



Rapport d'expertise :

Avis sur un pan de falaise à Graufthal

BRGM/RP-60960-FR

Mars 2012

Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations



Appuis à la police de l'eau



Date de réalisation de l'expertise : 24 février 2012

**Localisation géographique du sujet de l'expertise :
Eschbourg – Graufthal (67)**

Auteurs BRGM : D. Cruz Mermy

Demandeur : SIRACEDPC – Préfecture du Bas-Rhin

1.89 3740.46 -625.5



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Avis sur un pan de falaise à Graufthal

L'original du rapport muni des signatures des Vérificateurs et Approbateurs est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Approbateur :	
Nom : Anne-Valérie BARRAS	Date : 16/03/2012
Vérificateur :	
Nom : Christian MATHON	Date : 14/03/2012

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : expertise – appuis aux administrations – Chute de blocs, falaise, stabilité, troglodyte, grès vosgien, Graufthal, Eschbourg, Bas-Rhin, Alsace

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

D. Cruz Mermy (2012) – Avis sur un pan de falaise à Graufthal. Rapport final. Rapport BRGM/RP-60960-FR. 22 p., 13 fig.

© BRGM, 2012, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Contexte :

Date de la formulation de la demande d'expertise au BRGM : 20/02/2012

Demandeur : SIRACEDPC – Préfecture du Bas-Rhin

Nature de l'expertise / question posée : Fournir un avis sur l'état du site suite à une chute de blocs survenue en septembre 2011

Situation du sujet : Commune d'Eschbourg, hameaux de Graufthal – « Maisons des rochers »

Date d'occurrence ou de constat : Septembre 2011

Nature de l'intervention du BRGM : Visite de terrain le 24/02/2012 en présence Monsieur le Maire et de Monsieur Burckhart Président de l'A.M.V.S. et de Monsieur Demoulin, chargé de mission au Parc Naturel Régional des Vosges du Nord.

Faits constatés / dossier examiné :

Les falaises de Graufthal, commune d'Eschbourg, sont constituées d'un ensemble de grès et conglomérats dans lesquelles ont été édifiés des habitats troglodytiques. Abandonnés à partir de la fin des années 1950, il s'agit d'un site classé et ouvert aux visites touristiques hors période hivernale.

En septembre 2011, une chute de blocs d'un volume de moins de 1 m³ s'est produite à la base de la falaise, juste sous le chemin qui dessert les maisons troglodytiques. Les blocs tombés ont chuté d'une hauteur de l'ordre d'1 m à l'arrière d'un bâtiment communal (logements sociaux) sans l'atteindre ni causer de désordres.

La falaise est haute de 3,5 m et sa partie supérieure est coiffée par le chemin d'accès aux troglodytes utilisé par les visiteurs.

Diagnostic du BRGM :

La base de la falaise inférieure est traversée par une série de fractures ouvertes découpant le pied du massif gréseux en « écailles ». Au pied de la maison Wagner (limite occidentale), les fractures sont orientées de façon sub-parallèle à la falaise ce qui facilite l'appel au vide des écailles.

Le pied de la falaise est également marqué par une différence de qualité de la roche. La falaise inférieure est constituée d'un grès massif cimenté (Grès du Buntsandstein) qui repose sur une passée de grès tendres et limoneux, peu cimentés et très sensibles à l'érosion. Ces derniers s'érodent, sous-cavant la partie supérieure plus massive.

La chute de blocs du mois de septembre s'est produite grâce à ce contexte d'écailles subparallèles à la falaise reposant sur un niveau tendre et sous cavé créant des porte-à-faux.

Recommandations du BRGM :

A l'ouest de l'escalier, les porte à faux sont nombreux et l'on peut s'attendre à des chutes de petits blocs (<1 m³) tels que survenus en septembre 2011. Aucune instabilité imminente menaçant le chemin de visite n'a été constatée à l'Ouest de la falaise inférieure mais la chute de blocs plus importants ne peut être exclue en cas d'évènements pluvieux intenses par exemple. En effet les conditions sont favorables à leur survenance, avec pour conséquences d'emporter une partie du chemin de visite et le cas échéant d'impacter le n° 26 de la rue Principale. De fait, la réalisation de travaux est recommandée.

Dans l'immédiat, il est préconisé ::

1/ de colmater les fissures ouvertes au niveau du chemin à l'aide d'un mortier peu perméable afin d'interdire toute infiltration dans les fissures. Le rebouchage en surface doit être soigné pour évacuer les eaux de ruissellement sans points bas ni contre pente.

2/ de reprendre le soubassement (grès tendre) de la falaise pour reconstituer la partie sous-cavée et le protéger de l'érosion (massif en béton, béton projeté sur treillis soudé,...) tout en veillant au bon drainage des eaux pour éviter la mise en charge hydraulique en arrière (barbacanes, drains, massif drainant...).

