



Rapport d'expertise :

Diagnostic de risques sur une partie de la grotte de la Crétanne (Bèze - Côte d'Or)

BRGM/ RP-70570-FR
Janvier, 2021

Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations Appuis à la police de l'eau
Catastrophe naturelle Autres

Date de réalisation de l'expertise : 21/01/2021

Localisation géographique du sujet de l'expertise : Bèze – Côte d'Or

Auteurs BRGM : A. Vallet, G. Noury

Demandeur : Préfecture de la Côte d'Or

1.89 3740.46 -625.5



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001. Contact : qualite@brgm.fr

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM. Il constitue un tout indissociable et complet ; une exploitation partielle ou sortie du contexte particulier de l'expertise n'engage pas la responsabilité du BRGM.

La diffusion des rapports publics est soumise aux conditions de communicabilité des documents, définie en accord avec le demandeur. Aucune diffusion du présent document vers des tiers identifiés ne sera volontairement engagée par le BRGM sans notification explicite du demandeur.

Le BRGM a mis en place un dispositif de déontologie visant à développer une culture de l'intégrité et de la responsabilité dans le quotidien de tous ses salariés.

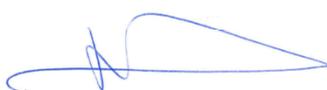
Après examen, il est ressorti qu'il n'existait aucun lien d'intérêt :

- ***entre le BRGM et l'objet ou les différentes parties prenantes de la présente expertise,***
- ***entre les salariés du BRGM qui seront impliqués et l'objet ou les différentes parties prenantes de la présente expertise.***

susceptible de compromettre l'indépendance et l'impartialité du BRGM dans la réalisation de cette expertise.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

| |
|---|
| Vérificateur : |
| Nom : Bastien Colas |
| Ingénieur géotechnicien |
| Date : 5/3/2021 |
|  |

| |
|--|
| Approbateur : |
| Nom : M. Parizot |
| Directeur Régional Bourgogne-Franche-Comté |
| Date : 11/03/2021 |
|  |

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

Mots-clés : expertise, appuis aux administrations, risque naturel, grotte, karst, calcaire, chute de blocs, chute de pierres, effondrement, Bèze, Côte d'Or, Bourgogne-Franche-Comté

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

Vallet A., G. Noury (2021) – Diagnostic de risques sur une partie de la grotte de la Crétaune (Côte d'Or). Rapport d'expertise. Rapport BRGM/ RP-70570-FR. 31 p., 9 ill., 4 ann.

© BRGM, 2021, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| 1. Introduction | 5 |
| 2. Contexte général | 7 |
| 2.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE..... | 7 |
| 2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE | 8 |
| 2.3. LA GROTTTE DE LA CRÉTANNE..... | 11 |
| 2.4. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE | 13 |
| 2.5. HISTORIQUE | 13 |
| 3. Diagnostic de risque et recommandations | 15 |
| 3.1. MÉTHODOLOGIE | 15 |
| 3.2. LES FACTEURS À L'ORIGINE DU PHÉNOMÈNE DE CHUTE DE PIERRES/BLOCS | 16 |
| 3.3. EXPERTISE SECTEUR PAR SECTEUR | 16 |
| 3.4. RECOMMANDATIONS GENERALES POUR TOUT LE SITE TOURISTIQUE | 29 |
| 4. Annexes | 31 |

Liste des illustrations

| | |
|---|----|
| illustration 1 – Localisation générale de la zone concernée (http://m.geoportail.fr/) | 7 |
| Illustration 2 – Localisation détaillée de la zone concernée par l'instabilité (http://m.geoportail.fr/)..... | 7 |
| illustration 3 – Extrait de la carte géologique BRGM 1/50 000 (http://infoterre.brgm.fr) et localisation du site . | 9 |
| illustration 4 – Extrait de la banque de données du sous-sol sur fond cartographique de la carte géologique BRGM 1/50 000 ^{ème} (http://infoterre.brgm.fr) | 11 |
| illustration 5 – Photographies de la grotte de la Crétanne (source www.beze.fr) | 11 |
| illustration 6 – Plan de la grotte de la Crétanne (spéléo-club de Dijon) et localisations de la zone explorée (violet) et fissurée (rouge)..... | 12 |
| illustration 7 – Traçages artificiels ressortant à la source de la Bèze (source - Robert Lavoignat, « La Grotte de la Crétanne - Source de la Bèze ») | 13 |
| illustration 8 – Extrait de la base de données cavités sur fond cartographique de la carte géologique BRGM 1/50 000 (http://infoterre.brgm.fr)..... | 14 |
| illustration 9 – Extrait de l'atlas départemental mouvement de terrain de la Côte d'Or (http://carto.geo-ide.application.developpement-durable.gouv.fr/119/ALEAS_MOUVEMENTS_DE_TERRAIN_EN_COTE_D_OR.map#)..... | 14 |

Diagnostic de risques sur une partie de la grotte de la Crétanne (Bèze - Côte d'Or)

illustration 10 - Localisation des observations réalisées sur extrait du lever spéléologique disponible dans la BD Cavité..... 19

illustration 11 - Constat, diagnostic, risque résiduel et recommandations pour chaque secteur 27

1. Introduction

La préfecture de Côte d'Or a sollicité le 14 janvier 2021 la direction régionale Bourgogne-Franche-Comté du BRGM pour réaliser un diagnostic de risques suite à l'apparition, constatée par le gestionnaire de la grotte, de fissures au niveau d'une dalle calcaire dans la grotte de la Crétanne (commune de Bèze). Les objectifs de la mission sont les suivants :

- Identifier si possible la cause de l'instabilité constatée ou du phénomène redouté ;
- Évaluer le niveau de risques résiduels ;
- Si nécessaire, établir des recommandations en matière de sécurisation.

Ce diagnostic a été établi par deux agents BRGM : un intervenant de la direction régionale du BRGM et un intervenant de la Direction Risques et Prévention d'Orléans. Il s'appuie sur des observations visuelles effectuées lors d'une visite du site réalisée le 21 janvier 2021, en présence notamment de M. le maire de la commune, gestionnaire de la grotte et de l'employé communal responsable des visites touristiques.

En complément, une analyse des informations disponibles relatives au contexte général est menée au travers de la consultation des bases de données accessibles. Au-delà, l'expertise s'est également appuyée sur la consultation des documents suivants :

- Sous le plancher. Tome XI – Fascicule 3-4 - 1972 – Spéléo-club de Dijon (<https://karstexplo.fr/Telechargement/Sous%20le%20Plancher/SLP-1972-3-4.pdf>)
- Robert Lavoignat, « La Grotte de la Crétanne - Source de la Bèze », Revue scientifique Bourgogne-Nature, no 15, 2012, p. 109-118 (http://www.bourgogne-franche-comte-nature.fr/fichiers/bn15-cahiers-ld-109a118_1484299762.pdf)
- Courrier BRGM, référence RR/RM/267, du 3 juin 1980 concernant la sécurité liée aux chutes de pierres de la grotte de Bèze à destination du maire de Bèze

Un débriefing de l'expertise a été réalisé à l'issue de la visite, au cours duquel les principales mesures de sécurisation recommandées ont été formulées aux participants.

L'expertise s'inscrit dans le cadre des missions d'Appui aux Administrations menées par le BRGM au titre de l'année 2021.

Ce rapport d'expertise ne constitue pas une étude géotechnique de détail mais pointe les éléments pouvant porter atteinte à la sécurité des personnes en particulier et des biens au droit du site expertisé. Il vise également à apporter les premières recommandations en matière de sécurisation, sur la base du diagnostic établi, recommandations qui ont pour partie au moins vocation à être complétées/précisées dans le cadre d'études complémentaires spécifiques.

2. Contexte général

2.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La grotte de la Crétaune se situe sur la commune de Bèze dont l'entrée est située au niveau de la parcelle 311 section BL (illustration 1 et Illustration 2).

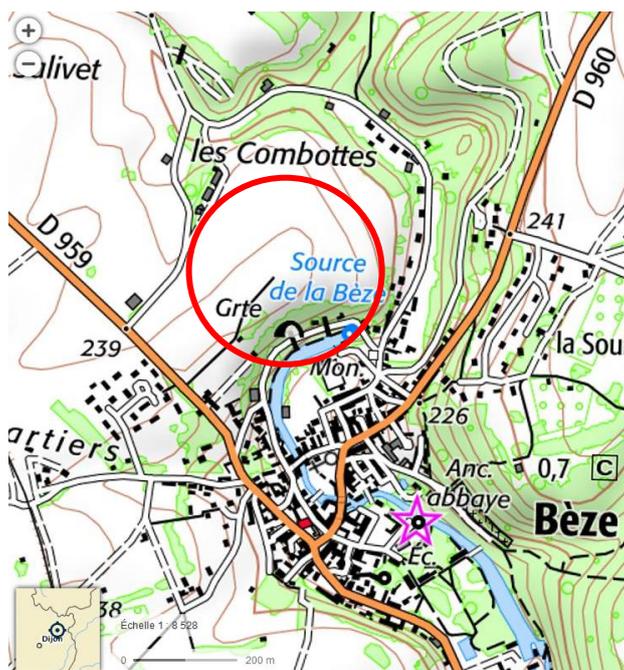


illustration 1 – Localisation générale de la zone concernée (<http://m.geoportail.fr/>)



Illustration 2 – Localisation détaillée de la zone concernée par l'instabilité (<http://m.geoportail.fr/>)

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

D'après la carte géologique au 1/50 000 du BRGM (carte de Mirebeau numéro 470 - illustration 3), la zone est concernée par les calcaires du Kimméridgien inférieur. La partie inférieure de la falaise de l'entrée de la grotte est constituée par les calcaires compacts piquetés de la Charmette puis en hauteur par les calcaires oolithiques de Bèze (j7a). Les calcaires de Beaumont (j7b) affleurent au niveau du plateau au droit de la grotte avec au nord un recouvrement argileux ou argilo-limoneux du pliocène-quaternaire (H).

