées à l'enquête locale.....	19
3.5.5 - Les limites liées à la reconnaissance de terrain.....	20
3.5.6 - L'absence d'évolution visible des cavités	20
4 LES RESULTATS DU RECENSEMENT.....	21
4.1) La présentation des résultats.....	21
4.2) La synthèse des résultats.....	21
5 PRISE EN COMPTE DU RISQUE DE DESORDRES ULTÉRIEURS.....	22
6 LE SUIVI ULTÉRIEUR DES INDICES.....	24
6.1) La reconnaissance complémentaire	24
6.2) Le traitement.....	24
6.2.1 - Le traitement d'une cavité souterraine anthropique.....	24
.....	25
6.2.2 - Le traitement d'une cavité souterraine naturelle et des zones karstiques.....	25
CONCLUSION.....	26

INTRODUCTION

À la demande de la commune de SARCÉ (72), le Centre d'Études Techniques de l'Équipement de l'Ouest (C.E.T.E. de l'Ouest), division Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées (L.R.P.C.) d'ANGERS, Unité Environnement – Risques Naturels, a été chargé de procéder au recensement et à la cartographie des cavités souterraines naturelles et artificielles existantes sur une partie du territoire de cette commune. La zone d'étude d'une surface d'environ 2 km² est présentée sur le plan de l'annexe 1.

À défaut d'une méthode directe détectant les cavités souterraines (type géophysique), des investigations légères sont mises en œuvre afin de recenser le maximum d'indices liés à l'existence de ces cavités. Ces investigations sont décrites en détail dans le rapport, elles consistent en une recherche bibliographique (archives anciennes et récentes), une étude de photo-interprétation, une enquête locale et une reconnaissance de terrain.

1 L'ORIGINE DES CAVITES SOUTERRAINES

Le territoire de la commune de SARCÉ se situe sur le plateau de tuffeau de Touraine dans la partie occidentale du bassin Parisien. Le contexte géologique du site, équivalent à celui rencontré sur la majeure partie de la région du Val de Loir, est en effet à l'origine de l'existence de cavités souterraines : un plateau calcaire, d'altitude comprise entre 75m et 110m cote N.G.F., constitue le substratum du territoire communal (figure 1).

Le substrat calcaire est représenté par des formations secondaires du Turonien. Il s'agit d'une craie composée de tuffeau jaune avec lits de silex et de tuffeau blanc. Ces roches affleurent directement sur une grande partie de la commune, avec au sud des recouvrements de cette couche par des argiles tertiaires.

Des cavités souterraines, d'origine naturelle ou anthropique, peuvent se développer dans le calcaire.

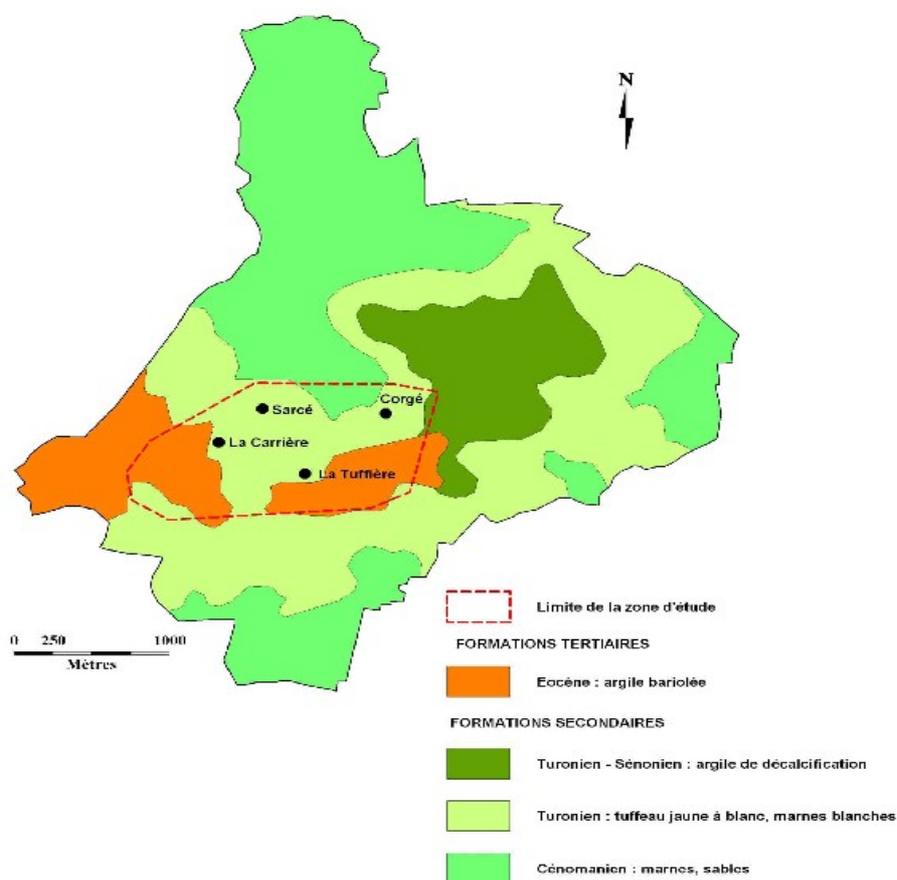


Figure 1 : Schéma géologique type du plateau de tuffeau sur la commune de SARCÉ (source : LRPCA).

1.1) LES CAVITES D'ORIGINE NATURELLE

Le calcaire, roche sédimentaire carbonatée, possède une solubilité aux acides assez élevée : 12 mg/l. Il peut donc subir une karstification, c'est-à-dire être le siège de cavités souterraines formées naturellement par dissolution du carbonate de calcium (CaCO_3) : les eaux circulant dans les discontinuités du calcaire (joints de stratification, diaclases), vont progressivement élargir ces fissures jusqu'à la création d'un réseau de conduits de circulation (le réseau karstique).

L'essentiel du réseau karstique est constitué de chambres ou galeries de faible importance (dimensions métriques). Ces formes souterraines du karst sont reliées entre elles par des boyaux généralement de faible diamètre (décimétriques le plus souvent). Au-dessus de la nappe phréatique dans laquelle se développe le karst actif, les drains karstiques ne sont plus alimentés par la nappe et sont remplis partiellement ou totalement de matériaux d'altération du calcaire ou issus des formations superficielles des sols suite aux ruissellements.

Le réseau karstique profond est relié à la surface soit par des formes de restitution (émergences) soit par des formes d'introduction. Les formes d'introduction sont représentées par les points d'infiltration des eaux de surface situés généralement en points bas topographiques ; ces points d'infiltration se développent préférentiellement au niveau d'entonnoirs de dissolution présents dans le calcaire par lesquels les eaux vont circuler. Lors de ces cheminements verticaux, il arrive que des conduits karstiques remplis soient débouchés et se remettent en activité temporairement.

1.2) LES CAVITES D'ORIGINE ANTHROPIQUE

Il s'agit de cavités creusées par l'homme, pour prélever certains matériaux à divers usages : extractions de matériaux, abris, entrepôts, habitations ou cultures spécifiques (champignonnières).

A l'intérieur du périmètre de l'étude, la majeure partie des cavités souterraines est représentée par les caves de particulier à usage de dépendance et des carrières d'extraction de pierres de taille.

Les exploitations souterraines se distinguent en premier lieu par leur mode d'accès :

- **Entrée à flanc de coteau** : depuis un fond de vallée ou un front de taille marquant la fin d'une première extraction à ciel ouvert (figure 2). Lorsqu'un ensemble de plusieurs caves y est creusé à flanc de coteau, on parle de **caviers**, avec accès en **carrie** (figure 3).
- **Les carrières implantées sur le plateau sont accessibles soit par un puits (figure 4), soit par descenderie (figure 5), soit encore par création d'une carrie** : dans le cas d'une extraction par puits, celle-ci s'effectuait manuellement sans aménagement particulier aux abords du puits.