Le site étant classé, il va de soi que les produits utilisés doivent respecter l'aspect du site, ce qui conduira à teinter – avec les charges minérales ad hoc - les matériaux mis en œuvre (mortier, béton) pour répondre aux exigences patrimoniales.

Pour le long terme, afin de garantir la pérennité du site, les écailles observées à l'ouest ne pourront rester en l'état et des solutions de confortement doivent être envisagées (ancrages passifs). Ces solutions nécessitent des études géotechniques de dimensionnement. La solution ancrages et béton projeté peuvent être, dans ce cas plus contraignant d'un point de vue esthétique pour conserver l'aspect de l'escarpement rocheux.

Une alternative esthétique serait un mur appareillé en blocs de grès des Vosges ; l'ouvrage masquera les têtes des ancrages et le voile de béton projeté. Il devra faire l'objet d'un dimensionnement adapté (étude géotechnique), outre les fonctions de parement esthétique il devra remplir un rôle de protection contre les agents météoriques ; là encore seront soignés le drainage arrière et la jonction sommitale avec l'affleurement rocheux pour éviter les infiltrations.

En attendant la réalisation des travaux nous recommandons que des fissuromètres (jauges plastiques) et des témoins (plots en ciment sans retrait, plaquettes en verre) soient mis en place sur les diaclases ouvertes pour suivre leurs éventuels mouvements d'ouverture ou de fermeture. Ce dispositif d'observation impose des relevés réguliers et la transmission des mesures à des spécialistes.

Dans le jardin de la parcelle 14, une pile de blocs est en équilibre très instable, il est recommandé de traiter ce point instable par purge ou confortement.

Sommaire

1. Contexte	7
2. Situation du site	7
2.1 LOCALISATION	7
2.2 DESCRIPTION DU SITE	10
3. Faits constatés	13
3.1 TRACES DE LA CHUTE DE BLOCS DE SEPTEMBRE 2011	13
3.2 ETAT DE LA FALAISE INFÉRIEURE A L'OUEST DE L'ESCALIER.....	13
3.3 CAS DE LA FALAISE JOUXTANT LA BILLETTERIE	16
3.4 CAS DE LA FALAISE DE LA PARCELLE 14.....	18
4. Diagnostic	21
5. Recommandations	21

Table des illustrations

Illustration 1 : Carte de localisation de Graufthal – IGN Scan25	8
Illustration 2 : Extrait cadastral du hameau de Graufthal – source cadastre.gouv.fr, modifié	8
Illustration 3 : Extrait de la carte géologique de Bouxwiller	9
Illustration 4 : Vue des troglodytes de Graufthal – photo par Eric S. Panoramio.com, modifiée	10
Illustration 5 : Extrémité ouest des troglodytes, la maison Wagner (M.W.) à gauche surplombant le bâtiment communal	11
Illustration 6 : Vue de la falaise inférieure et du bloc tombé en septembre 2011	14
Illustration 7 : Détail d'une fracture dont les vides sont remplis de sable et de fragments de grès	15
Illustration 8 : Vue des diaclases ouvertes au niveau du chemin de visite	15
Illustration 9 : Vue des écailles de la falaise inférieure ouest – depuis la billetterie	15
Illustration 10 : Vue des écailles de la falaise inférieure ouest – depuis le parking du bâtiment	16
Illustration 11 : Bloc basculé aux abords de la billetterie	17
Illustration 12 : Pile de blocs instables dans le jardin de la parcelle 14	18
Illustration 13 : Vue détaillée de l'empilement de blocs dans la parcelle 14	19

1. Contexte

Le BRGM – Service géologique Alsace - a été missionné par le SIRACEDPC de la Préfecture du Bas-Rhin dans le cadre de ses missions de Service public et sur financement de la ligne de dotation de l'Etat dédiée aux appuis aux administrations. La demande d'intervention du BRGM date du 20 février 2012.

La mission visait à intervenir à Eschbourg-Graufthal pour fournir un avis et des recommandations suite à une chute de blocs survenue en septembre 2011 au pied des maisons troglodytes de Graufthal, site touristique classé dans le Parc Naturel Régional des Vosges du Nord.

2. Situation du site

LOCALISATION

La commune d'Eschbourg et son hameau de Graufthal sont situés dans le nord-ouest du département du Bas-Rhin. Le lieu de l'intervention est situé dans le hameau de Graufthal, dans une vallée encaissée et étroite (~100m) bordée de falaises d'une quarantaine de mètres de haut (Illustration 1).

Le pan de falaise étudié est au nord de la rivière "Zinsel du Sud" et plus précisément au pied des maisons troglodytiques, notamment la maison Wagner à l'extrémité ouest (parcelle 4 – Illustration 2), à l'arrière du bâtiment sis au n°26 de la rue Principale (parcelle 8 – Illustration 2).