Les calcaires de la grotte de Bèze sont décrits dans les comptes-rendus de spéléologie comme des calcaires à grains fins avec minces intercalations argileuses, des calcaires oolithiques et des calcaires détritiques quartzeux, glauconieux et dolomitiques, disposés en bancs peu épais (10 à 15 cm en moyenne) et bien lités.

Les sondages voisins extraits de la Banque des Données du Sous-sol (BSS) dans un rayon de 1 km autour de la zone d'expertise (illustration 4) sont pour la plupart redondants avec la base de données cavités ou correspondent à des études :

- Évacuation des eaux usées d'un lotissement (BSS001FWTK).
- Implantation d'un dépôt d'ordure (BSS001FWTL).
- Périmètre de protection du point de pompage de Bèze (BSS001FWTC)
- Synthèse bibliographique de Pierre Bourgeois du 22 août 1967 (BSS001FWTD) sur la base des explorations spéléologiques consignées dans le bulletin Sous le Plancher du spéléo-club de Dijon

D'un point de vue structural les couches géologiques présentent un pendage subhorizontal (quelques degrés vers le sud sont rapportés dans les comptes-rendus des spéléologues). Une famille principale de failles de direction NE et quelques failles d'orientation N à NNE sont observées dans les formations calcaires de l'ère secondaire. Ces familles de failles se retrouvent dans le développement de la grotte de la Crétanne dont la galerie principale, au tracé en baïonnette, suit, comme celles des réseaux noyés, deux directions de diaclases (NNE (parallèle aux accidents tectoniques) et ESE) sensiblement orthogonales et subverticales (illustration 6).

Diagnostic de risques sur une partie de la grotte de la Crétanne (Bèze - Côte d'Or)

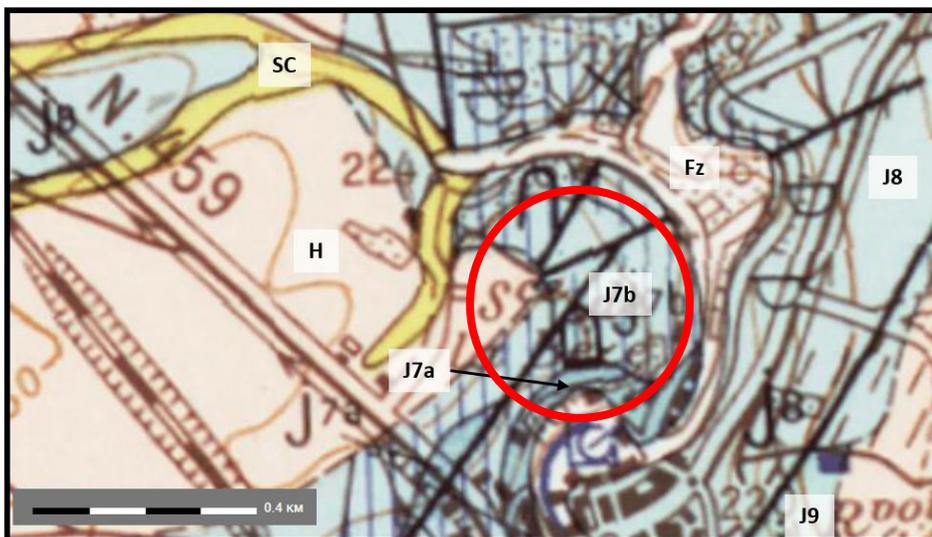
Fz Sub-Actuel. Alluvions récentes

SC: Riss ?—Würm

- Remplissage de vallons secs des plateaux calcaires
- Epaisseur variable de cailloutis calcaires anguleux mêlés d'argile.
- Même matériaux que les éboulis cryoclastiques de versant (GP) mais déplacés suivant axe du thalweg (solifluxion, ruissellement temporaire)

H: Pliocène-Quaternaire

- D'importants placages à phase argileuse dominante en discordance
- Revêtement argileux, ou argilo-limoneux, brun ou brun-rouge, souvent riche en grains ou nodules bruns d'oxydes de fer



J9: Portlandien (25 à 40 m)

- Calcaires jaunes ou beiges très fins, bien stratifiés, intercalés de petits lits feuilletés argileux centimétriques à décimétriques
- Traces de bioturbation, des terriers à l'origine des nombreuses tubulures de la roche dans la partie supérieure (altération donne un faciès caverneux, vacuolaire, dit pierre percée).

J8: Kimméridgien inférieur pro parte-Kimméridgien supérieur (45 m)

Marnes et calcaires lumachelliques à la partie supérieure (30 m)

- Alternance de bancs décimétriques de calcaires lumachelliques à *Exogyra Virgula* et de calcaires fins, parfois glauconieux, et de niveaux marneux ou calcaréo-argileux (illite—kaolinite) en général très fossilifères

Calcaire de Bourberain à la partie inférieure (15 m):

- Formation bien stratifiée constituée d'une alternance de petits bancs calcaires fins, compacts clairs et de petits lits feuilletés calcaréo-argileux.
- Certains bancs renferment de la glauconie, des concrétions ferrugineuses, de la pyrite, d'autres sont finement bioclastiques avec des petites passées lumachelliques à *Exogyra Virgula*

J7b. Kimméridgien inférieur (quelques mètres à 10 m).

Calcaire de Beaumont-sur-Vingeanne, rognonneux, dolomitique ou glauconieux: banc repère dit «Ptérocérien»

- Calcaire jaunâtre, à imprégnations rouille ou lie-de-vin, chargé de quartz (silts), parfois argileux (illite, kaolinite), dolomitique ou glauconieux, toujours mal stratifié, renfermant des indices d'arrêt de sédimentation (surfaces durcies).

J7a. Kimméridgien inférieur. Faciès calcaires dits Séquanien (50 m)

Calcaire oolithique de Bèze ou calcirudite de Lux (10 m):

- Calcaire blanc ou beige, oolithique et lithoclastique, à éléments grossiers caractéristiques (graviers et parfois galets calcaires), souvent très fossilifère, en gros bancs réguliers avec des traces de ravinement et des stratifications entrecroisées

Calcaire compact piqueté de la Charmette, localement crayeux au sommet (40 m):

- Calcaire beige ou gris clair, fin ou graveleux, parfois comblanchoïde, toujours bien lité, en bancs réguliers et compacts

illustration 3 – Extrait de la carte géologique BRGM 1/50 000 (<http://infoterre.brgm.fr>) et localisation du site

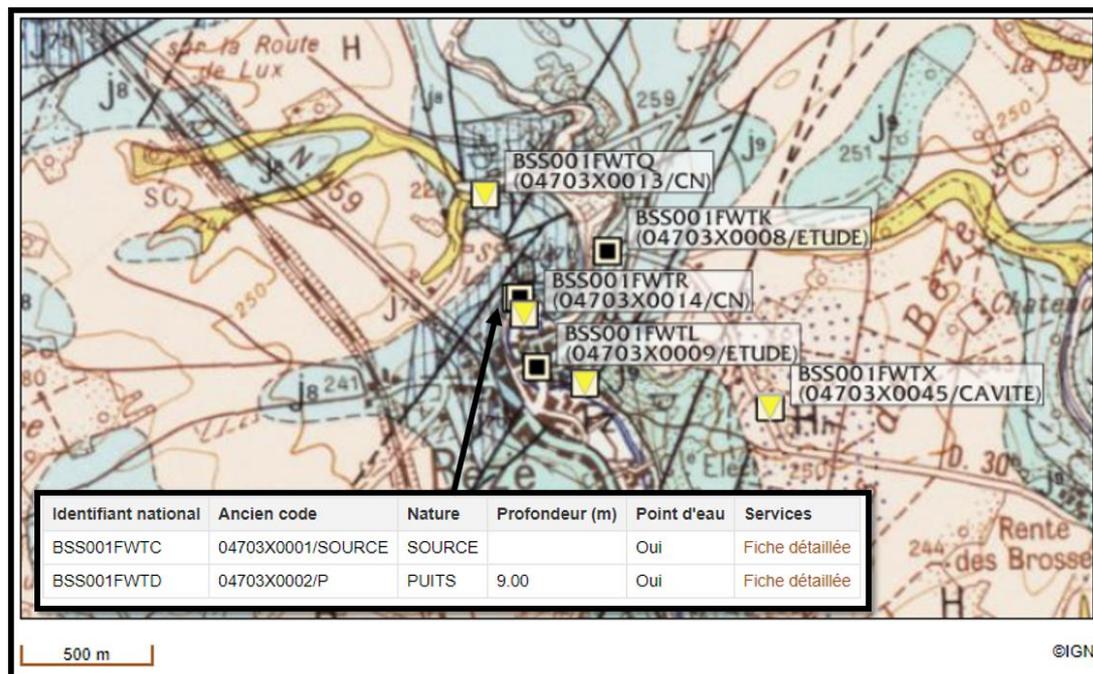


illustration 4 – Extrait de la banque de données du sous-sol sur fond cartographique de la carte géologique BRGM 1/50 000^{ème} (<http://infoterre.brgm.fr>)

2.3. LA GROTTES DE LA CRÉTANNE

Les éléments de cette section proviennent essentiellement des sources bibliographiques spéléologiques citées en introduction (parfois repris en l'état) ainsi que de la notice de la carte géologie de Mirebeau.

