





# Synthèse sur les aléas liés aux cavités souterraines sur le territoire de la commune de Saffré (44)

Rapport final

**BRGM/RP-58502-FR**

Mars 2010

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2010PIRA25

**J. Toutain**

**Vérificateur :**

Nom : Pierre Conil

Date :

Signature :

**Approbateur :**

Nom : Pierre Conil

Date :

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.**

**Mots clés :** Cavités, Karsts, Mouvements de terrain, Effondrement, Affaissement

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : Toutain J. (2010) - Synthèse sur les aléas liés aux cavités souterraines sur le territoire de la commune de Saffré (44) – Rapport BRGM/RP-58502-FR, 27 p., 9 ill.

© BRGM, 2010, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

En réponse à la demande de la mairie de Saffré (44), le BRGM (SGR des Pays-de-la-Loire) a réalisé une synthèse sur l'aléa lié aux cavités souterraines de cette commune.

L'objet de l'appui sollicité est une expertise sur base documentaire concernant des phénomènes liés à l'existence de karsts sur le territoire de Saffré. Le BRGM (SGR des Pays-de-la-Loire) a ainsi exploité différents documents mis à sa disposition en vue d'essayer d'effectuer une synthèse identifiant le phénomène sur cette commune.

La synthèse des documents permet de lister un ensemble de secteurs où l'aléa mouvement de terrain par effondrement de cavité s'avère très probable. Toutefois, il apparaît que malgré les efforts de collecte d'informations concernant les fontis (dimensions, contexte) entrepris par la commune, le caractère anarchique apparent des réseaux karstiques et le manque de connaissance géologique fine ne permettent pas, en l'état, de préciser des zones où le sous-sol serait calcaire et où l'aléa serait négligeable.



## Sommaire

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introduction.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2. Données consultées.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>3. Eléments de contexte.....</b>  | <b>11</b> |
| 3.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE .....   | 11        |
| 3.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE .....  | 12        |
| <b>4. Rappels sur l'aléa associé au karst .....</b>                                      | <b>15</b> |
| <b>5. Synthèse des mouvements de terrains mentionnés dans la<br/>bibliographie .....</b> | <b>17</b> |
| <b>6. Analyse des informations .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>7. Conclusions et recommandations .....</b>   | <b>23</b> |

## Liste des illustrations

|  |    |
|--|----|
| Illustration 1 : Contexte géographique de la commune de Saffré .....   | 11 |
| Illustration 2 : Interprétation de la carte géologique au 1/250000 des Pays de la Loire –<br>BRGM .....  | 12 |
| Illustration 3 : Chronique piézométrique de l'ouvrage de Saffré – Aquifère de<br>l'Oligocène .....   | 13 |
| Illustration 4 : Schéma de principe – Effondrement.....  | 15 |
| Illustration 5 : Schéma de principe - Affaissement .....   | 16 |
| Illustration 6 : Carte de répartition des fontis sur la commune de Saffré, Source : SIAEP<br>de la Région de Nort-sur-Erdre et Mairie de Saffré..... | 18 |
| Illustration 7 : Localisation sur fond géologique (au 1/50000) des cavités répertoriées<br>dans BDCavités .....                                      | 19 |
| Illustration 8 : carte géologique à 1/20000 (rapport Lithologic, 1991) .....   | 20 |
| Illustration 9 : Localisation sur photographie aérienne des cavités répertoriées dans<br>BDCavités.....  | 21 |

# 1. Introduction

En réponse à la demande de la Mairie de Saffré, le BRGM (SGR des Pays-de-la-Loire) a examiné un ensemble de documents lui permettant de réaliser une synthèse sur l'aléa lié à la présence de cavités souterraines sur le territoire communal.

Pour rappel, cette demande mentionnait que, dans le cadre d'une « synthèse des cavités... *les différents documents de repérage, études, et marché de travaux soient exploités* » afin de préciser, si possible, les phénomènes et leur localisation.

Cette mission intervient dans le cadre de l'appui du BRGM aux administrations dans les Pays-de-la-Loire. L'objet de l'appui sollicité est une mission d'expertise sur base documentaire concernant des phénomènes liés à l'existence de karsts sur le territoire de Saffré. La présente synthèse a pour objectif de répondre à la demande de la mairie.



## 2. Données consultées

Les documents consultés sont les suivants :