Figure 2 : entrée à flanc de coteau, Ind. 082, (SARCÉ)



Figure 3 : carrie, indices 029,030,031,032, (SARCÉ)



Figure 4 : Puits d'accès, indice 081



Figure 5 : Descenderie, indice 049

Les cavités anthropiques se distinguent en second lieu par l'utilisation des matériaux extraits :

- **Les carrières de plateau** ont été exploitées pour l'amendement des terres agricoles, (il s'agit des marnières dont l'existence remonte à l'antiquité), ainsi que pour l'extraction de pierres de taille.
- **Les cavités accessibles à flanc de coteau** ont été creusées soit pour l'extraction de pierres de taille, soit pour les utiliser en caves ou dépendances.

Enfin, les exploitations souterraines se différencient par le volume de matériaux extraits. Les marnières et caves sont de petits volumes (quelques centaines de m³ au maximum) tandis que les anciennes carrières de pierre de taille peuvent atteindre plusieurs milliers de mètres cube.

Ainsi, sur la commune de SARCÉ, aucune marnière n'a été recensée. En revanche nous avons répertorié une ancienne carrière souterraine d'extraction de pierres de taille située au sud-ouest de la commune, au lieu-dit « La Carrière ». Son volume dépasse largement les 4000 mètres cube.

Concernant l'exploitation des carrières sur la commune de SARCÉ, aucun document précis sur l'ouverture, les évolutions ou la fermeture de ces extractions n'a été retrouvé aux Archives Communales et Départementales. De ce fait, il est quasiment impossible de retracer leur historique, de connaître la typologie d'extraction (chambre et piliers, simples galeries...) ou de préciser leurs caractéristiques géométriques (dimensions, profondeur de creusement).

Les différentes formes d'exploitations souterraines observées sur le site d'étude sont de deux sortes :

- **Extraction par galeries à flanc de coteau :**

A la fin d'une première exploitation à ciel ouvert, le front de taille devenant trop haut, l'extraction des matériaux se poursuivait dans le creusement de galeries perpendiculaires à ce front de taille selon le positionnement du filon du matériau recherché.

Aujourd'hui, la majorité de ces petites galeries souterraines est réutilisée en caves, elles contiennent également des lieux de stockage divers. D'autres laissées à l'abandon ne sont plus entretenues et font apparaître divers désordres. En effet, les carrières abandonnées, lorsqu'elles ne sont plus surveillées et confortées peuvent parfois s'effondrer localement ou en masse, du fait de la lente dégradation du toit

(plafond), des parois et des piliers.

- **Extraction par puits et galeries ou chambres :**

Pour les carrières souterraines en plateau, l'accès au calcaire se faisait par un puits d'environ 2m de diamètre, creusé au travers des formations superficielles (argile à silex et/ou sable). Il s'agissait d'exploitations effectuées sur les terres elles-mêmes cultivées.

Ainsi le sous-sol du territoire de la commune est occupé par différents types de cavités naturelles (karstiques) et artificielles (anthropiques) qui sont visualisées sur le schéma suivant (figure 6).

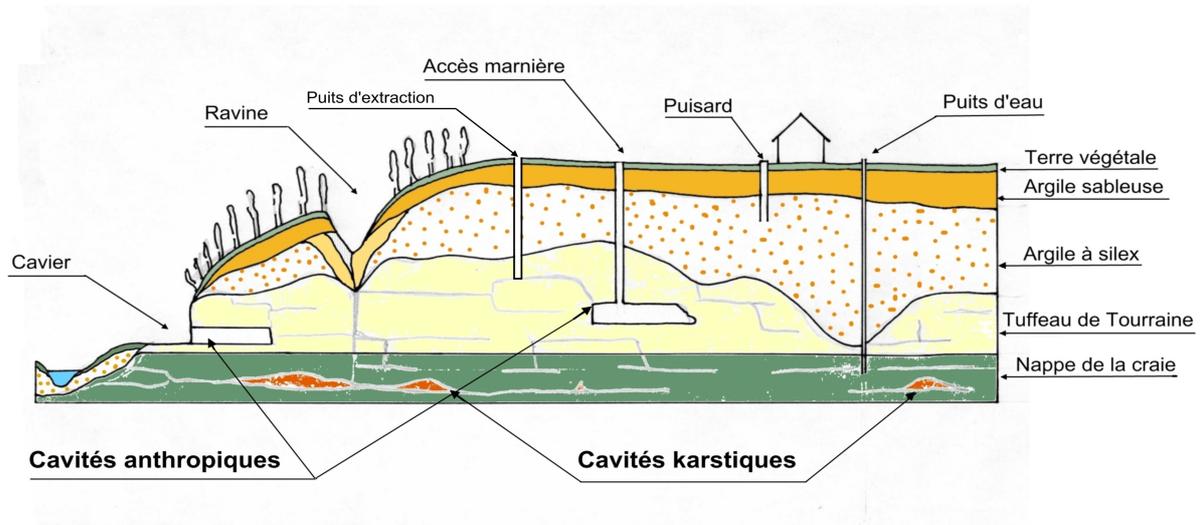


Figure 6 : les différents types de cavités souterraines pouvant être présentes dans ce contexte
(source : LRPCA)

2 L'EVOLUTION DES CAVITES ET LES DÉSORDRES ASSOCIÉS

Toutes les cavités souterraines sont vouées à l'effondrement, à plus ou moins long terme et de façon plus ou moins brutale. En effet, à l'arrêt des exploitations, les galeries des carrières souterraines n'ont été que très rarement remblayées. Ces cavités ont alors subi (et subissent encore) des phénomènes de vieillissement pouvant aboutir à la ruine de la cavité, à plus ou moins longue échéance en fonction de différents facteurs, liés au site, à l'exploitation et à des conditions extérieures défavorables. Quel que soit le type de cavité, leur principal facteur de dégradation est l'eau. De ce fait, toute action visant à modifier la circulation et l'infiltration de l'eau peut avoir des répercussions destructrices sur les cavités.

Ces désordres souterrains sont à l'origine de désordres de surface, dont les caractéristiques vont dépendre de l'importance et de la profondeur des vides, du mode de rupture et de la nature des terrains de recouvrement.

On observe ainsi deux types d'instabilités de surface : les instabilités localisées et les instabilités généralisées (désordres majeurs de dimensions plurimétriques à pluridécamétriques).

2.1) LES INSTABILITES LOCALISEES

2.1.1 – Les fontis

Le fontis est lié à l'effondrement progressif du toit de la cavité, naturelle ou anthropique, entraînant la formation d'une voûte ("cloche" de fontis), qui va se propager plus ou moins rapidement jusqu'à la surface (figures n° 7, 8 & 9). Ce phénomène est à l'origine d'effondrements de terrain, de dimensions métriques à plurimétriques, en liaison avec les caractéristiques de la cavité et des matériaux de recouvrement. Le plus souvent imprévisible et brutal, un fontis peut être annoncé par la formation progressive d'un affaissement évoluant jusqu'à la rupture et prenant la forme d'un cône. Certaines dépressions peuvent également correspondre à d'anciens fontis, remblayés lors de leur apparition et dont le remblai s'est tassé ultérieurement.