Deux grottes explorables par l'homme, grottes des Combottes et de la Crétanne, sont situées sur la commune de Bèze. La grotte de la Crétanne présente le développement explorable le plus important et est ouverte au public depuis 1972 et des visites guidées sont réalisés depuis les années 1980 avec environ 30 000 visiteurs par an sur la dernière décennie (illustration 5).

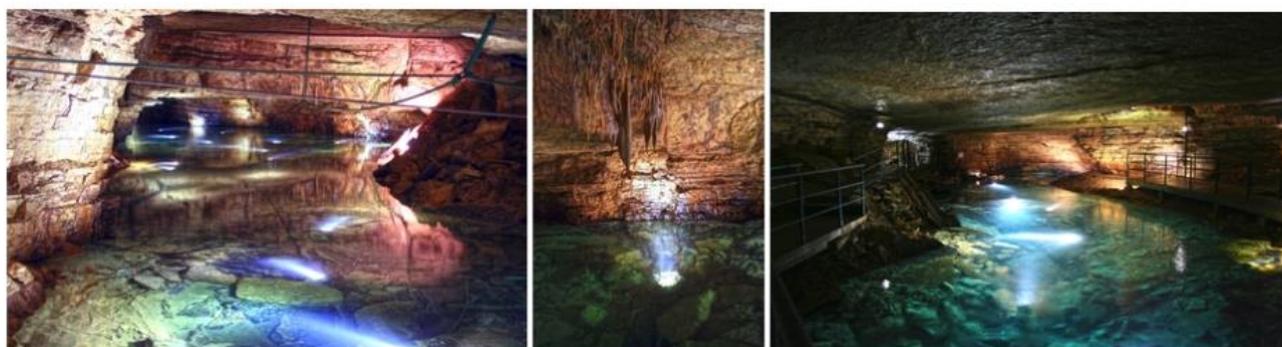


illustration 5 – Photographies de la grotte de la Crétanne (source www.beze.fr)

L'entrée de la grotte de la Crétanne est située au pied d'une falaise calcaire d'environ 15 m de hauteur. Le réseau souterrain connu se développe sur environ 2800 m pour une dénivellation de 26 m (<http://www.plongeesout.com/sites/raba/cote%20dor/beze.htm> - illustration 6). Les diverses galeries s'étagent sur quatre niveaux, dont deux entièrement noyés descendant jusqu'à -20 m par rapport au niveau de la Bèze. Le troisième est parcouru par le cours souterrain de cette rivière et le quatrième presque entièrement colmaté par des matériaux de remplissage.

Diagnostic de risques sur une partie de la grotte de la Crétanne (Bèze - Côte d'Or)

Les galeries de la grotte de la Crétanne sont du type « conforme », c'est-à-dire parallèle à la stratification des couches. En résulte la forme des galeries, caractérisées par leur grande largeur et leur toit rigoureusement plan correspondant à la surface de base des bancs calcaires.

Dans les galeries principales la présence de plusieurs cheminées verticales est observée. Ces cheminées paraissent résulter d'un creusement naturel « per ascensum », sous l'action d'eaux travaillant sous pression.

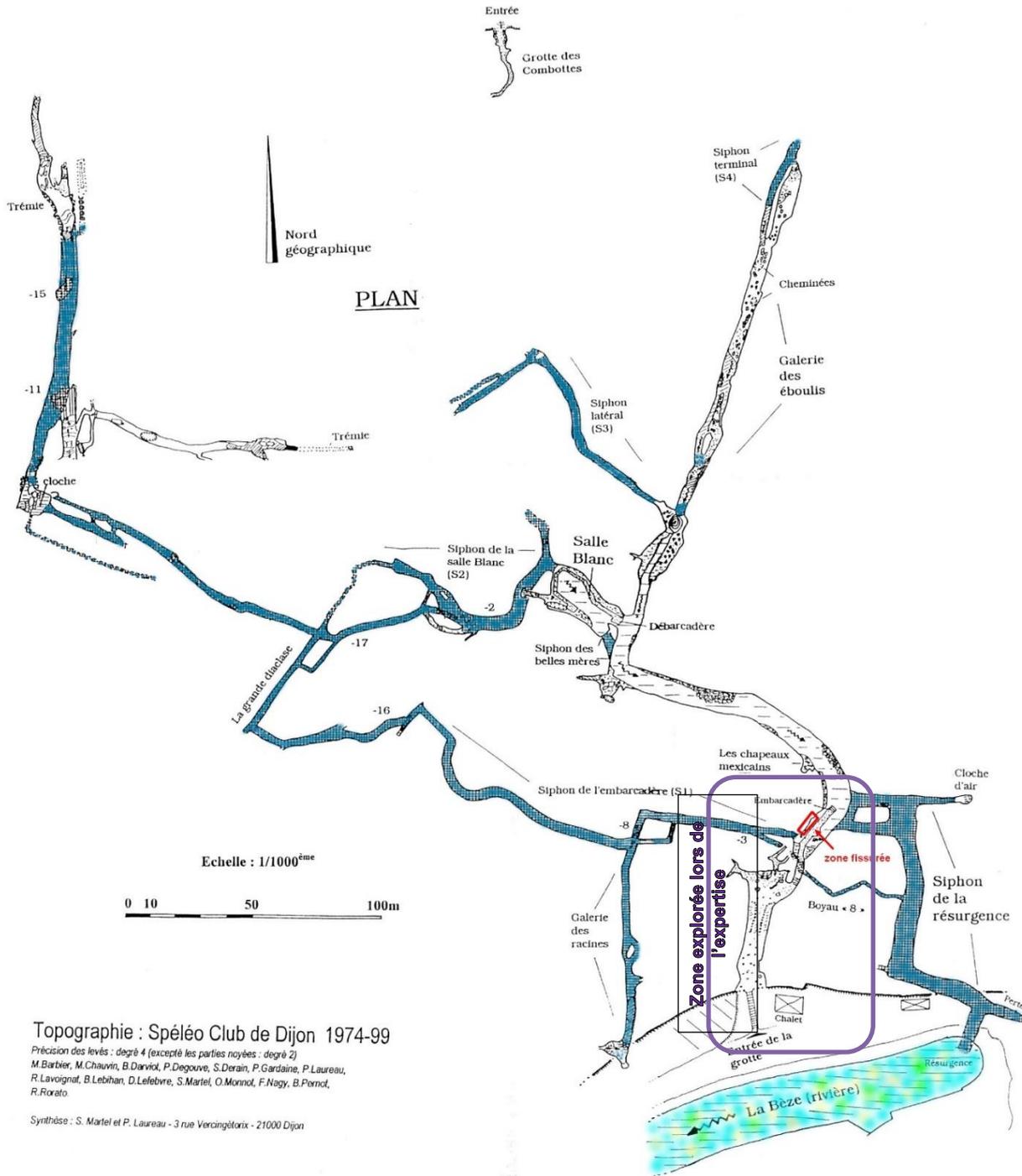


illustration 6 – Plan de la grotte de la Crétanne (spéléo-club de Dijon) et localisations de la zone explorée (violet) et fissurée (rouge).

2.4. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Les éléments de cette section sont repris des sources bibliographiques spéléologiques citées en introduction.

Le débit moyen est de l'ordre de 4 m³/s. Les variations de part et d'autre de cette valeur moyenne sont considérables, le débit d'étiage étant de l'ordre de 500 L/s et le débit maximum des crues pouvant atteindre 20 et même 25 m³/s.

Ces débits importants s'expliquent par une zone d'alimentation de grande ampleur correspondant vraisemblablement au plateau calcaire de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur qui forme un quadrilatère limité au nord par les faciès argoviens marneux et imperméables de l'Oxfordien moyen. Ce plateau d'environ 225 km² est couvert de vallées sèches et perforé de nombreux entonnoirs (dolines – plusieurs centaines dans la seule forêt de Velours). Des traçages artificiels confirment des circulations d'eau souterraine de grande ampleur (illustration 7).