- Barbaroux L., Cavet P. (1983) – Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Nort-sur-Erdre (451) - BRGM, France. Carte géologique par L. Barbaroux, P. Cavet, J. Marchand, B. Lasnier, G. Godard, J.P. Margerel, B. Bousquet, D. Sellier, G. Carlier (1983).
- BRGM, SGR Pays-de-la-Loire (2009) – Archives internes.
- BDCavités.
- BDMVT.
- CEBTP (2005) – Recherches de cavités karstiques, Commune de Saffré, Diagnostic géotechnique. 159 p.
- CETE, LRPC d'Angers (2002) – Saffré, RD 39, Ouverture d'un karst en Octobre 2002.
- Geoarmor (2004) - Etudes préalables à l'instauration des périmètres de protection, GG/GR-2906.
- Lithologic (1991) - Suivi des travaux d'aménagement de l'Isac et du comblement des karsts, R/PB/91.040.
- Lithologic (1992) - Mise en place d'un réseau piézométrique complémentaire, Compte-rendu géologique et technique, Bassin de Saffré (Loire-Atlantique), R/YG/92.005.
- Lithologic (1993) - Traçage à la fluorescéine, Résultats et conséquences, Bassin de Saffré (44).
- Lithologic (1994) - Synthèse géologique et hydrogéologique du bassin tertiaire de Saffré (Loire-Atlantique), R/YG/94.018.
- Ogée revue et augmentée par Marteville A. et Varin P. (1853) - Dictionnaire historique et géographique de la province de Bretagne. Rennes, Deniel éd., p. 692-693.
- Ouary D. (2007) - Avis hydrogéologique en vue de l'instauration des périmètres de protection des captages de la Chutenaie à Saffré.
- SDAEP Loire-Atlantique (2002) – Etude des gouffres de Saffré (44). Support numérique.
- SDAEP Loire-Atlantique et SIAEP de la région de Nort-sur-Erdre (2008) - Problématique de la Nappe de Saffré, Effondrements ».
- SIAEP de la région de Nort-sur-Erdre (2007) – Problématique des effondrements karstiques, Compte-rendu de la visite pédagogique en Haute-Normandie.

- SIAEP de la région de Nort-sur-Erdre (2007) – Captage de la Chutenaie à Saffré, Demande d'autorisation au titre du code de l'environnement.
- SIAEP de la région de Nort-sur-Erdre (2008) - Document de synthèse sur le syndicat et le bassin de Saffré.
- SIAEP de la Région de Nort-sur-Erdre (2009) - Tables cartographiques. Support numérique.

## 3. Eléments de contexte

### 3.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

La commune de Saffré est située au Nord du département de la Loire-Atlantique, environ 30 km au Nord de Nantes. Cette commune d'une superficie d'environ 58 km<sup>2</sup> comptait, au 1er janvier 2009, 3314 habitants (source : INSEE).

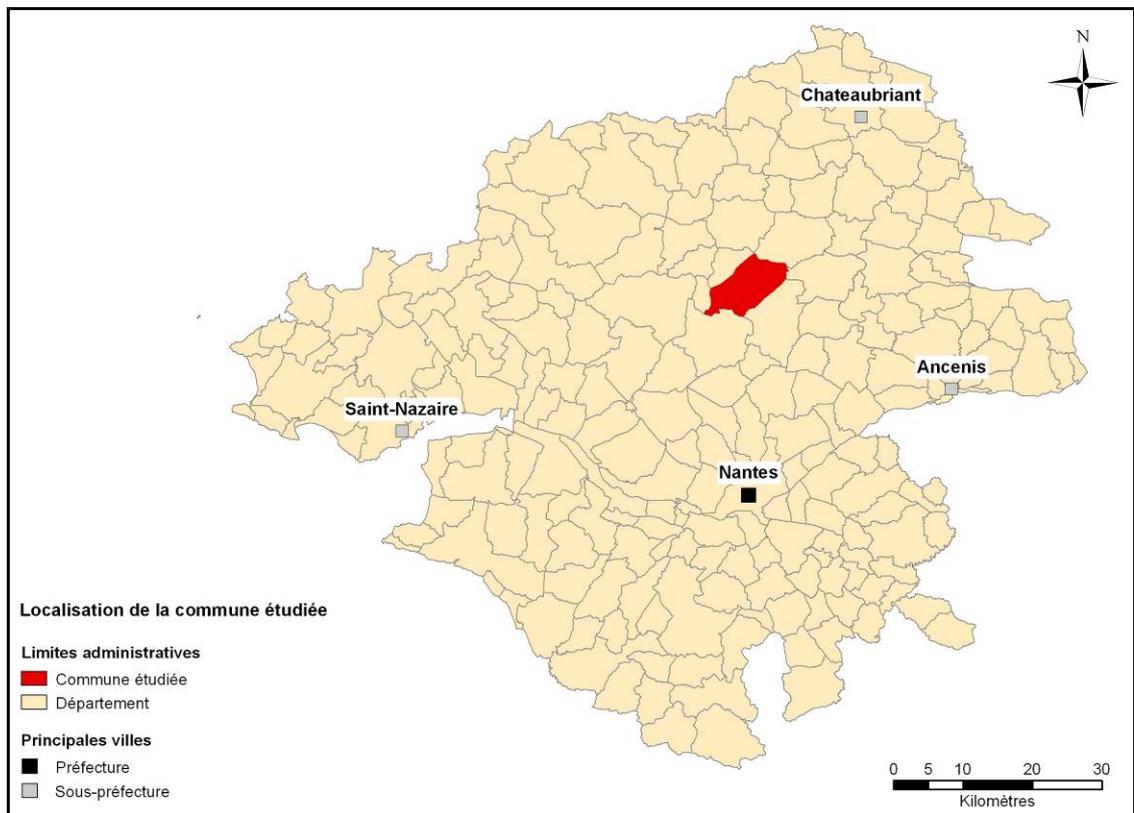


Illustration 1 : Contexte géographique de la commune de Saffré

Ce territoire est parcouru par 4 ruisseaux :

- Le Pas-Sicard ;
- l'Apsiguais ;
- le Puceul ;
- et l'Isac qui traverse totalement la commune du Nord au Sud.