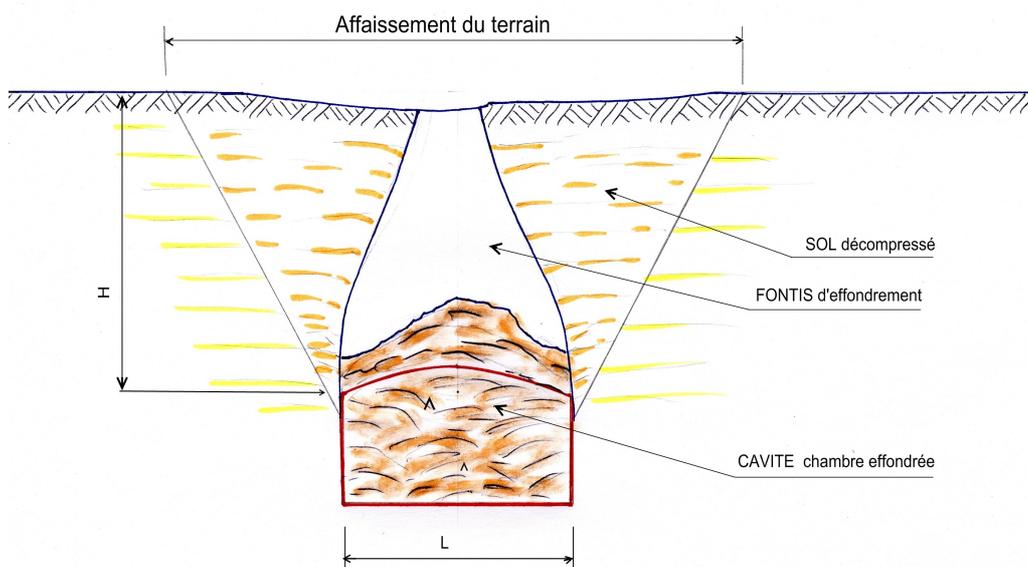


Figure 7 : coupe d'un fontis (source : LRPCA)



Figure 8 : fontis, Indice N° 019



Figure 9 : Cloche de fontis, Indice N° 017

2.1.2 – Les points d'infiltration

Ils se forment dans les points bas topographiques où se concentrent les eaux de ruissellement qui, en s'infiltrant, entraînent les éléments les plus fins du sol (sables, limons) (figure 10). En surface, on observe des effondrements ou affaissements inframétriques à plurimétriques, qui peuvent s'agrandir dans le temps, avec une forme initiale généralement en entonnoir pouvant évoluer sur la pente du coteau en ravine.



Figure 10 : point d'infiltration, indice N° 102

2.1.3 - Les désordres affectant les puits d'accès aux carrières souterraines

Un puits d'accès à une carrière souterraine, remblayé à l'abandon de l'exploitation, peut être mis en

évidence soit par la vidange des matériaux de remblai du puits dans les galeries souterraines (cas des puits remblayés partiellement), soit par le tassement progressif des matériaux de comblement (cas des puits comblés entièrement). Ceci se manifeste sur le terrain par la présence d'un effondrement ou d'un affaissement circulaire de petit diamètre (1 à 2 mètres). La profondeur est variable, de quelques dizaines de centimètres lors d'un tassement du remblai (figures 11 & 12) à plusieurs mètres lors de la vidange du remblai.

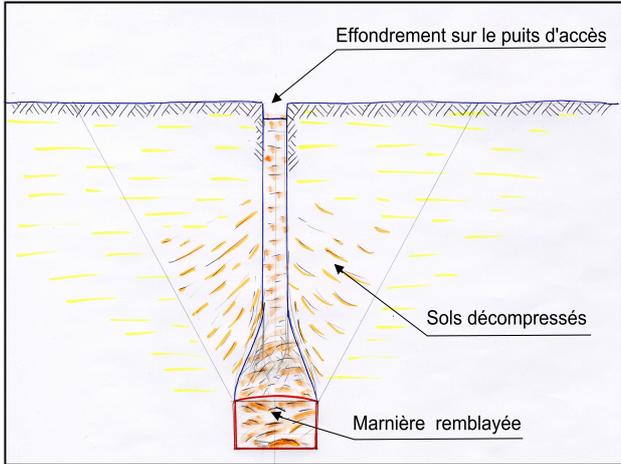


Fig. 11 : évolution d'un puits de marnière (LRPCA)

Fig. 12 : tassement du remblai d'un puits ,Thoiré sur Dinan

2.2) LES INSTABILITEES GENERALISEES

2.2.1 - L' effondrement spontané

L'effondrement spontané est lié à la rupture partielle ou totale d'une carrière souterraine. Il se produit brutalement, le bord est marqué par une fracture, le fond est plat. L'effondrement peut prendre des dimensions plurimétriques à pluridécamétriques (en cas de rupture totale), selon les dimensions du vide souterrain et du foisonnement des matériaux de recouvrement. Aussi, des vides résiduels peuvent subsister au sein de la zone effondrée.

2.2.2 - L' affaissement ou l'effondrement progressif

L' affaissement ou l'effondrement progressif est également lié à la rupture partielle ou totale d'une carrière souterraine, la déformation se fait cependant de façon souple et progressive. On observe en surface une dépression du sol en forme de cuvette à fond plat et bords fléchis, de dimensions plurimétriques à pluridécamétriques (figure 13), en rapport avec les dimensions de la cavité et de l'angle d'influence des formations du sol surmontant la cavité.



Figure 13, affaissement (indice 089), novembre 2010

2.2.3 - L'écroulement du flanc de coteau

Au niveau d'une ou plusieurs caves creusées à flanc de coteau, lorsque la masse du matériau de tuffeau se déstructure par d'importantes fissures (figure 14), le versant vertical peut se dégrader voir même se disloquer. Ces écroulements peuvent concerner plusieurs centaines à plusieurs milliers de mètres cube, ils sont potentiellement très destructeurs.



Figure 14, (indice 032), novembre 2010

3 LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Différentes sources de recherche et l'observation sur site ont permis de détecter un maximum d'indices de cavités souterraines ; elles se complètent et sont présentées ici dans leur ordre chronologique d'utilisation.

3.1) L'ENQUETE BIBLIOGRAPHIQUE

3.1.1 - Archives Départementales

Les documents consultés aux Archives Départementales, localisées au Mans, sont classés dans divers répertoires des archives modernes (1775 à 1958), susceptibles de contenir des éléments sur les carrières souterraines :

- **Série AC** : Dépôt des archives communales ;
- **Série G** : Clergé séculier avant 1790 ;
- **Série 5M** : Santé publique, hygiène ;
- **Série 3O** : Voirie vicinale ;
- **Série 3P** : Cadastre ;
- **Série 1 S - 8 S** : Travaux publics et transports ;
- **Série W** : Versements des Administrations ;
- **Série Z** : Sous-Préfectures.

L'ensemble des documents consultés aux Archives Départementales figure sur un tableau récapitulatif (annexe 4.2). La recherche a donné les résultats suivants :

- (3 P 334/47 à 59), cadastres de 1800 à 1850 et 1934. 61 indices recensés.
- (3 O 1549, archive 1880). Au lieu-dit « La Tuffière », un plan nous a permis de connaître l'extension d'une cavité souterraine, se prolongeant sous la voirie, indice 041.
- (1 S, archive 1858 à 1889). Information par laquelle une carrière souterraine était exploitée au cours des années 1840, nommée à l'époque « La Pièce », exploitant Ménard, située à l'actuel lieu-dit « La Carrière », indice 081. Carrière très abondante, dont l'extraction de pierres de taille était réalisée à la pioche, par deux ouvriers. La production annuelle avoisinait les 200 m³, la nature du matériau extrait était du tuffeau d'assez bonne qualité, employé aux constructions particulières (a servi à la construction de la mairie de Pontvallain). Le transport des matériaux jusqu'à la station d'Aubigné (env. 6 km), s'effectuait par voiture.
- (8 S 25, archive de 1892). Un décret du 12 février 1892 modifié par celui du 27 août 1927, portant sur la réglementation des carrières, interdit l'exploitation en sous-cavages, pour raison de sécurité vis à vis du personnel y travaillant.

3.1.2 - Archives communales

La commune de SARCÉ possède un document qui a pu être consulté :

- **Rapport du bureau d'études « Léotot Environnement Sarl »** N° 2772488 réalisé le 15 février 2007. L'étude concerne une reconnaissance de cavité souterraine, suite à un effondrement survenu lors de travaux, en rive ouest du bâtiment de la Mairie. Les informations concernant la cavité sont reportées sur la fiche indice 078.