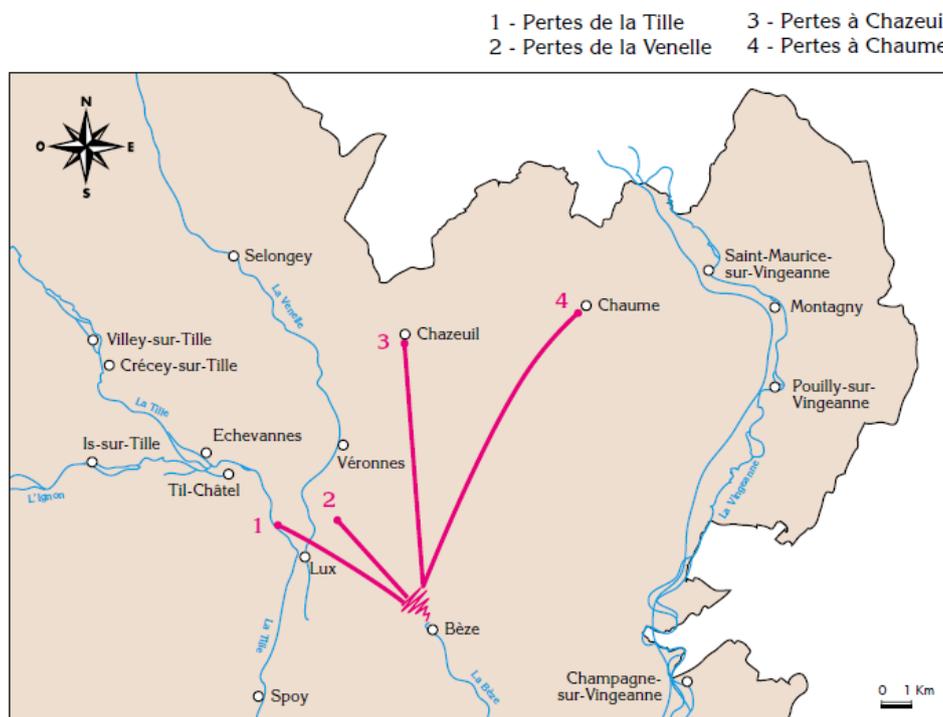


illustration 7 – Traçages artificiels ressortant à la source de la Bèze (source - Robert Lavoignat, « La Grotte de la Crétanne - Source de la Bèze »)

2.5. HISTORIQUE

La base de données nationale sur les mouvements de terrains (www.georisques.gouv.fr), gérée par le BRGM ne mentionne pas d'effondrement dans un secteur de 3 km.

La base de données nationale sur les cavités souterraines (www.georisques.gouv.fr) indique la présence de 12 cavités et 1 source dans un rayon de 3 km, dont la grotte de la Crétanne et celle des Combottes (illustration 8).

Aucun effondrement et aucune cavité en surface (type doline) n'est recensé au droit des grottes de la Crétanne et des Combottes.

Diagnostic de risques sur une partie de la grotte de la Crétanne (Bèze - Côte d'Or)

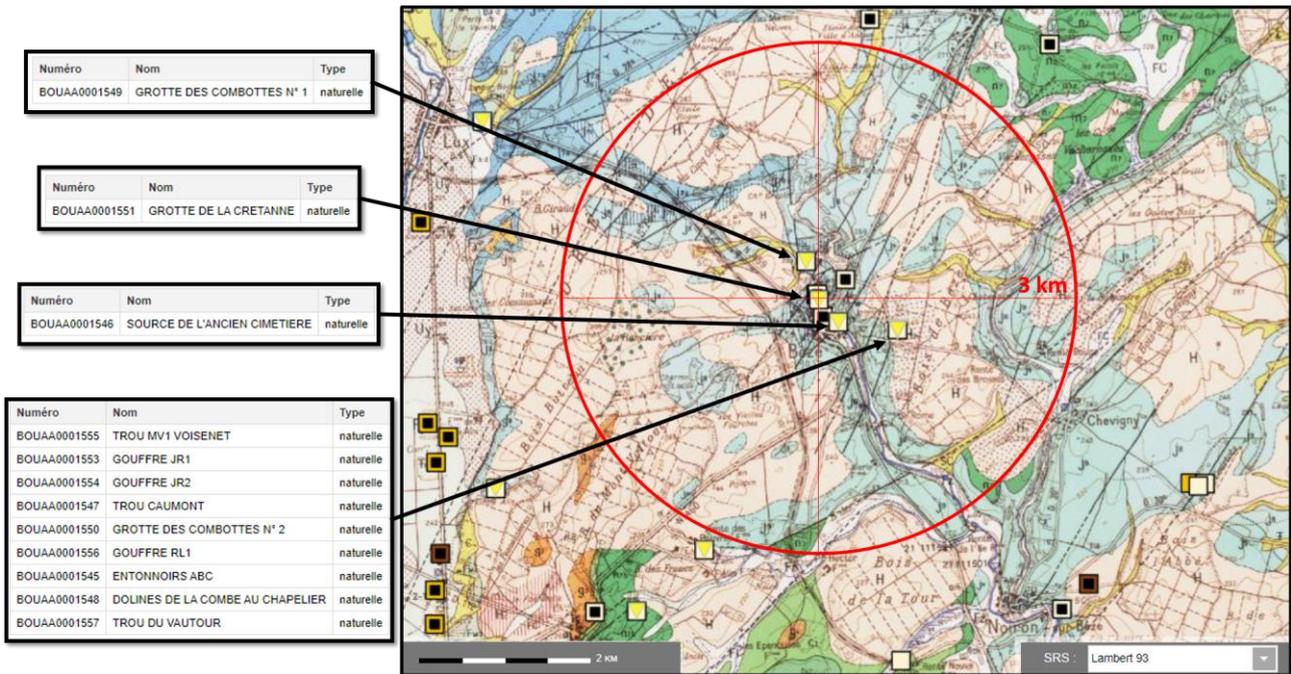


illustration 8 – Extrait de la base de données cavités sur fond cartographique de la carte géologique BRGM 1/50 000 (<http://infoterre.brgm.fr>)

L'atlas départemental mouvement de terrain de la Côte d'Or indique une zone à forte densité d'indices d'affaissement et d'effondrement au droit de la grotte alors qu'aucun indice n'est visible en surface (illustration 9).

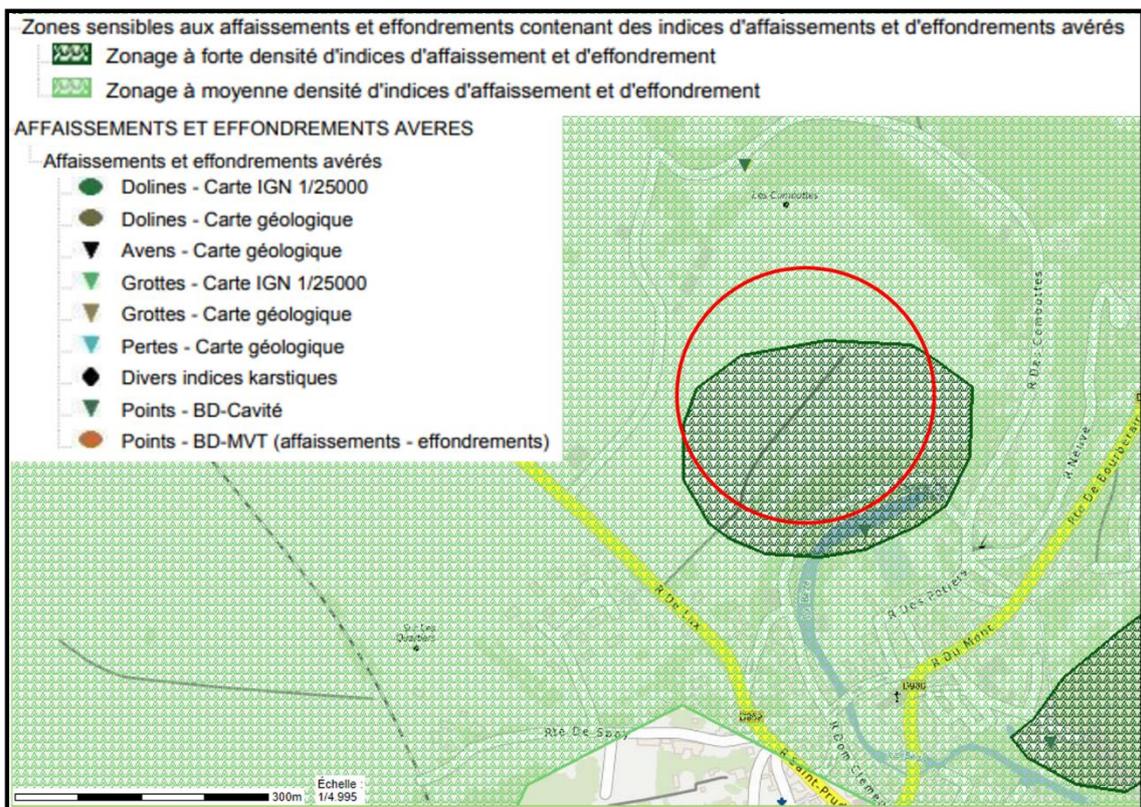


illustration 9 – Extrait de l'atlas départemental mouvement de terrain de la Côte d'Or (http://carto.geo-ide.application.developpement-durable.gouv.fr/119/ALEAS_MOUVEMENTS_DE_TERRAIN_EN_COTE_D_OR.map#)

3. Diagnostic de risque et recommandations

Lors de l'expertise, il n'a pas été observé d'indices significatifs de déformation qui laisseraient présager d'une rupture généralisée du toit de la grotte et qui pourrait entraîner la formation d'effondrement en surface.