D'après la carte géologique au 1/50 000 du secteur, la falaise de Graufthal est composée dans sa partie haute du Conglomérat principal, un grès cimenté à passées conglomératiques nombreuses et du Grès vosgien dans sa partie basse, un grès rose cimenté à passées argileuses (Illustration 3).

Avis sur un pan de falaise à Grauffthal

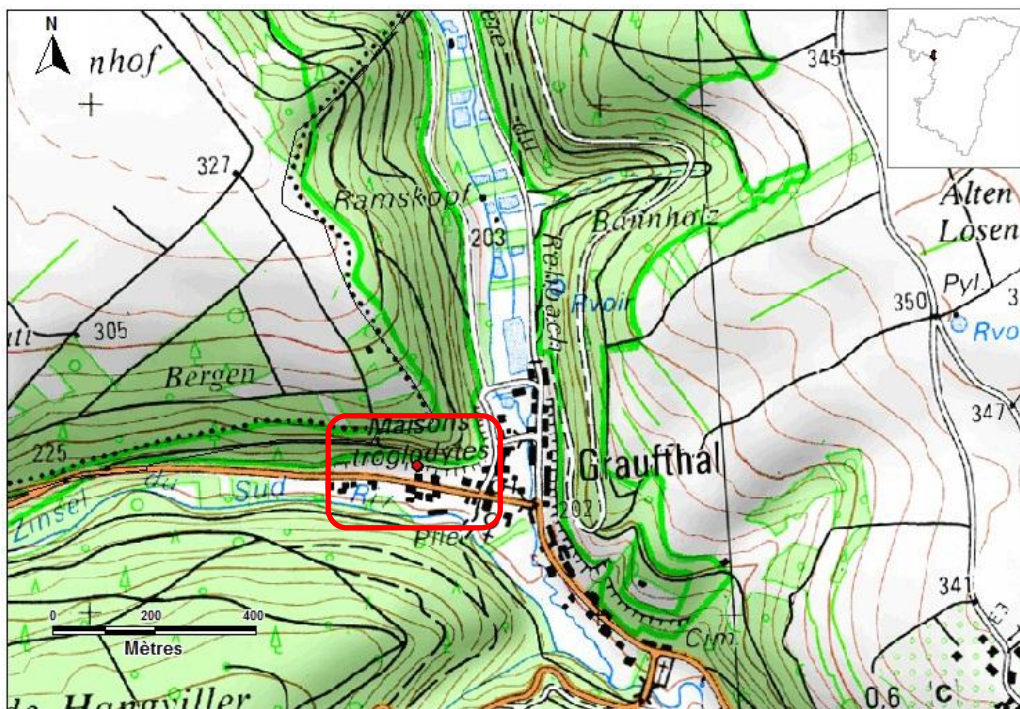


Illustration 1 : Carte de localisation de Grauffthal – IGN Scan25

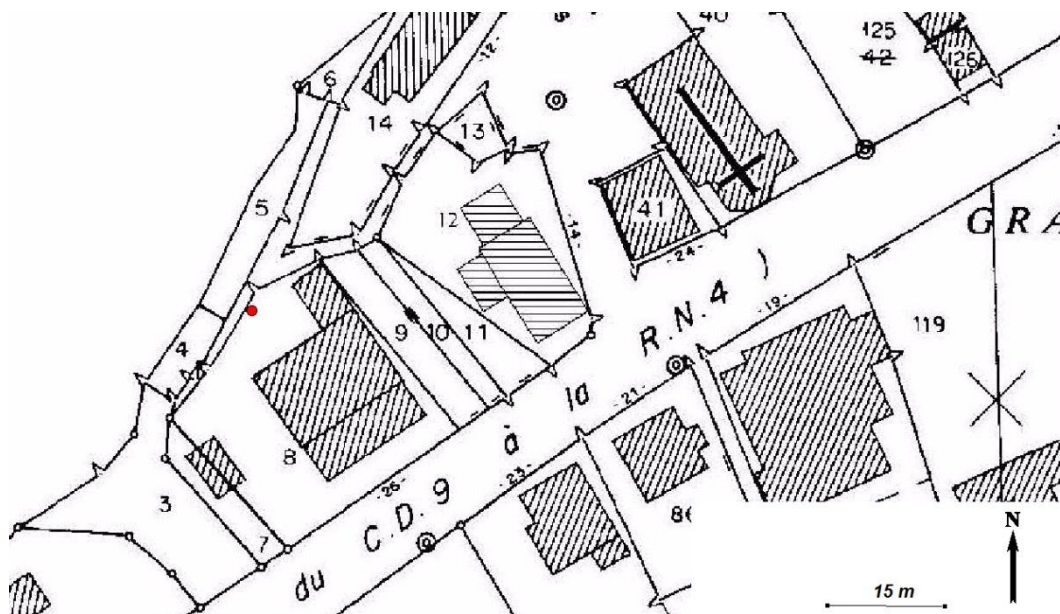


Illustration 2 : Extrait cadastral du hameau de Grauffthal – source cadastre.gouv.fr, modifié