- D'autres documents nous ont été transmis par l'ancienne Mairesse, ils concernent l'effondrement survenu à proximité de l'église, indice N° 087. Photographies, articles de presse et un **rapport du BRGM** font état de cet évènement survenu le 9 août 2001.

Ces indices de cavités ont été intégrés à l'étude et reportés sur la carte finale, après avoir fait l'objet d'une analyse complémentaire.

La liste des archives communales consultées figure en annexe 4.1.

3.1.3 - Archives d'autres services

Ces archives, dont la liste figure en annexe 4.3, sont constituées de documents concernant des études sur les risques naturels :

- **Atlas départemental des risques** (Préfecture de la Sarthe, 11 mai 1994).

La commune de SARCÉ figure sur les tableaux planche 10, sous la rubrique nature de l'aléa (caves + carrière souterraine). 10 zones sont référencées sous les n° 327.

- **Actualisation de l'Atlas Départemental des Risques de Mouvements de Terrain** (DDE de la SARTHE, mars 2006).

Sur les 39 communes étudiées dans ce document figure la commune de SARCÉ qui a fait l'objet d'une enquête auprès de la mairie et d'une visite sur le terrain. Trois sites ponctuels y ont été répertoriés. De plus, le territoire communal a fait l'objet d'un zonage en terme d'aléa.

- **L'ADPC 72** (Association Départementale de Protection Civile de la Sarthe).

L'association consigne les incidents en relation avec des cavités existantes. Elle n'a pas connaissance d'évènement particulier concernant les cavités souterraines sur la commune de SARCÉ.

- **L'Agence Technique Départementale de la Vallée du Loir.**

Trois évènements situés dans la zone d'étude, ont été portés à notre connaissance, 2 d'entre eux confirment des indices recensés sur d'autres archives (Ind. 076 et 078). Un nouvel évènement, situé RD 44bis au lieu-dit « La Carrière » nous est signalé (Ind. 110).

- **SIDPC Préfecture 72** (Service Interministériel de Défense et de Protection Civile).

Le service n'a pas connaissance d'évènement particulier concernant les cavités souterraines sur la commune de SARCÉ.

- **Bureau d'Etudes Léotot Géologie Environnement (LGE).**

Plans des extensions de cavités souterraines reconnues par le bureau d'études, concernant les indices 076 – 077 et 078. Avis sur le risque de mouvement de terrain N° 72007 de juillet 2008, concernant l'indice 077. Étude pour sécurisation du site N° 2772493 d'octobre 2007, concernant l'indice 076. Étude N° 2772488 de février 2007, concernant la reconnaissance de l'indice 078.

3.1.4 - Bases de données du B.R.G.M.

Le B.R.G.M. a développé trois bases de données à destination du grand public et des professionnels :

- La **Banque du Sous-Sol** (B.S.S.) recense de nombreuses données concernant le sous-sol français, dont des puits, puisards, forages d'eau et parfois des données sur les cavités souterraines.
- La **Base de Données Mouvements de Terrain** (BD MVT) recense des données concernant les mouvements de terrain (glissements, éboulements, effondrements, affaissements) sur l'ensemble du territoire français.
- Enfin, la **Base de Données Cavités Souterraines** (BD Cavités) recense des données

concernant les ouvrages souterrains anthropiques, à l'exception des mines.

Trois indices issus de ces bases de données confirment des indices inventoriés sur d'autres archives.

3.2) L'ETUDE DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES

L'examen comparatif de missions photographiques de l'I.G.N. (Institut Géographique National) réparties dans le temps permet de repérer divers indices, notamment des dépressions topographiques pouvant signaler des effondrements ou affaissements dus à l'évolution de cavités. Des zones présentant des contrastes de couleur (auréoles ou points plus clairs ou plus foncés) sont parfois visibles dans les cultures à certaines époques de l'année, elles peuvent indiquer des zones remblayées ou de circulation préférentielle des eaux permettant dans ce cas de localiser des zones sensibles aux infiltrations.

Par ailleurs, d'autres indices, tels que traces d'exploitations (sur les missions les plus anciennes) ou arbres isolés, repères possible de puits, peuvent être mis en évidence.

La comparaison de plusieurs séries d'années différentes permet d'éliminer certains leurres (brûlis, dépôts) et, pour les zones d'urbanisation récente, d'avoir une vue des terrains nus avant toute construction.

Pour cette étude, les missions suivantes ont été examinées :

- **1949 – F 1420-1720 P échelle 1/27000, la Craon/ Ecommoy :**
 - Clichés n° 225-226-227.
- **1957 – F 1720-1920 P échelle 1/25000, Ecommoy /Vendome :**
 - Clichés n° 308-309.
- **1980 – FR 2-10-15 IFN 72-P échelle 1/14500, Ecommoy/ Département Sarthe :**
 - Clichés n° 215-216-217.
- **1995 – IFN 72-C-2000 échelle 1/20000, Département Sarthe :**
 - Clichés n° 606-607.
- **2005 – FD 72 C 68 échelle 1/25000, Département Sarthe :**
 - Clichés n° 2005-2006-2007.

Si de nombreuses anomalies ont été décelées sur les photographies, 3 seulement ont été confirmées par les autres investigations et relevés sur le terrain (ind. 064 - 089 et 092).

En effet les anomalies relevées sur les photos aériennes peuvent n'avoir aucun rapport avec des cavités souterraines (leurres liés principalement au travail agricole) et demandent donc une validation ; les indices non confirmés n'apparaissent pas dans ce recensement.

3.3) L'ENQUETE ORALE

Dans le cadre de cette étude, une réunion en Mairie a été organisée avec l'aide de la municipalité, elle s'est déroulée le 10 septembre 2010. Huit personnes ont participé à cette réunion. Il a été demandé à chaque témoin d'être le plus précis possible dans ses informations rapportées (date, localisation, caractéristiques). Pour de nombreux indices difficiles à localiser (en particulier les effondrements remblayés invisibles aujourd'hui), les correspondants, en l'occurrence, M. le Maire et son premier adjoint sont venus nous les indiquer sur le terrain, lors de la reconnaissance pédestre. Des témoins supplémentaires ont été rencontrés durant cette reconnaissance.

Les habitants, en particulier les "Anciens", détenteurs de la mémoire locale, ont apporté de nombreux renseignements sur les effondrements survenus dans la commune. Les exploitants agricoles concernés au premier chef par les effondrements sur leurs terres ont été en revanche peu nombreux. Ainsi, très peu d'informations ont été relatées concernant les anciennes exploitations proprement dites et leur activité

(ouverture, fonctionnement et arrêt de l'exploitation).

Le tableau de l'annexe 5 présente la liste des participants témoins à cette enquête locale, avec leurs coordonnées, afin de pouvoir les contacter ultérieurement si nécessaire. Pour préserver l'anonymat des informateurs, un numéro a été attribué à chacun d'eux, seul ce numéro figure sur la fiche d'indice correspondante.

Des informations concernant 21 indices ont été obtenues par cette enquête orale dont 10 visibles sur site et 4 qui confirment et précisent un indice répertorié dans les archives.

Parmi les 17 nouvelles informations, une concerne le réseau karstique : un point d'infiltration des eaux de ruissellement (indice 102) au chemin rural N° 22 des Poulardes. L'enquête a aussi permis de confirmer l'existence d'une ancienne carrière souterraine, au lieu-dit « La carrière », ainsi que la localisation d'un puits d'accès recouvert d'une dalle béton (indice 081).

Tous ces indices ont fait l'objet d'un report ponctuel sur plan (avec attribution d'un numéro) et d'une précision allant de +/-1m à +/-5m (pour ceux visibles sur le terrain) et de +/-10m à +/-25m pour 14 indices non visibles sur le terrain, pour lesquels les informations sur leur localisation manquaient de précision.