Cependant lors de l'expertise, de nombreuses zones d'instabilités ponctuelles ont été constatées et un diagnostic de cavités suivant une expertise de type chute de pierres/blocs a donc été entreprise secteur par secteur (voir sections suivantes).

L'expertise engagée s'est focalisée au questionnement soulevé d'apparition de fissures de la dalle calcaire citée en introduction. À cet égard, il est important de préciser, que par rapport à la globalité du site (partie de la grotte visitable et extérieure), la présente expertise est :

- **Parcelleire** : temps imparti limité pour réaliser l'expertise et zones en hauteur dans la grotte non observées et donc risques non évalués à ces endroits ;
- **Incomplète** : L'évaluation du risque s'est faite uniquement au niveau de la partie de la grotte inspectée (entre l'entrée et le débarcadère) et au niveau de la falaise extérieure au droit de l'entrée. Les risques n'ont pas été évalués sur la zone du parcours souterrain en bateau, ni sur les zones extérieures du parking et du bâtiment d'accueil/boutique.

3.1. MÉTHODOLOGIE

En préambule il est important de noter que « *La prévision de la rupture d'une masse rocheuse se heurte à de très grandes difficultés, du fait notamment de l'impossibilité d'avoir accès à des régions cachées et donc d'évaluer l'état et l'évolution de parties résistantes (ponts rocheux par exemple). On adopte donc une démarche de type probabiliste ; les probabilités dont il s'agit, dites parfois subjectives, sont qualitatives.* » - extrait **du guide technique du LCPC de 2004 « Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulement rocheux »**.

Dans cette expertise localisée, pour chaque type d'élément instable recensé, un couple de probabilité/délai a été évalué selon le guide technique du LCPC.

D'après ce guide, ces deux composantes sont définies ainsi :

- **Probabilité** : éventualité d'occurrence de chute (dans la période considérée), évaluée en fonction des facteurs déterminants ; l'échelle qualitative considérée va de « très faible » à « très élevé ».

| | | |
|------------------|--|---|
| Très élevée (te) | L'occurrence du phénomène est normale. Sa non-occurrence serait exceptionnelle | La probabilité est appréciée en fonction des facteurs déterminants (présence et/ou intensité) |
| Élevée (e) | L'occurrence du phénomène est plus envisageable que sa non-occurrence | |
| Modérée (m) | L'occurrence du phénomène est équivalente à sa non-occurrence | |
| Faible (f) | La non-occurrence du phénomène est plus envisageable que son occurrence | |
| Très faible (tf) | La non-occurrence du phénomène est normale. Son occurrence serait exceptionnelle | |

- **Délai** : délai significatif à l'intérieur duquel le praticien estime que le phénomène peut se produire (selon une probabilité à estimer) ; les périodes vont de « imminent » à « long terme ».

| | | |
|------------------|-----|---|
| Imminent | i | Prise en compte immédiate (le délai se compte en heures, jours, semaines ou mois) |
| Très court terme | tct | 2 ans environ |
| Court terme | ct | 10 ans environ |
| Moyen terme | mt | De l'ordre de 30-50 ans |
| Long terme | lt | De l'ordre de 100-150 ans |

Cependant, pour cette expertise, la probabilité « modérée » n'a pas été prise en compte car sa signification absconse ne traduit pas une « réalité terrain » qui permettrait une évaluation rigoureuse et univoque.

Pour cette expertise les éléments instables inférieurs à 50 litres sont qualifiés de « pierre » et les éléments plus volumineux de « bloc »

3.2. LES FACTEURS À L'ORIGINE DU PHÉNOMÈNE DE CHUTE DE PIERRES/BLOCS

Un risque de chute de blocs/pierres est avéré sur le secteur expertisé. Le déclenchement du mouvement de terrain est toujours lié à une situation de déséquilibre gravitaire entraînant un réajustement. Les facteurs du déséquilibre sont de différentes natures dans la grotte expertisée :

- **Les facteurs de prédisposition** (conditions intrinsèques déterminées par l'héritage géologique sur plusieurs milliers à millions d'années) :
 - Formation calcaire dans une cavité de type conforme favorisant la mise en surplomb des blocs ;
 - Fracturation des formations calcaires qui délimitent des masses instables (dièdres et écailles).
- **Les facteurs aggravant/déclenchant** (processus géomorphologiques de la dizaine à quelques milliers d'années) induits par le climat (érosion, altération, gélifraction, conditions hydrologiques, pergélisol) :
 - Karstification : formation de vide /élargissement de fracture et de joint de stratification → altération mécanique et physico-chimique ;
 - Décompression due à la formation de vides karstiques.
- **Les facteurs déclenchant** (sollicitations extrêmes ponctuelles de l'année à la dizaine d'années)
 - Travaux (vibration, percussion, passage de matériel/hommes... pour la mise en place des lumières par exemple) ;
 - Sollicitation anthropique (barre de levage par exemple) ;
 - Conditions hydrogéologiques : infiltration d'eau depuis la surface ou mise en charge du réseau karstique notamment.

3.3. EXPERTISE SECTEUR PAR SECTEUR

Pour chaque secteur, où un risque a été identifié un diagnostic de type chute de blocs a été réalisé (illustration 11) :

- **Constat** : Description factuelle du secteur
- **Diagnostic** : Détermination des couples probabilité/délai pour les éléments instables identifiés
- **Évaluation du risque résiduel** pour les personnes
- **Recommandations et délais**

Pour l'ensemble des secteurs, les éléments à risque identifiés ont été clairement définis et pointés en présence d'un représentant de la commune (M. le Maire), gestionnaire de la grotte et/ou de l'employé communal responsable des visites touristiques.

De façon générale, aucun évènement significatif n'a été signalé par l'exploitant (rares chutes de pierre depuis l'ouverture de la grotte) et aucun travaux de « sécurisation » n'a réalisé sur le site mise à part la pose d'un filet pendu au niveau de la falaise de la grotte.

Les observations sont classées depuis l'extrémité du secteur visité, au niveau du débarcadère (lettres A, B, C et D) et sont déroulées jusqu'à la sortie de la grotte (lettre L). Les secteurs D à H sont les plus sensibles concernant l'ampleur des instabilités observées avec des travaux de mise en sécurité attendus significatifs. Le secteur H est à l'origine de la demande de la présente expertise.

Les observations sont localisées sur le plan de l'illustration 10.