### 3.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Du point de vue géologique, la commune de Saffré est située dans une zone d'effondrement du socle (principalement composée par des schistes) délimitée par un réseau de failles dont les principales sont orientées NNW-SSE.

Cette zone d'effondrement (bassin) est remplie de sédiments datant de l'Eocène à l'Oligocène, formant à l'affleurement des auréoles concentriques de couches sableuses du Lutétien supérieur, d'argiles du Bartonien et du Stampien inférieur ainsi que de calcaires du Stampien supérieur.

Il est important de noter que des dépôts de sables et de graviers plio-quadernaires ou pliocènes peuvent recouvrir ces formations.

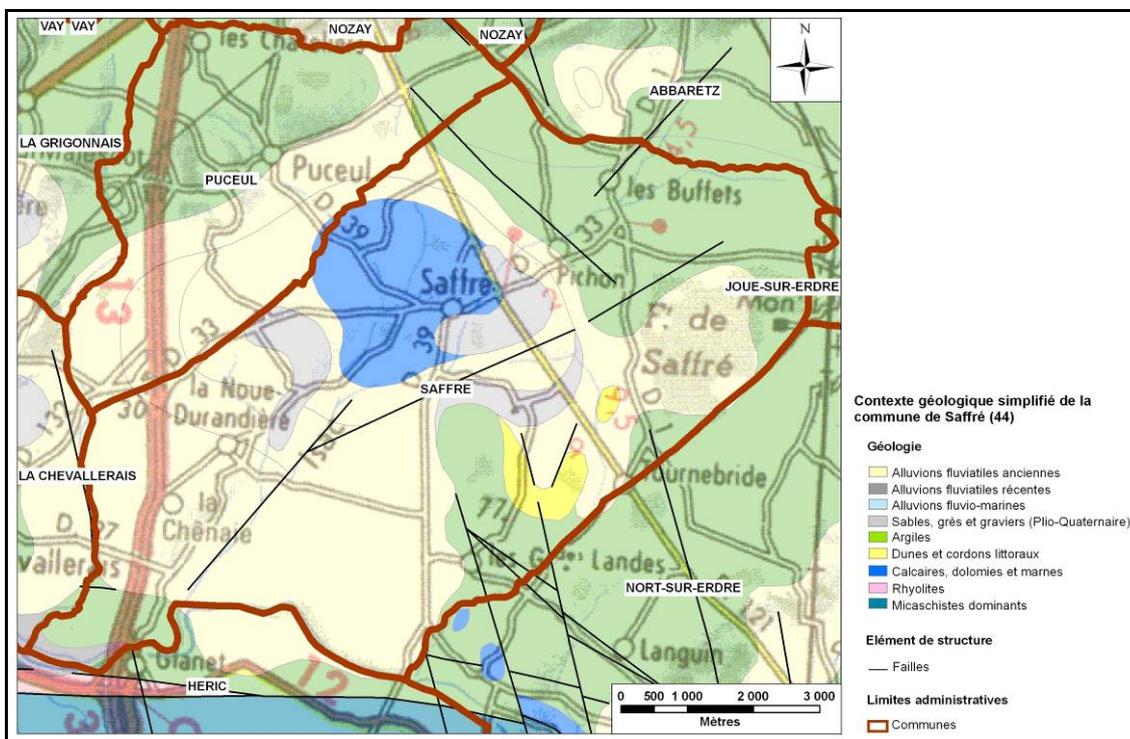


Illustration 2 : Interprétation de la carte géologique au 1/250000 des Pays de la Loire – BRGM

Du point de vue hydrogéologique, les calcaires constituent l'aquifère le plus intéressant sur ce territoire.

Cet aquifère est composé de calcaires marneux, lacustres, fissurés et karstifiés, recouverts par endroit d'argiles. Les écoulements y sont particulièrement importants (avec notamment des écoulements turbulents et rapides) du fait de la présence de karsts (cavités naturelles sous forme de boyaux ou de salles). Néanmoins, ces types d'écoulements ne prédominent que localement sur les écoulements laminaires au sein de la matrice rocheuse.

La piézométrie de cet aquifère est suivie par l'un des ouvrages constituant le réseau piézométrique départemental (anciennement géré par le Conseil Général de la Loire-

Atlantique et récemment repris par le BRGM). De ce fait, la chronique qui en découle permet d'apprécier le comportement de cet aquifère au cours des 15 dernières années. On observe ainsi que celui-ci obéit à un rythme « ordinaire », c'est-à-dire, une période de « hautes eaux » au cours de l'hiver et une période de « basses eaux » entre le début de l'été et la fin de l'automne.