3.4) LA RECONNAISSANCE DE TERRAIN

Cette reconnaissance visuelle a pour objectifs de confirmer ou d'infirmer les indices découverts lors des investigations précédentes et de mettre en évidence des indices de terrain (effondrements, affaissements, zones remblayées, de végétation différente, etc.) non repérés jusqu'alors. Elle permet en outre de caractériser les indices visibles (type d'indices, dimensions) et, pour certains, de déterminer leur origine (anthropique ou naturelle).

L'observation sur le terrain s'est déroulée sur 6 journées, d'octobre à novembre 2010, ce qui a permis de s'affranchir de la végétation.

- 110 indices ont été relevés sur le terrain à cette occasion dont 80 confirment ou précisent des indices bibliographiques et/ou donnés lors de l'enquête orale.
- 5 indices ont été découverts uniquement sur le terrain (Ind. 018, 097, 098, 104, 107).
- Grâce à l'appui de l'**association AREMIS** (Association de Recherche et d'Étude du Milieu Souterrain) en la personne de son président M. J.M. JENNERVIN, spéléologue, nous avons entrepris une descente dans la carrière, par son puits d'accès (Ind. 081) d'une profondeur d'environ 13 mètres. La reconnaissance (partielle) qui s'est déroulée le 9 novembre 2010 nous a permis d'établir des relevés, dans le but d'apprécier son extension. Si certaines galeries débouchent sur des fronts de taille, d'autres donnent sur des éboulis causés par des montés de fontis, stoppant nos investigations. Certaines zones ont été rendues difficilement accessibles à cause des « *bourrages* ». En effet, en cours d'exploitation, les carriers comblaient d'anciennes cavités au fur et à mesure avec des bancs médiocres et des déchets de taille. Dans le même temps, pour faire tenir ces remblais, ces carriers montaient des murs de pierres de tuffeau, appelés « *hagues* ». Toute une zone s'étalant en direction du nord ouest n'a pu être relevée, un passage étroit entre galeries permet toutefois son accès. Le plancher de cette zone étant environ 1m plus bas que le reste de la carrière, il semble qu'il s'agit d'une deuxième carrière souterraine, dont l'accès originel a dû être obstrué par des hagues et bourrages.

L'ensemble de nos investigations s'est porté sur un linéaire d'environ 750 mètres, de nombreux désordres sont apparents (figures 16, 17, 18, 19), il s'agit de fractures, chutes de blocs, infiltrations, fontis. Les fontis ont été localisés et repérés sur plan. Parmi ces fontis, 2 sont en relation directe avec des événements repérés en surface (Ind. 019, 084), et confirmés par d'autres investigations. L'origine des indices 083 et 110 est également probablement liée à cette carrière.

Cette reconnaissance préliminaire nous a permis d'avoir une idée générale sur la taille, les

orientations, les modes d'exploitation et l'état de la carrière. Néanmoins, des investigations complémentaires devront être menées afin de lever les incertitudes concernant sa réelle extension.

Il est à noter que le relevé topographique réalisé (figure 15) ne concerne que la galerie principale. Les galeries secondaires, par manque de temps, n'ont pas été levées. Pour cette raison, outre le relevé du cheminement réalisé, l'enveloppe de la carrière telle que connue à l'issue de la reconnaissance, est reportée sur le plan des indices de cavités.

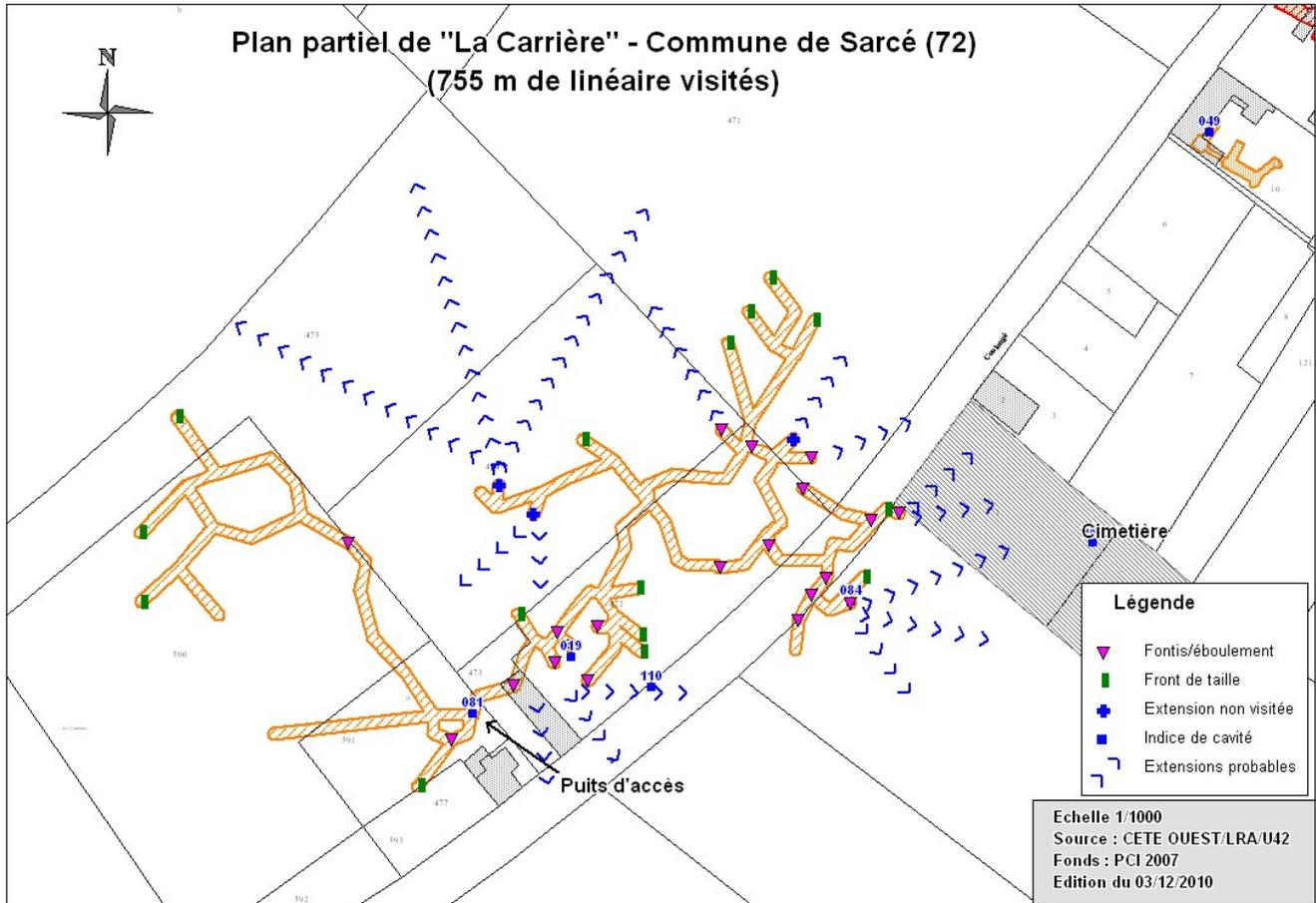


Figure 15 : Relevé partiel de la carrière souterraine



Figure 16 : Fractures « La carrière »



Figure 17 : Chutes de blocs « La Carrière »



Figure 18 : Infiltrations « La Carrière »

Figure 19 : Fontis « La Carrière »

A l'occasion de cette reconnaissance de terrain, la position des indices visibles et accessibles a été levée par système GPS (précision maximale 1m, coordonnées exprimées en Lambert 93, système Français RGF 93).

3.5) LA MÉTHODE ET SES LIMITES D'INVESTIGATION

Il est important de souligner qu'un recensement d'indices de cavités souterraines ne peut être exhaustif, en raison des limites de certaines investigations. Ces limites sont également à l'origine d'imprécisions plus ou moins importantes pour la localisation des indices.