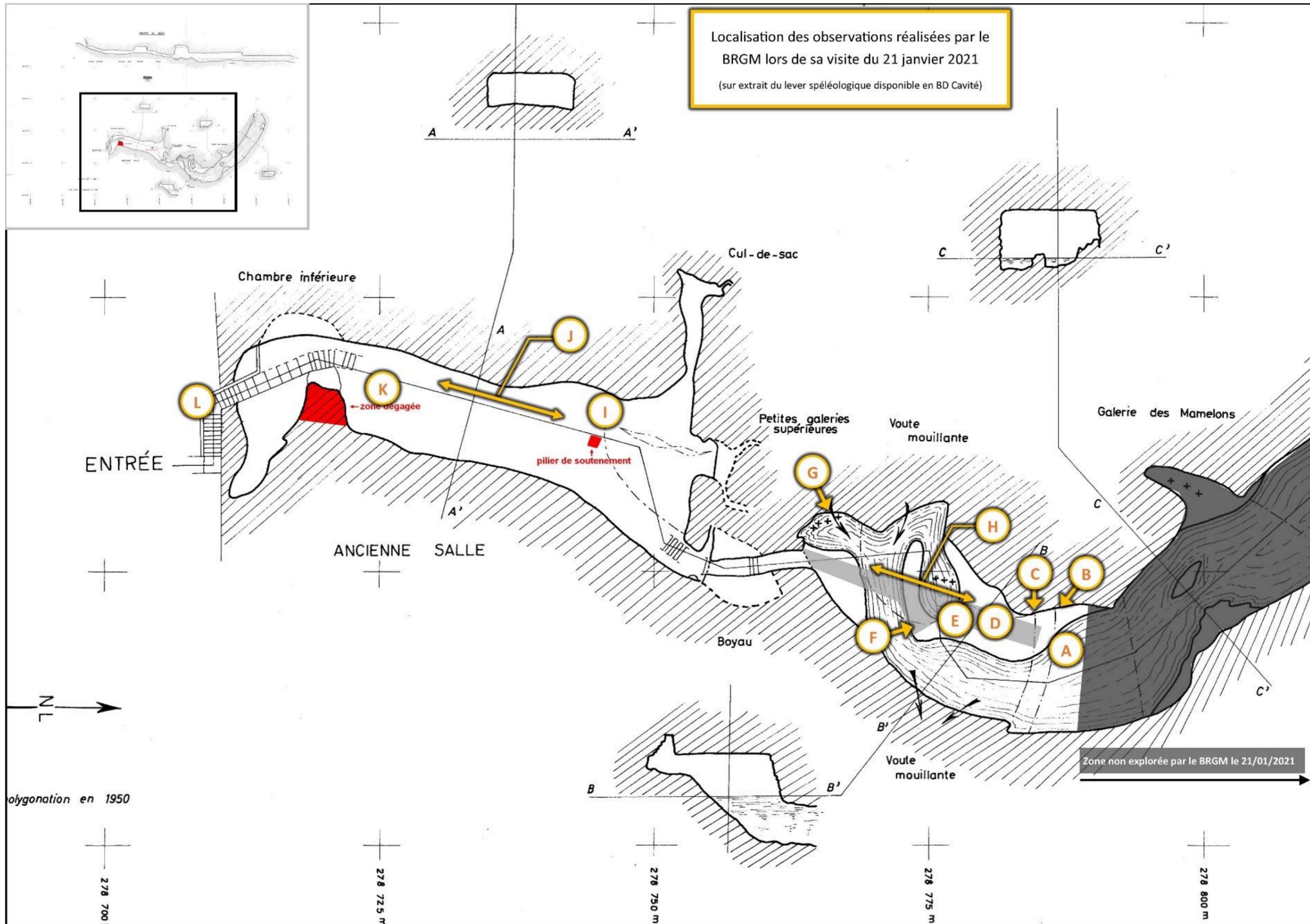
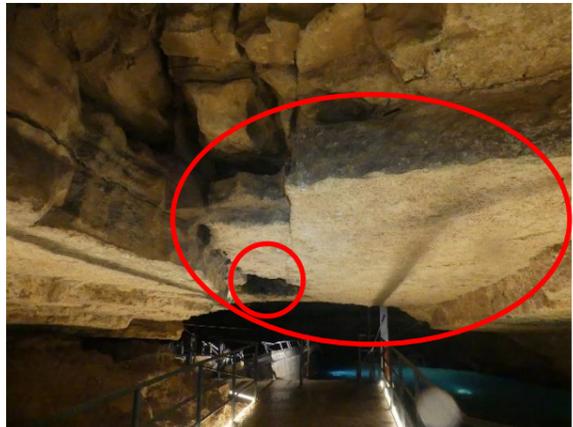
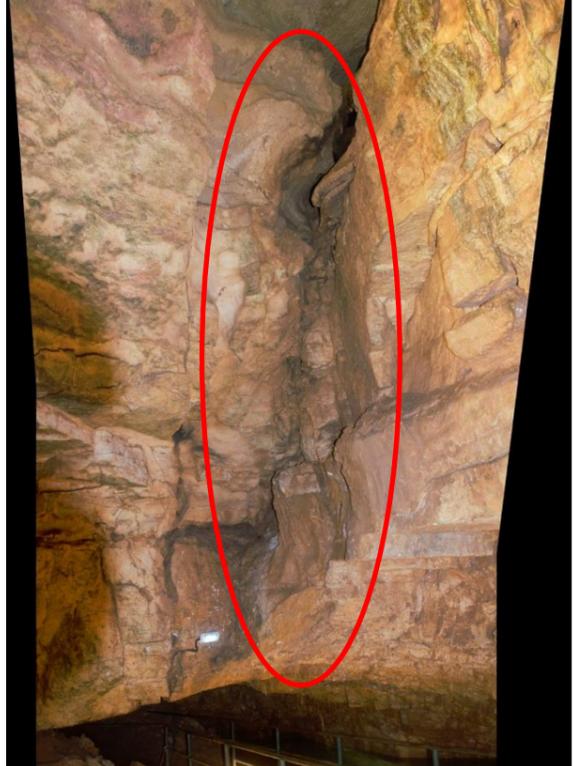


illustration 10 - Localisation des observations réalisées sur extrait du lever spéléologique disponible dans la BD Cavité

| Localisation | Photographie | Constat | Diagnostic | Risque résiduel | Recommandations et délais |
|--------------|---|---|--|---|--|
| A |  | <p>Au niveau du débarcadère la largeur de la galerie fait environ 10 m de large. Les bancs calcaires ont une épaisseur de 10 à 20 cm. Une rampe de levage est accrochée au plafond rocheux avec des clous d'environ 10-15 cm (témoignage).</p> <p>Une faille N90 45S associée à une zone broyée pluridécimétrique traverse perpendiculairement la galerie au niveau du débarcadère.</p> | <p>L'ancrage de la barre de levage est insuffisant (inférieur ou à peine égale à l'épaisseur d'un banc).</p> | <p>Chute de la barre de levage avec décrochement d'éléments rocheux :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lors des travaux de maintenance (tous les 5 ans – barge de 550 kg levée). - éventuellement lors des visites dû à une fatigue des matériaux. <p>Risque accru car zone de stationnement des personnes.</p> | <p>Augmenter l'ancrage de la barre ou supprimer la barre en changeant de méthode (inspection ou mise hors eau) pour les opérations de maintenance des barges.</p> <p>Délai : avant la prochaine maintenance.</p> <p>Vigilance des ancrages jusqu'à la réalisation des travaux.</p> |
| B |  | <p>Pierres de quelques litres pour un volume total d'environ 20-30 litres en surplomb vers la faille (flan ouest)</p> | <p>Chute de pierres avec un couple probabilité/délai :</p> <p>Élevé / Très court-terme</p> <p>Très élevé / Court-terme</p> | <p>Chute de pierres sur les personnes</p> <p>Risque accru car zone de stationnement des personnes</p> | <p>Purger et/ou conforter</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> |
| C |  | <p>Blocs en surplombs d'une centaine de litres pour un volume total d'environ 300 litres</p> | <p>Chute de blocs avec un couple probabilité/délai :</p> <p>Élevé / Très court-terme</p> <p>Très élevé / Court-terme</p> | <p>Chute de blocs sur les personnes</p> <p>Risque accru car zone de stationnement des personnes</p> | <p>Purger et/ou conforter</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> |

| Localisation | Photographie | Constat | Diagnostic | Risque résiduel | Recommandations et délais |
|--------------|---|--|--|--|---|
| D |  | <p>Dalle de 30 à 40 cm d'épaisseur avec un porte à faux d'environ 2 à 3 m du banc pour un porte à faux total de 7.5 m. Deux fissures longitudinales millimétriques sont fermées par les concrétions calcaires. Joint de stratification supérieure a été en partie karstifié et une partie de la dalle est déjà absente (chute très ancienne, non datée) au droit du chemin d'accès au niveau d'une zone de fracturation parallèle et au droit de la passerelle.</p> <p>Dans la partie déjà effondrée des pierres individualisées plus ou moins cimentées par des concrétions calcaires sont en surplomb.</p> | <p>Chutes de pierres au niveau de la zone déjà effondrée avec un couple probabilité/délai : Élevé / Court-terme</p> <p>Stabilité précaire de la dalle qui est fissurée et karstifiée. Une rupture de tout ou partie de la dalle avec un couple probabilité/délai : Faible / Très à Court-terme</p> <p>Élevé / Court à Moyen-terme</p> <p>Très élevé / Long-terme.</p> <p>Diagnostic en hauteur à compléter par une inspection encordée</p> | <p>Éboulement d'ampleur importante sur les personnes et possible obstruction de l'entrée pour les secours.</p> <p>Risque accru car zone de stationnement des personnes</p> | <p>Confortement de la partie déjà effondrée pour se prémunir des chutes de pierres/blocs</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> <p>Surveillance de la dalle :</p> <p><u>Qualitative</u> : horodatée avec photographie et échelle de mesure des principales fissures.</p> <p><u>Quantitative</u> : d'au moins une fissure par jauge graduée</p> <p>Fréquence de surveillance : avant chaque reprise de la saison touristique et au moins bimensuelle durant les visites</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> |
| E |  | <p>Enchevêtrement de pierres/blocs pris entre deux fractures karstifiées (ouverture pluricentimétrique) parallèles et espacées d'environ 50 cm. Les pierres/blocs sont plus ou moins individualisés selon l'importance des concrétions calcaires qui les recouvrent. L'ensemble est en surplomb.</p> <p>Les volumes sont difficiles à évaluer mais un volume unitaire de 100 à 250 litres pour un volume total supérieur au m³ sont estimés.</p> <p>Un bloc d'une cinquantaine de litres s'individualise au niveau d'un joint de stratification</p> | <p>Chutes de blocs avec un couple probabilité/délai : Elevé / Moyen-terme</p> <p>Chute du bloc d'une cinquantaine de litres : Faible à Élevé / Très court-terme</p> <p>Très élevé / Court-terme</p> <p>Diagnostic en hauteur à compléter par une inspection encordée</p> | <p>Chute de pierres/blocs sur les personnes</p> <p>Risque accru car zone de stationnement des personnes</p> | <p>Surveillance de la zone :</p> <p><u>Qualitative</u> : horodatée avec photographie et échelle de mesure.</p> <p>Fréquence de surveillance : avant chaque reprise de la saison touristique et au moins bimensuelle durant les visites</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> <p>Confortement du bloc d'une cinquantaine de litre</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> |