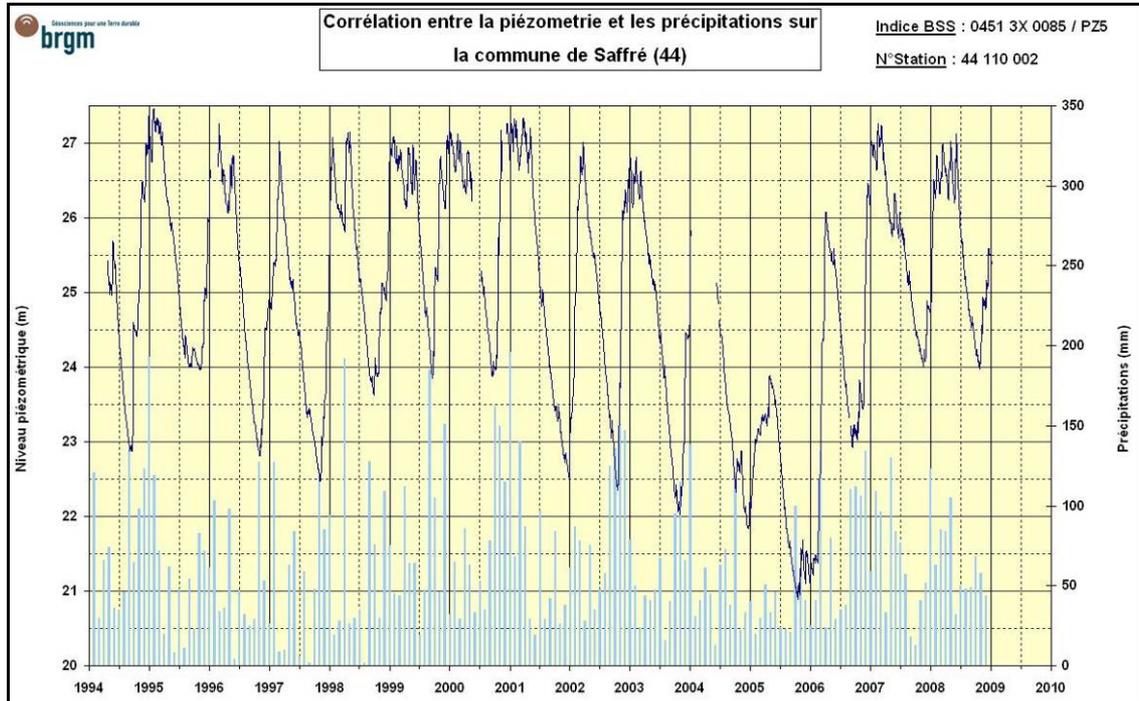


Illustration 3 : Chronique piézométrique de l'ouvrage de Saffré – Aquifère de l'Oligocène

La courbe piézométrique décrit ainsi des variations saisonnières ordinaires. Cela dit, nous remarquons sur la chronique que cet aquifère a connu une baisse sensible entre 2002 et 2006. Nous rappellerons que les années les plus sèches de ces 15 dernières années dans ce secteur sont :

- 2005 avec 485 mm de précipitations ;
- 1997 avec 640 mm ;
- 1996 avec 649 mm ;
- 2004 avec 677 mm ;
- 2003 avec 684 mm ;
- 1995 avec 765 mm.



## 4. Rappels sur l'aléa associé au karst

Compte-tenu du contexte géologique sur le territoire de la commune de Saffré l'aléa mouvement de terrain lié à la présence de karst est fort et s'est déjà manifesté par de nombreux effondrements.

En effet, les formations calcaires peuvent être le siège du développement de karsts (cavités naturelles sous forme de salles et de boyaux). La formation de ces vides résulte de l'altération par dissolution des calcaires sous l'action de la circulation des eaux souterraines. Celles-ci sont issues de l'infiltration des eaux de surface par des cavités naturelles (remblayées ou non), des anfractuosités du sol et du sous-sol, des ruptures de canalisation mais aussi par des puits perdus (ou autres ouvrages). Ces écoulements souterrains réactivent d'anciens réseaux colmatés ou participent à la formation de nouveaux.

Les phénomènes induits par les réseaux karstiques actifs sont des effondrements ainsi que des affaissements.

**Les effondrements** sont des mouvements gravitaire à composante essentiellement verticale, qui se produisent de façon plus ou moins brutale. Ils résultent de la rupture des appuis ou du toit d'une cavité souterraine préexistante. Cette rupture initiale se propage verticalement jusqu'en surface en y déterminant l'ouverture d'une excavation grossièrement cylindrique, dont les dimensions dépendent du volume du vide, de sa profondeur, de la nature géologique du sol et du mode de rupture.