Avis sur un pan de falaise à Graufthal

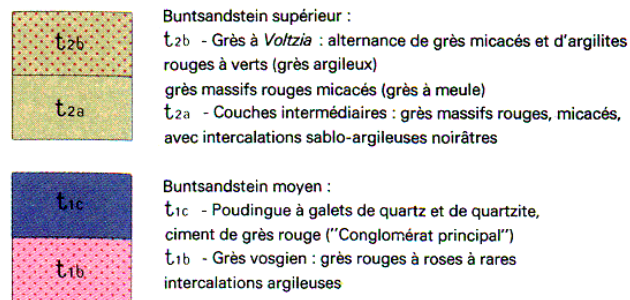
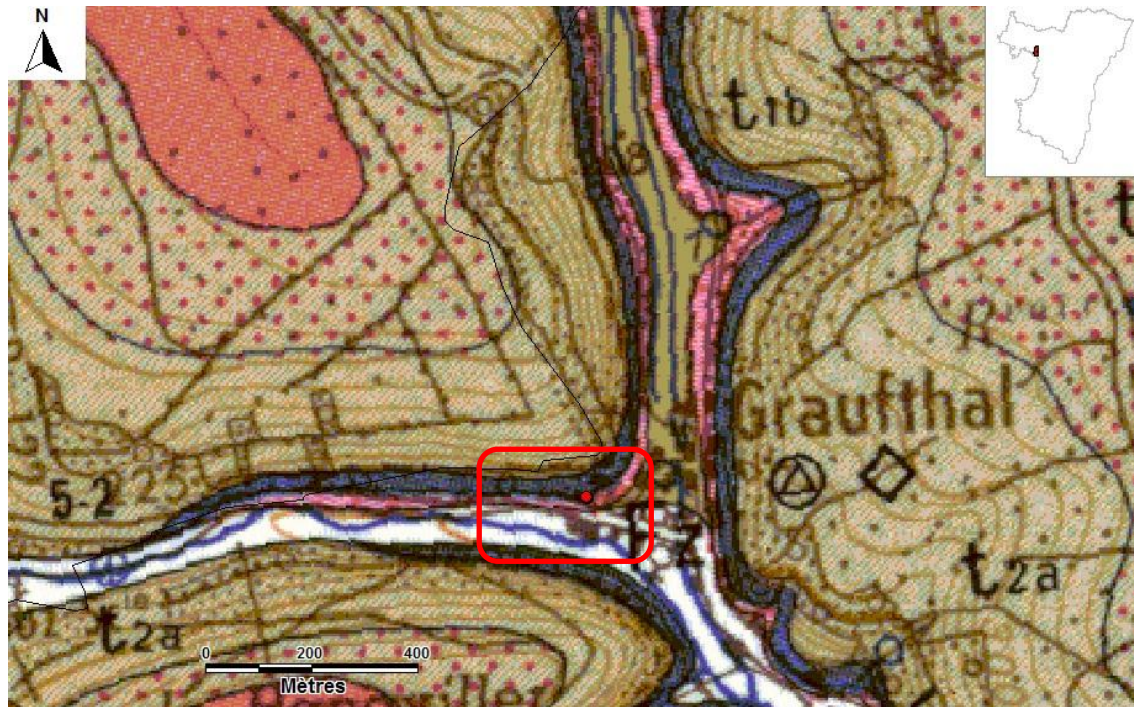


Illustration 3 : Extrait de la carte géologique de Bouxwiller

DESCRIPTION DU SITE



Illustration 4 : Vue des troglodytes de Graufthal – photo par Eric S. Panoramio.com, modifiée

Les troglodytes ont été construits dans une partie sous-cavée de la falaise, en partie sommitale de ce que nous appellerons ici la falaise inférieure (annotée 1 et 2 sur la photo précédente), haute de 3 à 4 m (Illustration 4). Au-devant de ces habitations un chemin de visite (tracé en orange sur la photo précédente) permet d'accéder aux maisons et d'observer le toit de la falaise inférieure.

En avant de la falaise inférieure se trouve le n°26 de la rue Principale, les deux étant séparés par une bande de terrain large de 5 à 8 m (Illustration 2 et Illustration 5).

La chute de blocs de septembre 2011 a eu lieu au niveau de la falaise inférieure à son extrémité ouest, sous la maison Wagner (M.W.) et indiquée par le point 1 (Illustration 4 Illustration 5) et par un point rouge sur l'extrait cadastral (Illustration 2).