| Localisation | Photographie | Constat | Diagnostic | Risque résiduel | Recommandations et délais |
|--------------|---|---|---|---|---|
| F |  | <p>Plusieurs dièdres de roche du litre à la dizaine de litres s'individualisent de la paroi rocheuse jusqu'à 6 m de haut environ.</p> | <p>Chute de pierres avec un couple probabilité/délai :</p> <p>Élevé / Très court-terme</p> <p>Très élevé / Court-terme</p> <p>Diagnostic en hauteur à compléter par une inspection encordée</p> | <p>Chute de pierres/blocs sur les personnes</p> <p>Risque accru car zone de stationnement des personnes</p> | <p>Purger et/ou conforter</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> |
| G |  | <p>Enchevêtrement de pierre/blocs pris dans une matrice argileuse du litre à la dizaine litres plus ou moins individualisés dans une zone de fracture. Volume totale difficile à évaluer. Cette zone est situé à l'aplomb d'une zone de passage de la passerelle.</p> | <p>Chute de pierres avec un couple probabilité/délai :</p> <p>Élevé / Très court-terme</p> <p>Très élevé / Court-terme</p> <p>Diagnostic en hauteur à compléter par une inspection encordée</p> | <p>Chute de pierres/blocs sur les personnes</p> | <p>Zone à conforter – Purge déconseillée car risque de déstabiliser des zones amonts.</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> |

| Localisation | Photographie | Constat | Diagnostic | Risque résiduel | Recommandations et délais |
|--------------|---|---|---|--|---|
| H | <p>Secteur visé par la demande d'expertise</p>  | <p>Une dalle calcaire d'une quarantaine de cm d'épaisseur présente un porte à faux de 2 à 6 m. Cette dalle est découpée par une fracturation verticale (ouverture millimétrique à centimétrique) tous les mètres environ avec une dynamique récente et en cours d'évolution. Une fissure longitudinale parallèle à celles observées dans le secteur D dont l'ouverture est calcifiée est présente à environ 40 cm du bord de la paroi. Le joint de stratification supérieure de la dalle la plus près du sol présente une ouverture jusqu'à 3 cm et se ferme en direction du débarcadère.</p> | <p>Chute de tout ou partie de la dalle pouvant provoquer l'éboulement de la partie supérieure. Un volume total très important (plusieurs m³) peut être attendu.</p> <p>Élevé /Très court-terme</p> <p>Très élevé / Court à moyen-terme</p> | <p>Éboulement d'ampleur importante sur les personnes et possible obstruction de l'entrée pour les secours.</p> <p>Risque accru car zone de stationnement des personnes</p> | <p>Confortement de l'ensemble de la dalle</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> |
| I |  | <p>Grande salle avec un accès limité pour les visiteurs. Trois zones présentant une stabilité précaire ont été identifiées au droit de la zone de passage :</p> <p>Zone 1 : pierre de 5 litres environ (direction embarcadère)</p> <p>Zone 2 : 1 dalle calcaire d'environ 125 litres</p> <p>Zone 3 : 1 colonne composée de pierres de quelques litres pour un volume total d'environ 50 litres</p> | <p>Chute de pierres avec un couple probabilité/délai :</p> <p>Élevé / Très court-terme</p> <p>Très élevé / Court-terme</p> <p>Diagnostic en hauteur à compléter par une inspection encordée</p> | <p>Chute de pierres/blocs sur les personnes</p> <p>Risque accru car zone de stationnement des personnes</p> | <p>Purger et/ou conforter les 3 zones</p> <p>Ne pas élargir la zone d'accès des visiteurs</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> |

| Localisation | Photographie | Constat | Diagnostic | Risque résiduel | Recommandations et délais |
|--------------|--|--|---|--|--|
| J |  | Deux pierres prises dans une fracture sont observées en bordure gauche de la zone de passage (sens de la visite) | Chute de pierres avec un couple probabilité/délai : Élevé / Court-terme | Chute de pierres/blocs sur les personnes | Soit éloigner les enjeux (décaler le passage sur la gauche (sens de la visite) ; Soit purger et/ou conforter Délai : avant la prochaine ouverture |
| K |  | Dalle calcaire de 15/20 cm d'épaisseur d'environ 15 m ² avec un porte à faux de près de 4 m qui commence à se désolidariser | Chute de pierres avec un couple probabilité/délai : Élevé / Très Court-terme Chute de la dalle avec un probabilité/délai : Élevé / Court-terme | Chute de pierres/blocs sur les personnes | Conforter la zone Délai : avant la prochaine ouverture |

| Localisation | Photographie | Constat | Diagnostic | Risque résiduel | Recommandations et délais |
|--------------|--|--|---|---|--|
| L | <p style="text-align: center;">Porche de la grotte</p>  | <p>Bancs infra décimétriques très altérés et en surplomb sur la paroi rocheuse en bordure gauche. De nombreuses pierres en plaquettes sont désolidarisées et sont en instabilité précaire.</p> <p>Bancs décimétriques sains (peu altérés) et sans surplomb sur la partie droite.</p> | <p>Chute de pierres avec un couple probabilité/délai :</p> <p>Très élevé / Très Court-terme</p> | <p>Chute de pierres sur les personnes</p> <p>Risque accru car zone de stationnement des personnes</p> | <p>Purger et/ou conforter les éléments instables</p> <p>Éloigner les enjeux (déplacer les bancs et la zone de passage sur la bordure située à l'Est) et condamner physiquement l'accès à la paroi rocheuse en bordure Ouest</p> <p>Mettre en œuvre une parade passive (barrière) pour protéger cette nouvelle zone de stationnement vis-à-vis des chutes de pierre sur la bordure Est (hors grillage).</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> <p>Mise en œuvre d'une parade active sur l'ensemble de la zone selon le niveau de risque résiduel après la réalisation des recommandations précédentes.</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> |

| Localisation | Photographie | Constat | Diagnostic | Risque résiduel | Recommandations et délais |
|--------------|--|---|---|---|--|
| L | <p>Falaise de la grotte</p>  | <p>L'entrée de la grotte est au pied d'une falaise d'environ 15 m de haut. La falaise est partiellement visible car recouverte par endroit de végétation. L'épaisseur des bancs calcaires augmente du pied (décimétrique) à la tête de falaise (métrique). Hormis l'entrée de la grotte la falaise présente un profil très vertical, sain et peu altéré (absence de pierre en surplomb).</p> <p>Un grillage pendu (attaché à sa base par des spits) a été installé dans les années 1980 au droit de l'entrée de la grotte. La zone d'accumulation du grillage (qui n'a jamais été nettoyée) ne présente que quelques pierres inférieures au litre, preuve de la faible activité de la falaise. Cette parade passive n'est pas adaptée au contexte. Une parade active est par contre appropriée.</p> <p>Cependant, en 2015, un bloc d'environ 300 litres est tombé depuis une zone végétalisée en bordure du grillage pendu et l'a éventré. Le grillage n'est en effet pas dimensionné pour de tels volumes.</p> <p>La zone végétalisée correspond potentiellement à une zone de failles/fractures dont les ouvertures ont favorisé le développement de la végétation. Dans cette zone, un bloc d'au moins une centaine de litres en surplomb avec une stabilité précaire est visible.</p> | <p>Chute de pierres (1 à 50 litres) avec un couple probabilité/délai : Faible / Très Court-terme à Court-terme</p> <p>Chute de blocs (plusieurs centaines de litres) au niveau de la zone végétalisée avec un couple probabilité/délai : Élevé / Très-Court-terme Très élevé /Court-terme</p> <p>Diagnostic à compléter après un défrichage de la falaise</p> | <p>Chute de pierres/blocs sur les personnes</p> <p>Risque accru car zone de stationnement des personnes</p> | <p>Défricher la falaise</p> <p>Purger et/ou conforter les éléments instables</p> <p>Réfection ou remplacement du grillage</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> <p>Élargir la zone couverte par le grillage ou mettre en œuvre des ouvrages de parade passive sur les bords pour éviter que des pierres/blocs roulent jusqu'au chemin d'accès et à l'entrée de la grotte (type grillage plaqué).</p> <p>Délai : avant la prochaine ouverture</p> |

illustration 11 - Constat, diagnostic, risque résiduel et recommandations pour chaque secteur

3.4. RECOMMANDATIONS GENERALES POUR TOUT LE SITE TOURISTIQUE

En règle générale, il est recommandé que les cavités souterraines ouvertes au public intègre un plan de gestion du risque stabilité (voir le guide « Valorisation du caractère patrimoniale des cavités souterraines »). Cette gestion du risque stabilité ne doit cependant pas se limiter à la cavité souterraine mais doit également intégrer les zones extérieures comme les zones de parking et d'accès (falaise rocheuse de 15-20 m de haut au niveau des parkings, du bâtiment d'accueil/boutique et de l'entrée de la grotte de Bèze).