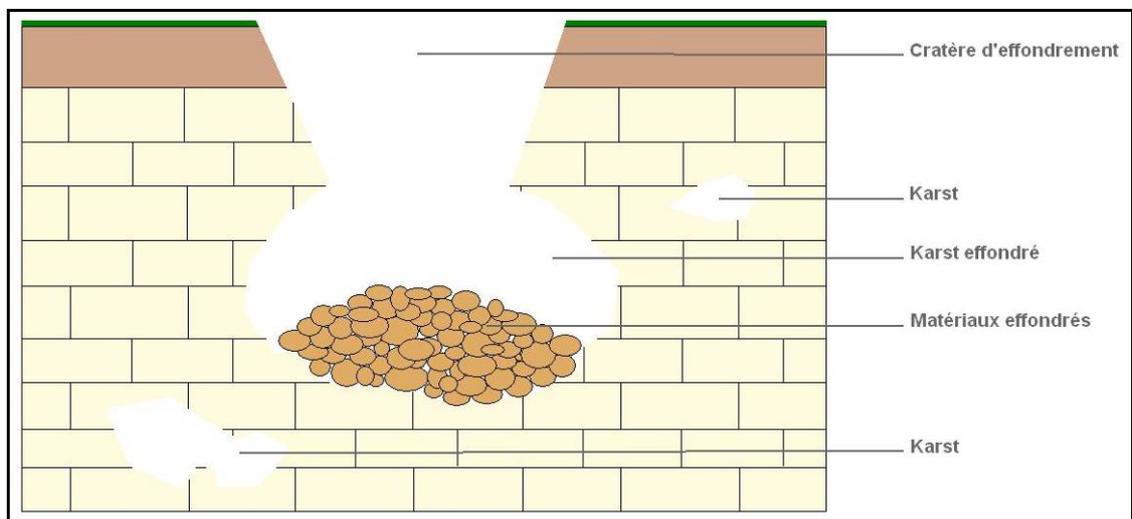


Illustration 4 : Schéma de principe – Effondrement

**Les affaissements** sont des dépressions topographiques en forme de cuvette à grand rayon de courbure dues au fléchissement lent et progressif des terrains de couverture avec ou sans fractures ouvertes. Dans certains cas, les affaissements peuvent être le signe annonciateur d'effondrements.

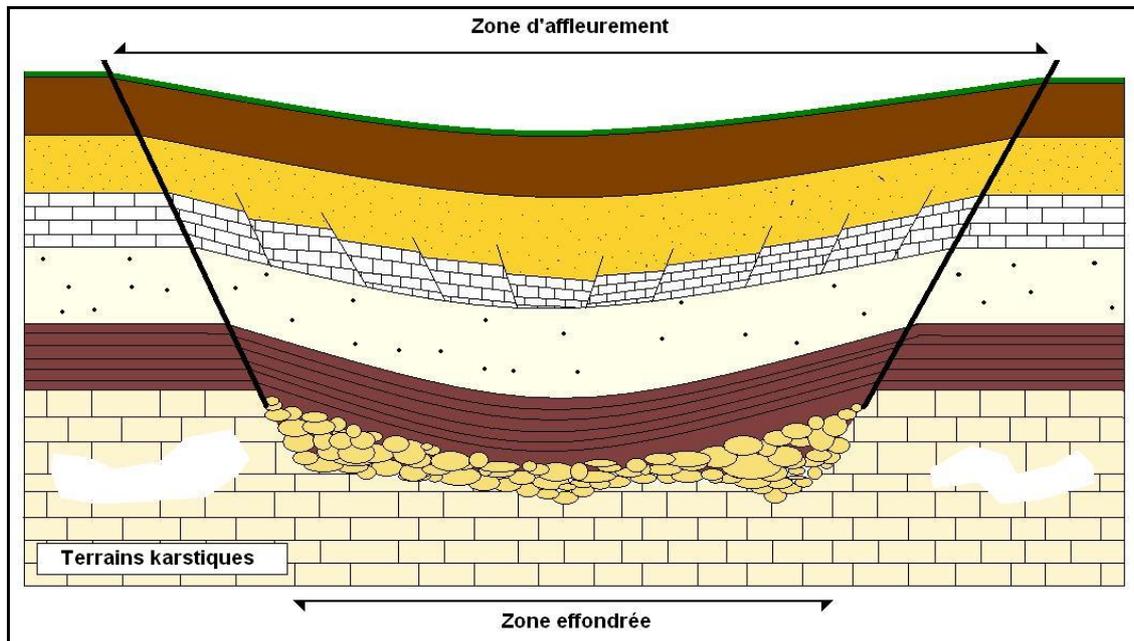


Illustration 5 : Schéma de principe - Affaissement

Les causes de ces mouvements de terrains sont multiples. Ainsi, ceux-ci peuvent être liés :

- aux surcontraintes appliquées en surface (trafic routier, constructions) ;
- aux vibrations (circulation routière, passage d'engins mécaniques,...) ;
- à la pénétration des racines de la végétation qui élargissent les fissures ;
- aux infiltrations d'eau qui augmentent le taux d'humidité du matériau (provoquant ainsi une baisse notable de sa résistance), c'est le cas notamment au niveau des fossés bordant les routes ;
- au développement de la cavité, c'est-à-dire l'affaiblissement de l'épaisseur de recouvrement de la voute particulièrement sensible aux surcontraintes par le biais de la dissolution du calcaires ou même de l'évolution de la fracturation ;
- à la perte de charge de la cavité. Le pompage d'eau au sein de certaines formations peut induire un abaissement significatif (selon les volumes exploités par rapport à la ressource disponible) du niveau piézométrique dans le bassin versant hydrogéologique de l'aquifère exploitée et déstabiliser certaines cavités.

Les enjeux sont constitués par les bâtiments (habitation, bâtiments publics) sur l'ensemble de la commune ainsi que sur le réseau routier.

Les enjeux situés près des effondrements/affaissements connus sont les sites où le risque est le plus fort. Dans ce cas, la structure des constructions peut être menacée par des affaissements successifs qui peuvent créer des fissurations, mais également par des effondrements brutaux, auquel cas il existe des risques pour les personnes.