3.5.1 - Les limites liées aux archives anciennes

En premier lieu, les recherches des archives anciennes sont relativement peu productives. En effet, contrairement à la Normandie, il ne semble pas que la législation ait réglementé l'exploitation des marnières en Sarthe. Ainsi très peu de documents existent.

3.5.2 - Les limites liées au report des archives

En fonction de l'échelle des documents existants, les indices peuvent être localisés de relativement précisément (à 5m près) à peu précisément (de 20 à 30m près).

3.5.3 - Les limites liées aux photographies aériennes

L'étude photographique ne révèle pas d'informations sur les zones urbanisées et les parcelles boisées ou envahies par la végétation ; on observe dans ces zones un défaut d'anomalies ne reflétant pas la réalité.

Les échelles des photographies I.G.N. étudiées variant du 1/14500 au 1/25000, la localisation précise des indices est assez difficile, d'autant plus que le report de l'anomalie photographique sur plan engendre une perte de précision supplémentaire. D'une façon générale, une précision de +/- 20m est affectée à tout indice photographique non validé par d'autres informations.

3.5.4 - Les limites liées à l'enquête locale

La mémoire d'un témoin sur un événement est fragile, que ce soit pour la description de l'évènement ou pour sa localisation, surtout pour des informations datant de plusieurs dizaines d'années ; toute

information orale impose une recherche complémentaire auprès de la personne à l'origine de l'information. Pour la localisation d'un indice non visible, une incertitude variant en fonction de la précision annoncée par l'informateur doit être prise en compte ; cette incertitude peut varier de +/- 5m à +/- 25 mètres.

3.5.5 - Les limites liées à la reconnaissance de terrain

Comme pour la photo-interprétation, la reconnaissance visuelle des zones urbanisées et boisées ou couvertes par une végétation dense est quasiment impossible. En outre, le choix de la saison à laquelle est réalisée cette reconnaissance conditionne sa réussite : entre mai et septembre, le contrôle terrain ne sera que très peu efficace, les cultures atteignant leur développement maximum à cette période. Comme il est décrit dans le § 3.4, ce problème ne s'est pas présenté pour la présente étude.

Concernant la précision des indices terrain, elle peut aller de 0 à +/- 5m pour les indices faisant l'objet d'un levé GPS et de +/- 5m à +/- 25m pour les indices non visibles reportés sur plan.

3.5.6 - L'absence d'évolution visible des cavités

Il est important de signaler que certaines cavités souterraines, inconnues à ce jour (pas d'archives, ni d'indications orales), peuvent ne pas être repérées en surface : par exemple, les cavités saines, celles dont l'effondrement n'est pas encore monté à la surface, les puits remblayés, ou autres cas non décelés.

4 LES RESULTATS DU RECENSEMENT

4.1) La présentation des résultats

Tous les indices sont numérotés et reportés sur le plan cadastral actuel. Le symbole affecté à chaque indice fait référence à la ou les source(s) ayant permis de le découvrir. La couleur du symbole fait référence à l'origine (anthropique, naturelle, indéterminée) de l'indice. La légende du plan explique en détail cette symbolique.

Chaque indice fait l'objet d'une fiche, regroupant au recto les informations le concernant :

- **Localisation** ;
- **Source** : document d'archives, enquête orale, étude des photos aériennes, terrain ;
- **Description précise** ;
- **Nature probable** : marnière, karst, puits, puisard, leurre ou origine indéterminée.

Au verso, une partie traitement et observations permet d'intégrer les observations faites et le résultat des éventuelles investigations ultérieures.

REMARQUE : les numéros d'indice des fiches correspondent aux numéros figurant sur le plan, précédés du numéro INSEE de la commune.

4.2) La synthèse des résultats

À partir des investigations et en prenant en compte les indices limitrophes à la zone d'étude, cent-dix (110) indices pouvant être liés à des cavités souterraines (dont quatre (4) indices situés hors zone d'étude), ainsi qu'un (1) point d'infiltration figurent en indices de cavité.

Les 110 indices pouvant être liés à des cavités souterraines se répartissent de la façon suivante :

- 96 indices liés de façon certaine à une carrière souterraine ou à une cave creusée par l'homme ;
- 1 indice d'origine karstique ;
- 12 indices d'origine indéterminée ;
- 1 indice lié à une ancienne fosse d'extraction à ciel ouvert.

Le tableau de recensement de tous les indices répertoriés aujourd'hui sur la commune de SARCÉ ainsi que le tableau de synthèse de ces indices sont joints aux fiches en annexe 3.

Un plan général des indices de cavités souterraines (échelle 1/ 2 000) reporté sur fond cartographique du cadastre, figure en annexe 2 de ce rapport. Les extensions des caves et de la carrière figurent également sur ce plan.

L'ensemble des documents cités dans ce rapport est transmis en 2 exemplaires, l'un sur support papier et l'original de tous ces documents est mis sur un DVD (lecture avec logiciel Mapinfo).

5 PRISE EN COMPTE DU RISQUE DE DESORDRES ULTÉRIEURS

La connaissance et le repérage des indices ont pour objectif de prendre en compte ces cavités ainsi que le risque qu'elles génèrent sur l'emprise des terrains les surplombant.

La mise en place de périmètres de sécurité sur les différents sites doit donc s'effectuer au cas par cas selon le risque prévisible, le risque déclaré ou l'évolution aggravée du risque sur chaque indice conditionnant l'habitat.

La détermination du risque prévisible éventuel sur les terrains impactés résulte de l'analyse des effets mécaniques sur les formations de recouvrement lors de l'effondrement partiel ou total des cavités souterraines.

Ainsi, il est préconisé la mise en place, autour de chaque indice de cavité souterraine, de périmètres de sécurité selon les modalités détaillées ci après.

- **Autour des indices de cavités souterraines en plateau :**

- **Anthropiques** : ces indices engendrent un risque caractérisé par le volume de la cavité et sa profondeur, par la nature des sols surmontant la cavité ainsi que par leur résistance mécanique pour maintenir une voûte en état d'équilibre au dessus d'un vide. Le calcul de leur périmètre de sécurité est expliqué sur la figure 20. Pour chaque indice (N°19-81-84-105-110), des reconnaissances complémentaires sont nécessaires afin de déterminer l'extension de la cavité, et en déduire son périmètre de sécurité.
- **Karstiques** : ces indices correspondent à des cavités plus difficiles à localiser et à délimiter, mais présentant peu de risques d'effondrement important. La mise en place d'un périmètre de sécurité de 10m de rayon est préconisé autour de ces indices (indice N°102).
- **Indéterminés** : (indices N° 83-88-89-86-91-92-94-96-99-103-108-109), la majorité de ces indices doit avoir une origine anthropique, mais sans corroboration de cette création humaine, le doute force à réaliser des investigations de reconnaissance sur ces indices, afin de confirmer l'existence de cavité à leur aplomb. Une fois cette cavité confirmée et reconnue, il sera possible d'en déterminer son périmètre selon le schéma de la figure 20.

- **Autour des caviers (ensemble de plusieurs caves creusées à flanc de coteau ou en plateau) :**

- **Face au front de taille** du coteau le risque d'éboulement de la roche ou un écroulement généralisé existe. Une distance de sécurité de deux fois la hauteur du coteau est proposée (figure 21). Cette hauteur de coteau sera déterminée pour l'ensemble des caves formant un cavier.
- **Autour des caves** qui ont été visitées et entièrement relevées lors de la reconnaissance pédestre, le périmètre de sécurité à appliquer sera calculé selon le schéma de la figure 21. Pour les caves qui n'ont pu être reconnues en totalité (caves fermées, extensions murées, présence d'éboulis, bourrages, etc.), des reconnaissances complémentaires seront nécessaires pour déterminer l'extension de la cave et en déduire son périmètre de sécurité.
- **Pour les caves ayant fait l'objet d'une reconnaissance et d'un traitement adapté** (comblement total, indices N° 76-77), aucune investigation complémentaire n'est nécessaire. Il est toutefois conseillé de ne pas réaliser d'aménagement de surface à proximité de ces zones remblayées (voir fiches).