Cette gestion du risque peut être décomposée en trois volets

- **Diagnostic géotechnique de risque : Identifier les secteurs et les éléments générant un risque stabilité :**
- **Pour les éléments avec un délai de très court-terme (2 ans) à moyen-terme (30-50 ans) : dimensionnement de solutions de protection :**
 - Les éléments dont la de purge est possible et pertinente - généralement adaptées aux masses instables de petits volumes ;
 - Les possibilités de protection active - particulièrement adaptées aux masses instables des plus gros volumes identifiés (emmaillotage, clous)
 - Les possibilités de protection passive type écran (écran de filet ou barrière fixe) – généralement pertinent pour les secteurs extérieurs - au niveau de l'entrée de la grotte de Bèze par exemple ;
 - Les possibilités d'adaptation du parcours de visite pour éloigner les enjeux de l'aléa ;
- **Pour les éléments avec un délai de moyen à long-terme (100 -150 ans) : définition d'une surveillance « géotechnique » du milieu :**
 - Objectif : suivre l'évolution identifier des signes précurseurs sur l'imminence d'une déstabilisation à risque pour les personnes
 - Surveillance visuelle et/ou instrumentée
 - Mise en œuvre opérationnelle nécessitant la définition de seuils d'alarme spécifique à chaque masse instable qui peuvent être graduels (seuil de vigilance, seuil de vigilance renforcée, seuil d'alerte, seuil de crise...).

Il est rappelé ici, par rapport à la globalité du site (partie de la grotte visitable et extérieure), que la présente expertise est :

- **Parcelaire** : temps imparti limité pour réaliser l'expertise et zones en hauteur dans la grotte non observées et donc risques non évalués à ces endroits ;
- **Incomplète** : L'évaluation du risque s'est faite uniquement au niveau de la partie de la grotte inspectée (entre l'entrée et le débarcadère) et au niveau de la falaise extérieure au droit de l'entrée. Les risques n'ont pas été évalués sur la zone du parcours souterrain en bateau, ni sur les zones extérieures du parking et du bâtiment d'accueil/boutique.

Le BRGM ne peut se prononcer sur l'ouverture de la grotte au-delà de la zone inspectée lors de la présente expertise.

Le BRGM recommande avant l'ouverture du site au public de la partie expertisée (entrée → débarcadère) :

- **De réaliser une étude spécifique (selon la norme NF-P94-500 : mission géotechnique de type G5/G2) par un bureau d'étude spécialisé** notamment pour :
 - Compléter le diagnostic de risque pour :
 - Les salles de hauteur significative (> 5 m) avec une inspection encordée ;

- Le bâtiment d'accueil/boutique : vérifier qu'il ne présente pas un risque de chute de pierre/blocs car le bâtiment est a priori vulnérable (chute sur toiture).
- Mettre en œuvre les recommandations du § 3.3 (avec possibilité de les adapter) dont la réalisation est à prévoir avant l'ouverture.
- Définir un protocole pour les surveillances préconisées (si recommandations conservées par le nouveau diagnostic) au § 3.3 (seuil d'alarme) ;
- De faire intervenir une entreprise spécialisée pour purger et/ou conforter les masses les plus instables en prenant en compte le diagnostic complémentaire du bureau d'étude;
- Que le port du casque soit obligatoire pour les visiteurs ;
- D'avertir du risque de chute de pierres/blocs au niveau des falaises extérieures (zone de parking) et, à défaut d'étude, d'interdire physiquement l'accès (barrière ne permettant pas le passage d'un enfant) d'une zone équivalente à la hauteur de la falaise correspondant à la propagation potentielle d'éléments rocheux (par exemple pour une falaise de 20 m de haut, interdire une zone de 20 m depuis le pied de falaise). Il est possible que l'étendue cette zone d'interdiction conduise à fermer temporairement la zone de parking.

Pour ouvrir la totalité de la grotte et libérer de l'espace sur les zones de parking, le BRGM recommande de faire réaliser le plus tôt possible (dans l'année et avant l'ouverture de la saison 2022) une étude spécifique (mission géotechnique de type G5 suivie d'une G2 selon la norme NF-P94-500) par un bureau d'étude spécialisé qui mettra en œuvre un diagnostic géologique et géotechnique détaillé de l'ensemble de la grotte ainsi que des extérieurs (volumes, formes, fréquences, mécanisme de rupture des pierres/blocs instables, zone de propagation...). Cette étude devra justifier une gestion du risque adaptée et, le cas échéant proposer un dimensionnement des solutions les plus appropriées, protection et/ou surveillance, aux contraintes du site.

Dans l'attente de la mise en œuvre d'une étude géotechnique, une vigilance visuelle générale doit être mise en œuvre par le personnel de la grotte afin d'identifier des évolutions préoccupantes. **Dans le cas où une évolution significative et préoccupante est constatée** (telle que l'évolution d'une zone instable ou l'apparition d'une nouvelle instabilité), **le diagnostic présenté dans ce rapport sera à reconsidérer et des mesures de sauvegarde complémentaires seront à envisager.** Dans ce cas, la mairie est invitée à contacter la Préfecture et/ou la DDT21 et il faudrait par exemple envisager la fermeture de la grotte jusqu'à la mise en place d'actions correctrices.

4. Annexes

| | |
|--------------------------------|--|
| BRGM DR / CNE / BFC. | Fiche de demande d'intervention : Appui aux Administrations |
|--------------------------------|--|

| | |
|--|---|
| Objet de l'appui sollicité : Diagnostic de risque mouvement de terrain au niveau des grottes de la commune de Bèze <i>Le cas échéant, préciser sur papier libre en PJ le contexte de l'intervention (motif de l'expertise, contraintes techniques et réglementaires, personnes concernées, etc....).</i> | Demandeur Administration : Préfecture de la Côte-d'Or Direction : Direction des sécurités Service : Bureau de la sécurité civile Interlocuteur : M Thierry Brulé |
|--|---|

| | |
|--|--|
| Mission demandée au BRGM : Une nouvelle fissure est apparue au plafond de la grotte de Bèze dans la partie ouverte à la visite du public (cf photos ci-jointes transmises par la commune). Il est demandé au BRGM : - d'identifier l'origine de cette fissuration ; - de caractériser le niveau de risque en présence ; - d'examiner les potentiels périls imminents ; - d'établir des recommandations en matière de sécurisation avant la réouverture du site au public. | Typologie de l'action : <input type="checkbox"/> Niveau 1 : Rassembler des connaissances existantes <input checked="" type="checkbox"/> Niveau 2 : Formuler un avis ou un diagnostic simple <input type="checkbox"/> Niveau 3 : Former, informer, communiquer, participer à réunions |
|--|--|

Date de la demande : 14/01/2021.....
Date de réponse souhaitée : 24/01/2021...
.....

| | |
|---|--|
| Proposition BRGM : Descriptif : <i>Diagnostic Risque @ Rapport</i> <i>Visite prévue le 21-01-21</i> Lien d'intérêt institutionnel (2) : <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui cf. note en PJ Durée de réalisation : <i>3J</i> Délai de réalisation : <i>1 mois</i> Intervenant (3) : <i>Vallet A. Nairy G.</i> Date : <i>19-01-21</i> Signature : <i>[Signature]</i> <div style="text-align: right; font-size: small;"> Manuel PARIZOT Directeur régional Bourgogne - Franche Comté </div> | Format attendu : <input checked="" type="checkbox"/> rapport <input type="checkbox"/> documents annexés : Accès : <input checked="" type="checkbox"/> immédiat (1) <input type="checkbox"/> différé Accord du demandeur : A : <i>[Signature]</i> Le : <i>23/01/2021</i> Visa : <i>[Signature]</i> Copie DREAL |
|---|--|

| | |
|--|---|
| B.R.G.M. Direction Régionale Bourgogne - Franche Comté 27 rue Louis de Broglie 21000 Dijon Tél. 03 80 22 12 00 | Pour les motifs des dispositions de la loi « CADA » du 17 juillet 1978 modifiée en 2000 et 2002, tous les dossiers d'appui aux administrations ont fait l'objet de rapports publics à accès immédiat, à l'exception de ceux qui sont préparatoires à une décision administrative, lesquels ne sont rendus accessibles qu'une fois cette décision prise. (2) Dans une autre partie de l'expertise ou le demandeur d'une part et le BRGM d'autre part, susceptibles de compromettre sa neutralité. (3) Après vérification de l'absence de lien d'intérêt individuel ou déclaration d'un lien (IM 362 EXP) porté à la connaissance des parties prenantes (cf note en PJ) et accepté par le demandeur car ne compromettent pas la neutralité du BRGM. |
|--|---|



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France
Tel. 02 38 64 34 34

Direction Régionale Bourgogne-Franche-Comté
27 rue Louis de Broglie
21000 DIJON – France
Tél. : 03 80 72 90 40