## 5. Synthèse des mouvements de terrains mentionnés dans la bibliographie

Afin de répondre au mieux à la demande de la mairie les documents permettant de localiser les mouvements de terrains ayant été constatés sur le territoire communal ont été consultés en vue de restituer une synthèse. Après examen des divers documents répertoriés, il apparaît que 9 d'entre eux permettent de localiser des mouvements de terrain.

| Source documentaire  | Nombre de mouvements |
|--|----------------------|
| BDMVT  | 5                    |
| Ouary D. (2007) - Avis hydrogéologique en vue de l'instauration des périmètres de protection des captages de la Chutenaie à Saffré.                                | 42*                  |
| Ogée revue et augmentée par Marteville A. et Varin P. (1853) - Dictionnaire historique et géographique de la province de Bretagne. Rennes, Deniel éd., p. 692-693. | 1                    |
| SIAEP de la région de Nort-sur-Erdre (2007) – Problématique des effondrements karstiques, Compte-rendu de la visite pédagogique en Haute-Normandie.                | 58*                  |
| CETE, LRPC d'Angers (2002) – Saffré, RD 39, Ouverture d'un karst en Octobre 2002.  | 1                    |
| SIAEP de la région de Nort-sur-Erdre (2008) - Document de synthèse sur le syndicat et le bassin de Saffré.   | 90*                  |
| CEBTP (2005) – Recherches de cavités karstiques, Commune de Saffré, Diagnostic géotechnique. 159 p.  | 70*                  |
| SIAEP de la Région de Nort-sur-Erdre (2009) - Tables cartographiques. Support numérique.   | 90                   |
| Lithologic (1991) - Suivi des travaux d'aménagement de l'Isac et du comblement des karsts, R/PB/91.040.  | 13*                  |
| Geoarmor (2004) - Etudes préalables à l'instauration des périmètres de protection, GG/GR-2906.   | 66*                  |

\* Attention les données marquées sont relatives et ne constituent qu'une estimation. En effet, la précision et le support de l'information originale ne permettent pas d'effectuer de comptes précis.

Le tableau ci-dessus met en évidence l'hétérogénéité de l'information dont nous disposons. Dans le détail, il paraît malheureusement impossible de recouper l'ensemble de ces informations et donc de réaliser un inventaire absolu des phénomènes liés à la présence de cavités.

**Les tables cartographiques fournies par le SIAEP de la Région de Nort-sur-Erdre (2009) constituent donc la source de données la plus complète et la plus fiable.** En effet, ces 2 tables (format MapInfo) regroupent un ensemble d'informations (date d'observation, de comblement, source,...) collectées par le SIAEP de la Région de Nort-sur-Erdre et la commune de Saffré depuis 1992 ainsi qu'une localisation des mouvements.