Lors des visites de terrain, certaines caves et cavités situées à proximité d'enjeux ont été jugées comme présentant un risque important pour les biens et les personnes. Il s'agit des indices N° 17-32-37-81. Des préconisations spécifiques pour chaque cavité sont précisées sur les fiches

correspondantes.

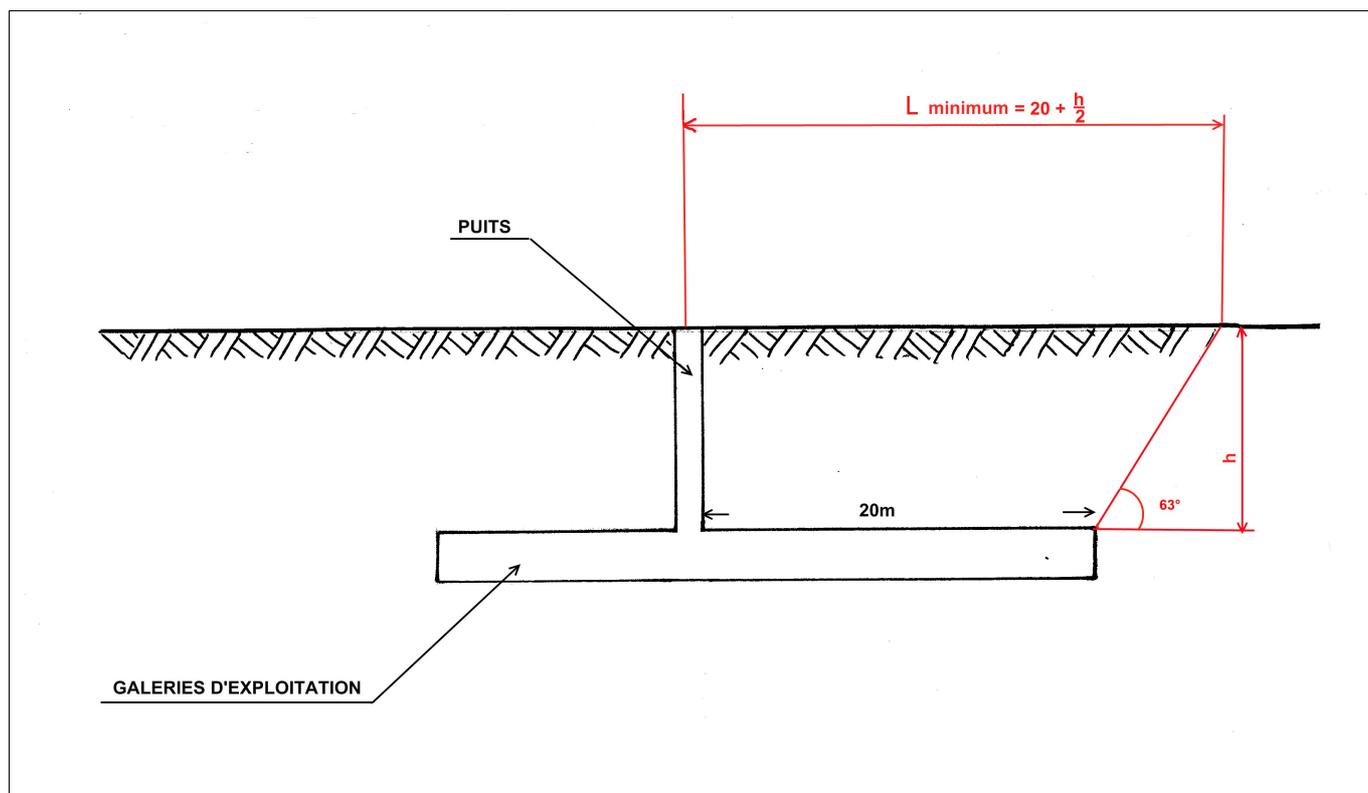


Figure 20 : emprise éventuelle des terrains impactés par un cavité souterraine (source : LRPCA).

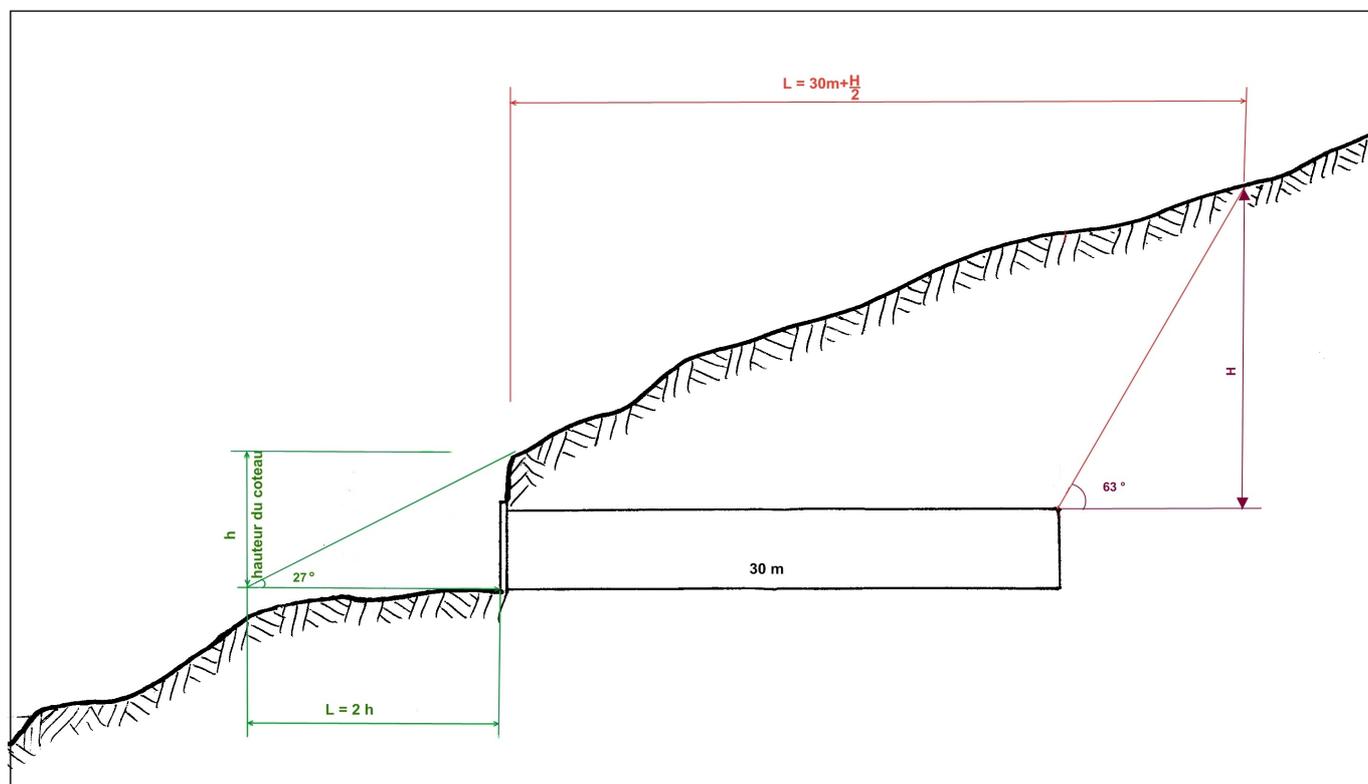


Figure 21 : emprise éventuelle des terrains impactés par un cavier (source : LRPCA).

6 LE SUIVI ULTÉRIEUR DES INDICES

Ce recensement vise à l'établissement d'une carte d'indices ; la présence d'un indice sur le plan ne signifie pas forcément qu'il existe un vide en profondeur (possibilité de leurres en liaison avec les limites des investigations, voir § 3.5). En fonction des projets futurs d'aménagement, il est donc nécessaire de prévoir des dispositions adaptées à la nature de l'indice et au type d'infrastructure projeté.