Illustration 5 : Extrémité ouest des troglodytes, la maison Wagner (M.W.) à gauche surplombant le bâtiment communal

3. Faits constatés

La visite de terrain a eu lieu le 24 février 2012 et s'est déroulée successivement en compagnie de Monsieur Oster - Maire d'Eschbourg-, Monsieur Burckhart - Président de l'A.M.V.S¹ -, puis de Monsieur Demoulin, chargé de mission au Parc Naturel Régional des Vosges du Nord.

3.1 TRACES DE LA CHUTE DE BLOCS DE SEPTEMBRE 2011

Les blocs tombés en septembre 2011 étaient encore présents lors de l'intervention du BRGM. Le mouvement s'est produit à la base de la falaise inférieure (ou escarpement), à l'arrière du n°26 de la rue Principale sans l'atteindre ni causer de désordres. Les blocs ont chuté d'une hauteur de l'ordre 1 m et le volume déstabilisé représente un peu moins de 1 m³. Compte tenu de la faible hauteur de chute, les blocs tombés ne se sont que peu étalés.

L'escarpement est haut de 3,5 m et sa partie supérieure est coiffée par le chemin d'accès au troglodyte emprunté par les visiteurs.

3.2 ETAT DE LA FALAISE INFÉRIEURE A L'OUEST DE L'ESCALIER

Les grès qui constituent la falaise inférieure présente des discontinuités stratigraphiques subhorizontales acquises lors de leur dépôts il y a ~240 Ma. Les 3/4 supérieurs sont massifs grâce à une cimentation forte ; ils reposent sur un niveau très tendre limono-argileux et peu à pas cimenté. Ce dernier est nettement sous-cavé du fait de son caractère friable et, certainement gélif (Illustration 6).

D'après le témoignage de Monsieur Burckhart, le pied de la falaise était, avant l'aménagement ou la remise en état de la bande de terre située à l'arrière du n°26 rue Principale, recouvert d'éboulis.

La falaise inférieure est traversée de haut en bas par un réseau dense de fissures et diaclases, la plupart ouvertes et remplies de sables issues de l'érosion du grès. Une de ces fissures, large d'une vingtaine de centimètres a fait l'objet d'un traitement par le passé (date inconnue). Le traitement a consisté en la mise en place de moellons maçonnés (noté Ma sur Illustration 6). La nature du remplissage entre les blocs à l'arrière de cette maçonnerie – s'il existe - n'est pas connue.

Ces diaclases sont, sous la Maison Wagner, sub-verticales et orientées de façon subparallèle à la falaise ; elles y sont également plus nombreuses, espacées de 50 cm à 1 m (Illustration 6 et Illustration 9). Nous avons constaté quelques diaclases subperpendiculaires à celles-ci mais elles sont bien moins fréquentes (Illustration 10). Ces diaclases découpent la partie massive en écailles dont le volume est estimé entre 4 et 6 m³ pour les plus importantes.

Plus vers l'Est, la falaise change d'orientation alors que ces diaclases et fractures conservent la leur, et apparaissent moins nombreuses.

¹ A.M.V.S : Association de mise en valeur du site

Avis sur un pan de falaise à Graufthal

Au niveau du chemin, ces fissures apparaissent nettement ouvertes, remplies mais en dépression, ce qui leur confère le rôle de fil d'eau et de drains en cas de pluie (Illustration 7 et Illustration 8). Cela indique que les écailles sont partiellement désolidarisées du massif gréseux.

A l'extrémité ouest, l'assise du chemin a déjà été emportée lors d'une chute de blocs précédente, comme en témoigne l'installation d'un plancher sur profil en acier à un endroit où la roche n'est pas teinte par les mousses et lichens (Illustration 10).

Sur l'illustration suivante (Illustration 6) l'écaille la plus à gauche est volumineuse et de plus découpée par une diaclase oblique délimitant un nez de bloc estimé à 3 m³ et qui se trouve en porte-à-faux. Au-devant de ce bloc, la distance avec la façade arrière du bâtiment est la plus étroite.