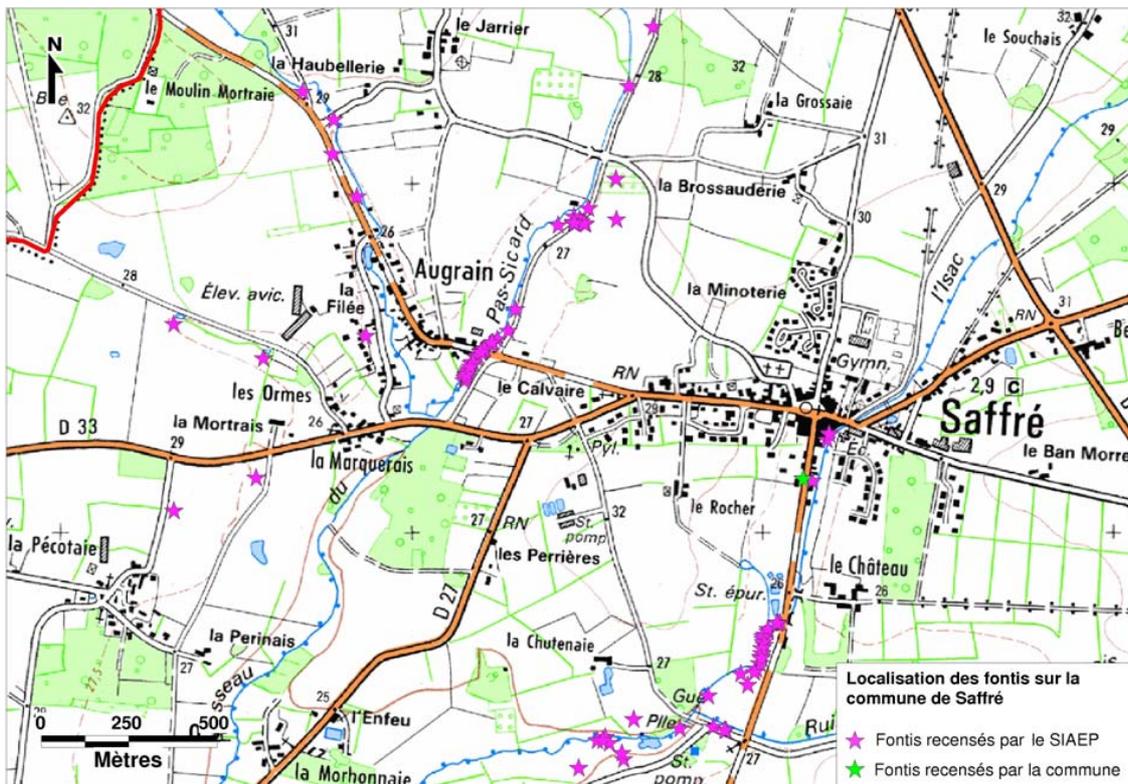
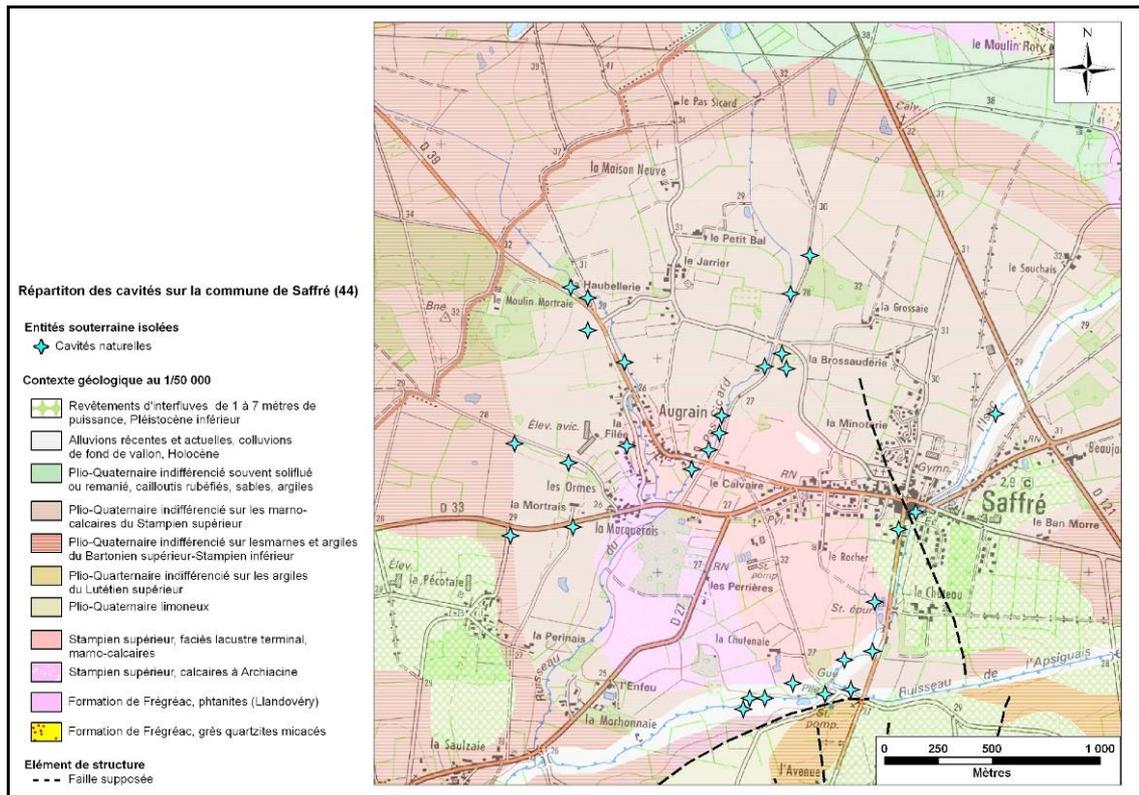


Illustration 6 : Carte de répartition des fontis sur la commune de Saffré, Source : SIAEP de la Région de Nort-sur-Erdre et Mairie de Saffré

## 6. Analyse des informations

La formation géologique présentant des cavités correspond à des calcaires du Stampien supérieur. L'illustration 7 présente la localisation d'une partie des cavités sur le fond de carte géologique à 1/50000.



*Illustration 7 : Localisation sur fond géologique (au 1/50000) des cavités répertoriées dans BDCavités*

L'analyse réalisée a pour objectif d'essayer d'identifier s'il est possible de dégager, à partir des informations disponibles, des règles de répartitions des cavités et donc des zones d'aléa potentiel. En effet, la formation de cavités par phénomène karstique peut parfois se développer selon des zones préférentielles (liées à des modifications locales de la nature des roches ou à de la fracturation) et en particulier des zones de circulation des eaux.

Les informations géologiques disponibles, les répartitions de cavités, la topographie et les photographies aériennes ont été examinées en ce sens.

La carte géologique la plus complète et la plus précise parmi celles disponibles est celle présentée dans le rapport « Lithologic (1991) - Suivi des travaux d'aménagement de l'Isac et du comblement des karsts, R/PB/91.040 ». Elle est reproduite dans

l'illustration 8 ci-après. Cette carte mentionne le tracé de plusieurs failles, existantes ou supposées. Ces structures peuvent constituer des zones de circulation préférentielle des eaux.

On observe une concordance entre certaines de ces failles et des désordres observés sur le terrain (faille passant à l'ouest du Château, faille au sud d'Augrain).