6.1) La reconnaissance complémentaire

Dans un premier temps, une reconnaissance complémentaire de l'indice doit être réalisée ; il s'agit en effet de vérifier l'existence et de préciser les dimensions du vide souterrain en fonction de son origine (naturelle ou artificielle). Pour cela, diverses investigations peuvent être mises en œuvre ; leur choix est fonction de la nature de l'indice et des enjeux (projet, moyens financiers, autres...).

Les moyens de reconnaissance possibles sont :

- **Décapage spécifique** : il permet de repérer les puits de manière mentionnés en archives ou lors de l'enquête orale et les effondrements remblayés non visibles sur le terrain ;
- **Sondage à la pelle** : il sert à détecter des puits ou des zones de remblaiement correspondant au comblement d'anciens effondrements ; cette méthode est employée quand l'indice étudié est parfaitement localisé (visible sur le terrain) et de faibles dimensions ;
- **Sondages destructifs avec enregistrement des paramètres de forage** : leur fonction est double, d'une part rechercher les vides et zones décomprimées en profondeur, d'autre part permettre le passage d'une caméra vidéo qui donnera un aperçu de ces vides ; cette méthode est employée pour les effondrements et affaissements de grandes dimensions (à partir de 4-5m de diamètre), c'est également dans l'état actuel des connaissances la seule investigation techniquement applicable en zone bâtie ou urbanisée ;
- **Intervention de puisatiers** : ils peuvent déboucher ou creuser des puits de taille métrique permettant l'accès aux cavités ;
- **Visite des caviers et carrières** : réalisée par un spécialiste, elle permet de déterminer l'extension de la cavité visitée, son volume et l'état de stabilité des roches et des matériaux qui l'environnent.

6.2) Le traitement

En fonction des résultats de la reconnaissance effectuée, le traitement de la cavité peut être proposé ; le type de traitement sera lié à la nature du vide identifié (karstique ou anthropique), selon le projet d'aménagement envisagé et en tenant compte des enjeux.

6.2.1 - Le traitement d'une cavité souterraine anthropique

Les différentes solutions qui peuvent être retenues seront à définir au cas par cas, en fonction des enjeux :

- **Mettre en place un périmètre de sécurité** (défini par le spécialiste), à l'intérieur duquel tout aménagement sera interdit ;
- **Conforter la cavité et suivre son évolution dans le temps** ;
- **Comblé en partie ou entièrement la cavité** par un coulis adapté et rendre le risque caduque.

6.2.2 - Le traitement d'une cavité souterraine naturelle et des zones karstiques

Les cavités karstiques ne sont généralement pas accessibles ; leur emprise exacte ne peut donc pas être définie. De plus de nombreuses communications pouvant exister entre ces vides, il serait très complexe d'envisager de les combler.

Les seuls traitements possibles, déterminés au cas par cas, sont les suivants :

- **Étancher les zones sensibles** (zones d'infiltration), afin de maîtriser les écoulements verticaux, qui, par l'entraînement des matériaux fins de surface, contribuent au "*débouillage*" des conduits karstiques et à l'apparition d'effondrements ;
- **Prévenir les effondrements** par la mise en place d'un dispositif "*parachute*" (géosynthétique), qui ne supprime pas l'apparition d'un affaissement minime, mais permet d'éviter tout accident et favorise la réalisation des travaux de traitement ultérieurs ; ce type de traitement nécessitant des terrassements importants, il ne peut être envisagé que sur des projets d'aménagements neufs ;
- Si aucun traitement ne peut-être concrétisé, seul un expert pourra **déterminer un périmètre de sécurité inconstructible** ; l'emprise sera fonction des caractéristiques de l'indice et de la sensibilité du site aux risques karstiques.

CONCLUSION

Les risques liés aux cavités souterraines, définis par cette étude et précisés par le recensement des 110 indices reportés sur le plan cadastral de la commune de SARCÉ, se situent pour la plupart en sites urbanisés ou en périphérie de l'agglomération, où les cavités sont majoritairement concentrées en caviers.

Certaines caves se situent à proximité de zones bâties ou d'infrastructures routières. Pour ces cavités dont certaines sont laissées à l'abandon, il est fortement recommandé de faire réaliser rapidement un diagnostic de sécurité par un professionnel.

Les investigations menées n'ont pas permis de détecter la présence de marnières. Cependant, une ancienne carrière d'exploitation de pierres de taille située au lieu-dit « La Carrière » a été découverte et en partie explorée. Elle s'étend dans les directions Nord-Ouest et Nord-Est, passant préalablement sous une habitation et traversant par la suite la route départementale D 44 bis, jusqu'au cimetière.

Il est à noter que compte tenu des limites inhérentes aux moyens de détection, ce recensement ne peut être exhaustif. A l'issue d'une telle étude, on peut estimer que **70% à 80% des cavités réellement existantes ont été détectées** : il peut en effet subsister des cavités pour lesquelles aucun indice n'a été décelé. Ce document devra donc être actualisé régulièrement et plus particulièrement après des périodes pluvieuses, épisodes déclenchant les affaissements ou les effondrements des sols à l'aplomb des cavités.

En outre, certains des indices répertoriés par ce recensement peuvent s'avérer, après reconnaissance spécifique, être des leurres, non liés à des cavités souterraines : ces modifications devront également être intégrées.

Selon les résultats de ce recensement, la densité moyenne des cavités souterraines sur la zone d'étude est proche de 70 au kilomètre carré. Cette densité élevée s'explique certainement par le ciblage de la zone d'étude et le fait que les caves de particuliers, proches de leurs habitations, sont concentrées dans cette zone. Elle ne reflète sans doute pas la réalité sur l'ensemble du territoire communal. A titre de comparaison, la densité moyenne des cavités en Haute-Normandie est d'environ 13 au kilomètre carré. Néanmoins, le département de la Sarthe n'ayant pas fait l'objet d'études sur les cavités en nombre suffisant, il est impossible de dire si cette densité, calculée dans une autre région ne présentant pas tout à fait le même contexte géologique ni la même typologie de cavités, correspond à la réalité.

Cette cartographie d'indices, réalisée dans le cadre d'une action préventive des risques, a également pour objet d'aider la commune pour ses choix futurs d'urbanisation. L'ensemble des aménagements publics ou privés devra donc s'adapter à la localisation de ces zones à risques mise à jour par cette cartographie.

En sus des secteurs ainsi repérés par l'étude, une attention toute particulière devra être apportée sur les terrassements lors des projets d'urbanisation. Un décapage soigneux de la terre végétale et une observation attentive des sols mis à nus, sont bien souvent à l'origine de la détection des infiltrations des eaux de ruissellement, de la localisation des puits d'accès à une marnière ou du repérage d'anciens effondrements ou d'affaissements comblés. Il est donc conseillé pour tout nouveau projet d'aménagement, même situé loin de tout indice de cavité souterraine, de faire réaliser par un professionnel (bureau d'études géotechniques ou géologiques) l'auscultation visuelle des fonds de fouilles et décapages réalisés lors des terrassements.

Le chargé d'études
C. DRÉAN

Le Directeur du LRPCA
P. QUILLIOU

ANNEXES

ANNEXE 1 : Plan de situation 1/15 000

ANNEXE 2 : Cartes des indices de cavités souterraines 1/2 000

ANNEXE 3 : Tableaux de recensement et fiches des indices de cavités souterraines

- 3.1 Tableau de recensement des indices de cavités souterraines
- 3.2 Tableau de synthèse des indices de cavités souterraines
- 3.3 Fiches des indices de cavités souterraines

ANNEXE 4 : Enquête bibliographique

- 4.1 Recueil des Archives communales prises en compte
- 4.2 Recueil des Archives Départementales consultées
- 4.3 Documents autres consultés

ANNEXE 5 : Enquête orale liste des participants