Illustration 6 : Vue de la falaise inférieure et des blocs tombés en septembre 2011



Illustration 7 : Détail d'une fracture dont les vides sont remplis de sable et de fragments de grès

Illustration 8 : Vue des diaclases ouvertes au niveau du chemin de visite



Illustration 9 : Vue des écailles de la falaise inférieure ouest – depuis la billetterie

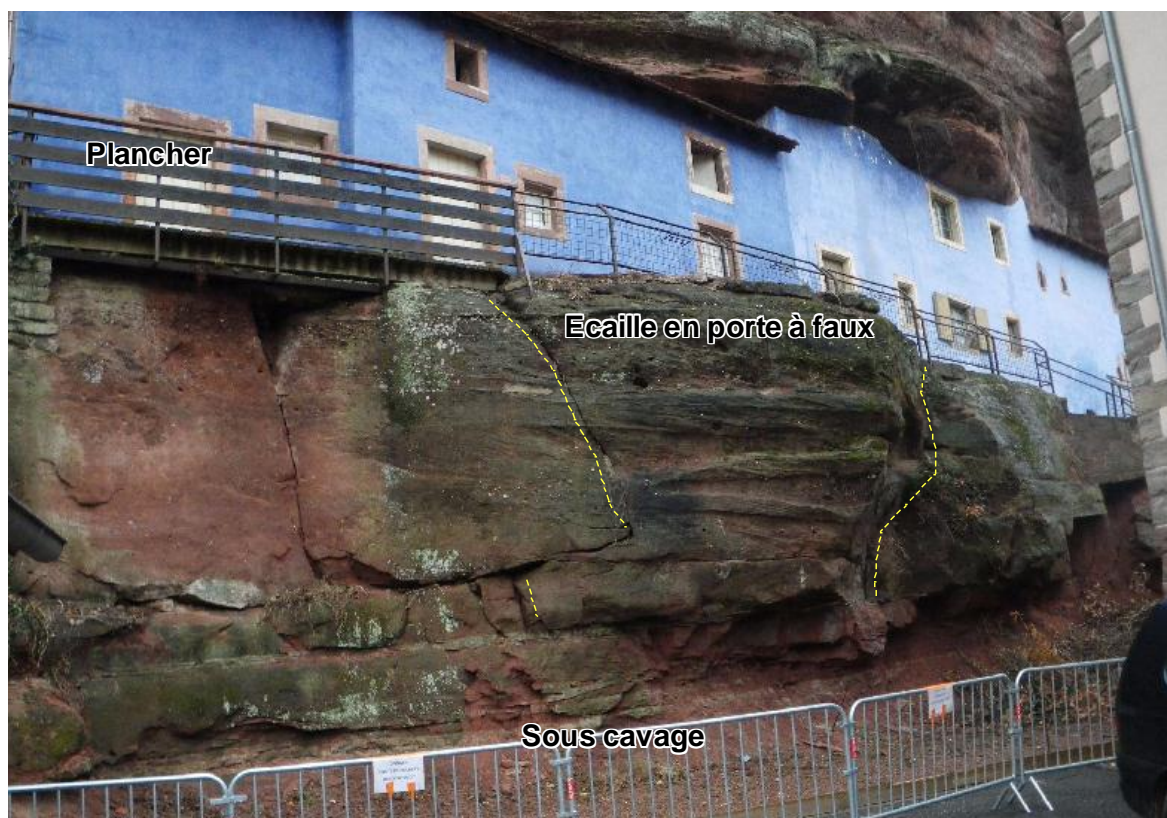


Illustration 10 : Vue des écailles de la falaise inférieure ouest – depuis le parking du bâtiment

3.3 CAS DE LA FALAISE JOUXTANT LA BILLETTERIE

La billetterie de la Maison du Rocher est une petite cabane installée sur un toit-terrasse dans le coin nord-est du n°26 rue Principale. L'escalier menant au chemin de visite passe par cette terrasse. Entre cette construction et la falaise, l'espace était initialement d'1 mètre à 1,5 m.

Pour maintenir un bloc décollé de la falaise et pour construire l'escalier menant au chemin de visite, un enrochement en grès des Vosges a été mis en place au début des années 2000 (Illustration 11). D'après les dires des personnes rencontrées ce bloc leur semble avoir bougé.

Sans que l'on puisse confirmer ou non des mouvements récents de ce bloc, qui mesure près de 3 m³, nous avons constaté qu'il est détaché et légèrement basculé de la falaise inférieure. La fracture ouverte à l'arrière est large de 30 à 40 cm et entièrement remplie de sable et petits blocs de grès. Dans la partie haute, un muret a été monté pour reconstituer une partie de l'escalier. Ce bloc d'une section carrée de ~1,3 m de côté, se prolonge sur au moins 2 m sous l'escalier et bute sur l'enrochement. Il repose également sur des grès tendres qui sont très érodés (Illustration 11). Ce sous-cavage génère là encore un porte à faux sur l'un de ses nez (côté gauche) et des surfaces de décollement horizontales s'initient sur les joints stratigraphiques ce qui favorisera à terme sa chute. Le volume de ce nez est évalué à 0,5 m³.



Illustration 11 : Bloc basculé aux abords de la billetterie

3.4 CAS DE LA FALAISE DE LA PARCELLE 14

Afin de comparer l'état général de la falaise inférieure dans sa partie orientale (à l'Est de l'escalier et de la billetterie) il nous a fallu pénétrer dans le jardin de la parcelle 14, les haies la bordant empêchant toute observation (Illustration 2). Le propriétaire étant à l'étranger nous n'avons pu le joindre ou attendre son autorisation.