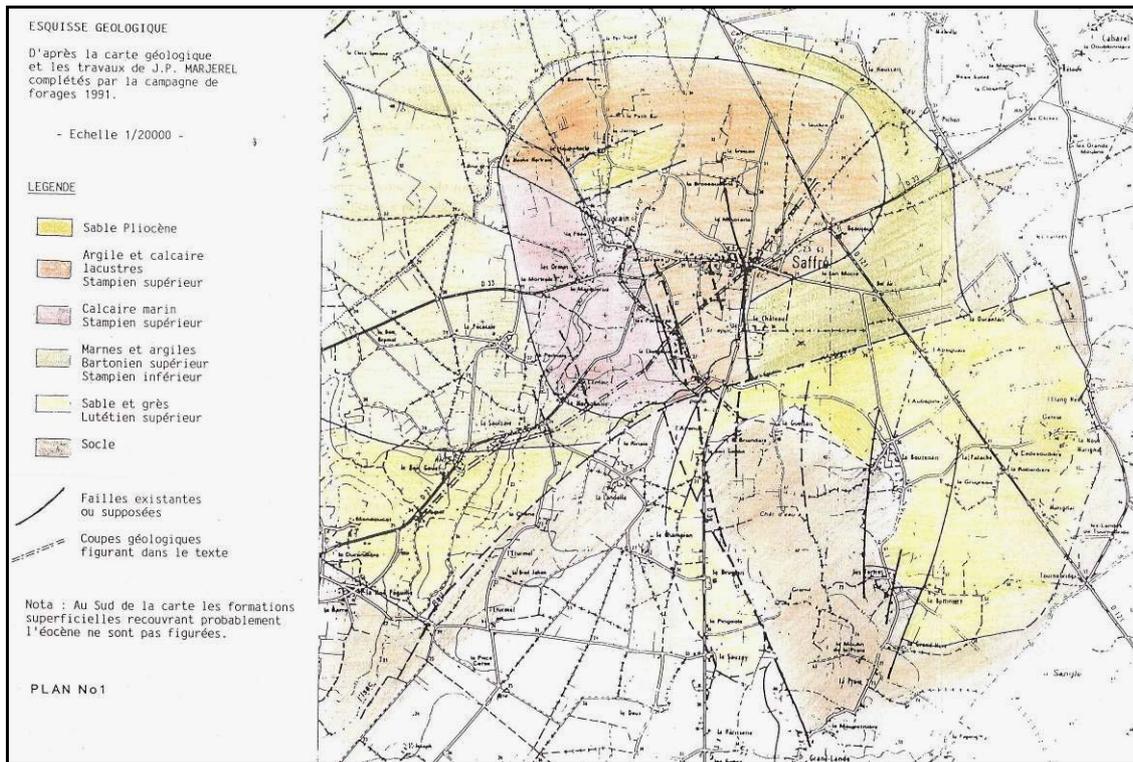


Illustration 8 : carte géologique à 1/20000 (rapport Lithologic, 1991)

L'observation des photographies aérienne n'a pas permis d'identifier la manifestation d'autres failles que celles déjà mentionnées dans la cartographie à 1/20000. Il est toutefois probable que le réseau hydrographique se soit en partie développé en suivant certaines de ces structures (Isac, Pas-Sicard, etc.).

L'illustration 9 présente la répartition d'un ensemble de cavités sur fond de photographie aérienne. La concordance entre une partie du réseau hydrographique et la présence de cavités avérées (effondrements) peut s'expliquer par une plus forte circulation d'eau sur ces secteurs, que l'implantation des ruisseaux soit liée aux zones de faiblesse que représentent les failles ou non.



*Illustration 9 : Localisation sur photographie aérienne des cavités répertoriées dans BDCavités*



## 7. Conclusions et recommandations

En réponse à la demande de la mairie de Saffré, le BRGM (SGR des Pays-de-la-Loire) a exploité les différents documents de repérage, études, et marché de travaux qui ont été mis à sa disposition en vue d'effectuer une synthèse identifiant le phénomène, la localisation, les risques pour les biens et les personnes liés à la présence de karsts sur le territoire communal.

L'aléa est évidemment fort sur les zones où ont été repérés des fontis et situées à proximité du réseau hydrographique.

Il serait également prudent de considérer comme zone d'aléa potentiel :

- les terrains le long ou à proximité des autres tronçons du réseau hydrographique (partie sud du Pas-Sicard, reste de l'Isac, Apsiguais)
- les terrains le long et à proximité des failles (existantes ou supposées) figurées au sein ou au bord de la formation du « Calcaire marin Stampien supérieur » de la carte géologique à 1/20000 présentée illustration 8 (plan N°1 du rapport « Suivi des travaux d'aménagement de l'Isac.... », nov 1991).

Néanmoins, le caractère assez anarchique des réseaux karstiques fait que des cavités peuvent exister en dehors des secteurs reconnus comme les plus favorables, ainsi que l'attestent par exemple les cavités identifiées à l'Ouest de Saffré, quartiers des Ormes et de la Mortrais. L'aléa au sein de la formation des calcaires marins ne sera donc jamais considéré comme négligeable. Dans ce contexte, seules des investigations détaillées, par exemple avec des moyens géophysiques ainsi que cela a été réalisé par le CEBTP, peuvent permettre de vérifier l'absence ou non de cavité avant une urbanisation/ un aménagement.





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

**Service géologique régional Pays de la Loire**  
1, rue des saumonières  
BP 92342  
44323 – Nantes cedex 3 - France  
Tél. : 02 51 86 01 51