La falaise inférieure orientée SW-NE est traversée par une série de diaclases mais leur orientation n'est pas subparallèle à celle de la falaise ; ce qui évite le découpage en écailles comme décrit à l'Ouest. De plus, le sol du jardin remonte nettement au-dessus des grès tendres ce qui permet de les protéger de l'érosion.

Nous avons toutefois noté une pile de blocs de grès, reste d'une ancienne écaille. Cette pile haute de 3 m et large de 60 cm est clairement instable (Illustration 12). Elle se compose de 3 blocs superposés, le plus imposant (haut de 2 m) s'appuie sur un plus petit (0,5 m) qui est manifestement basculé (Illustration 13).

Le chemin de visite passe en amont mais suffisamment en retrait.

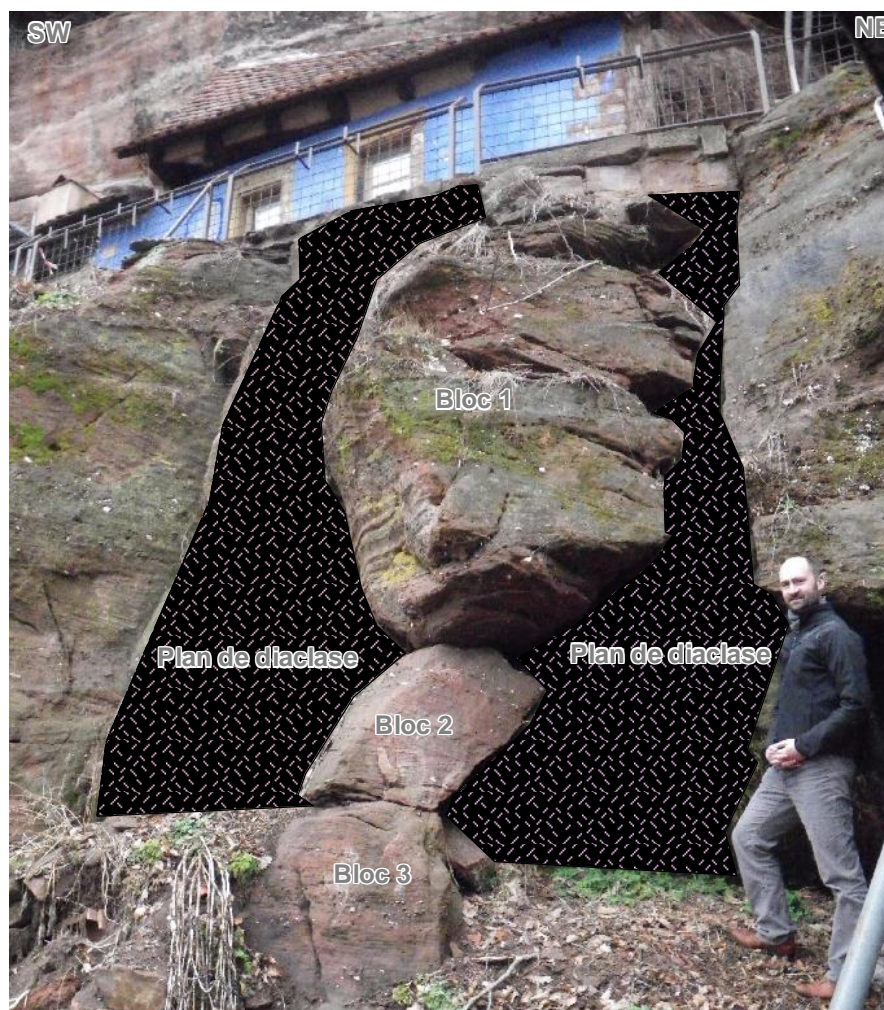


Illustration 12 : Pile de blocs instables dans le jardin de la parcelle 14



Illustration 13 : Vue détaillée de l'empilement de blocs dans la parcelle 14

4. Diagnostic

La chute de blocs survenue en septembre 2011 peut être qualifiée de mineure mais elle traduit un processus bien identifié de dégradation de la falaise inférieure qui, faute de traitement, présente un risque pour les biens et les personnes.

Les chutes de blocs qui se sont produites et qui pourraient se reproduire au niveau de la falaise inférieure sont conditionnées par la conjonction des facteurs suivants :

1. A la base de la falaise inférieure, le grès est tendre, non cimenté, friable, gélif et facilement érodable. Ces grès tendres, autrefois protégés par un talus de colluvions, sont désormais à l'air libre et donc soumis aux intempéries et aux variations de températures, ce qui conduit à leur érosion et au sous cavage des bancs de grès massifs ;
2. Le sous cavage du soubassement génère des porte-à-faux dans la partie massive ;
3. le massif est lardé de diaclases subverticales. Lorsqu'elles sont parallèles à la falaise elles ont tendance à s'écarter par appel au vide et forment des écailles désolidarisées du massif ;
4. les diaclases ouvertes drainent les eaux de ruissellement et se remplissent de matériaux. Lors d'évènement pluvieux, elles sont mises en charge hydraulique ce qui crée des poussées entre les écailles mais aussi en arrière de ces dernières contribuant ainsi à leur déstabilisation ; par ailleurs, les gradients hydrauliques générés augmentent l'érosion des niveaux tendres du soubassement

La pile de blocs décrite dans le jardin de la parcelle 14 est clairement instable.

Le bloc basculé décrit à proximité de la billetterie s'appuie sur l'enrochement et est encastré à l'est dans le massif gréseux. Sa déstabilisation ne se produira pas dans un délai rapproché et sera précédée du décrochement de son nez, côté ouest, compte tenu de son porte à faux et de son décollement le long d'un plan stratigraphique.

5. Recommandations

A l'ouest de l'escalier, les porte à faux sont nombreux et l'on peut s'attendre à des chutes de petits blocs (<1 m³) tels que survenus en septembre 2011. Aucune instabilité imminente menaçant le chemin de visite n'a été constatée à l'Ouest de la falaise inférieure mais la chute de blocs plus importants ne peut être exclue en cas d'évènements pluvieux intenses par exemple. En effet les conditions sont favorables à leur survenance, avec pour conséquences d'emporter une partie du chemin de visite et le cas échéant d'impacter le n° 26 de la rue Principale. De fait, la réalisation de travaux est recommandée.

Dans l'immédiat, il est préconisé :

1/ de colmater les fissures ouvertes au niveau du chemin à l'aide d'un mortier peu perméable afin d'interdire toute infiltration dans les fissures. Le rebouchage en surface doit être soigné pour évacuer les eaux de ruissellement sans points bas ni contre pente.

2/ de reprendre le soubassement (grès tendre) de la falaise pour reconstituer la partie sous-cavée et le protéger de l'érosion (massif en béton, béton projeté sur treillis soudé,...) tout en veillant au bon drainage des eaux pour éviter la mise en charge hydraulique en arrière (barbacanes, drains, massif drainant...).

Le site étant classé, il va de soi que les produits utilisés doivent respecter l'aspect du site, ce qui conduira à teinter – avec les charges minérales ad hoc - les matériaux mis en œuvre (mortier, béton) pour répondre aux exigences patrimoniales.

A plus long terme, afin de garantir la pérennité du site, les écaïlles observées à l'ouest ne pourront rester en l'état et des solutions de confortement doivent être envisagées (ancrages passifs). Ces solutions nécessitent au préalable des études géotechniques de dimensionnement. La solution ancrages et béton projeté peut être, dans ce cas plus contraignant d'un point de vue esthétique pour conserver l'aspect de l'escarpement rocheux.

Une alternative esthétique serait un mur appareillé en blocs de grès des Vosges ; l'ouvrage masquera les têtes des ancrages et le voile de béton projeté. Il devra faire l'objet d'un dimensionnement adapté (étude géotechnique), outre les fonctions de parement esthétique il devra remplir un rôle de protection contre les agents météoriques ; là encore seront soignés le drainage arrière et la jonction sommitale avec l'affleurement rocheux pour éviter les infiltrations.

En attendant la réalisation des travaux, nous recommandons que des fissuromètres (jauges plastiques) et des témoins (plots en ciment sans retrait, plaquettes en verre) soient mis en place sur les diaclases ouvertes pour suivre leurs éventuels mouvements d'ouverture ou de fermeture. Ce dispositif d'observation impose des relevés réguliers et la transmission des mesures à des spécialistes.

Dans le jardin de la parcelle 14, il est recommandé de traiter la pile de blocs en équilibre très instable. Il peut être envisagé de la démanteler en totalité, en veillant à contenir la chute du bloc 1. Suivant les contraintes de place disponible en pied ainsi que les possibilités techniques, économiques et patrimoniales, il peut également être envisagé de la stabiliser, notamment en créant un contrefort en béton – englobant les blocs inférieurs 2 et 3 - sur lequel reposera le bloc 1 ; dans cette option,, ce dernier sera ancré (boulons) pour éviter toute possibilité de basculement latéral.



Centre scientifique et technique 3, avenue Claude-Guillemin BP 36009 45060 Orléans Cedex 2 - France Tel. 02 38 64 34 34	Service Géologique Régional Alsace 15, rue du Tanin BP 70177 – Lingolsheim 67834 Tanneries Cedex - France Tél. : 03 88 77 48 90
---	---