

CETE de l'Est

Laboratoire
Régional des Ponts
et Chaussées de
Nancy



Réseau
Scientifique et
Technique

Commune de Pierre-Percée

Étude relative aux phénomènes d'éboulements rocheux

Dossier 2009-65-132

Décembre 2010

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

Présent
pour
l'avenir



Centre d'Études techniques de l'Équipement de l'Est
Direction Départementale des Territoires de M^{the} et M^{elle}

Références de la commande

Nom de l'organisme financier : Direction Départementale des Territoires de Meurthe-et-Moselle
Nom des correspondants : Mickaël VILLEMEN
Adresse : Direction Départementale des Territoires de Meurthe-et-Moselle Place des Ducs de Bar Case Officielle n°60025 54035 NANCY Cedex
Référence de la commande :: C10VI122

Références du dossier

Numéro du dossier (référence à rappeler) : 2009-D65-132
Numéro de référence du service documentation :

Historique des versions du document

Version	Auteur	Commentaires
1	J.B. NICAISE	<i>pour relecture par Hubert PARENT</i>
2	H.PARENT	<i>rapport provisoire transmis à M.VILLEMEN pour corrections</i>
3	H.PARENT	<i>validation du rapport final</i>

Affaire suivie par

Hubert PARENT - Groupe Soléo
Tél. 03 83 18 41 43 / fax 03 83 18 41 00
Mél. hubert.parent@developpement.durable.gouv.fr

Référence Intranet

http://

Sommaire

1. Contexte de l'étude.....	4
1.1. Objectifs de l'étude.....	4
1.2. Contexte géographique et géomorphologique	5
1.3. Cadre géologique.....	6
2. Analyse de l'aléa d'écroulement / rupture.....	6
2.1. Les photographies aériennes.....	6
2.2. La phase terrain et les fiches de qualification de l'aléa.....	7
2.3. La carte des aléas de rupture.....	7
2.4. Qualification de l'aléa d'écroulement.....	8
3. Fiches de qualification de l'aléa.....	9
4. Analyse de la propagation.....	58
4.1. Les études trajectographiques.....	58
4.2. La carte des zones de propagations potentielles des blocs (aléas de propagation).....	58

1. Contexte de l'étude

1.1. Objectifs de l'étude

En 2008, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières a réalisé une carte de phénoménologie de l'aléa "chutes de blocs" au 1/50000 sur le département de la Meurthe-et-Moselle. Cette cartographie recense les falaises et les affleurements rocheux du département. Elle prend en compte une évaluation de la propagation et aboutit à un zonage au 1/50000 de l'aléa "chutes de blocs". Pour chaque secteur où l'aléa a été recensé, un niveau d'aléa a été attribué parmi quatre niveaux d'aléa : fort, moyen, faible et présumé nul.

La Direction Départementale des Territoires a fait appel au Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Nancy pour affiner ce zonage départemental au niveau d'un secteur à enjeux situé sur la commune de Pierre-Percée. L'objectif de cette étude est d'une part de préciser géographiquement la localisation, les niveaux d'aléa et les délais d'occurrence estimés des zones rocheuses potentiellement instables. D'autre part, l'étude devra préciser les limites de propagation des éboulements susceptibles de survenir dans le siècle à venir.

Pour atteindre cet objectif, le Laboratoire a dans un premier temps procédé à un inventaire exhaustif des instabilités rocheuses potentielles sur le secteur considéré. Chaque instabilité relevée a été mesurée et s'est vue attribuer un niveau d'aléa d'éboulement en terme de probabilité / délai. Cet inventaire a été réalisé par un géologue, courant le 1^{er} semestre 2010. Il a été effectué en l'état actuel de la falaise, avec un couvert végétal parfois dense (lierre entre autres) qui a pu occulter des instabilités ou des indices d'instabilités.

Les observations de terrain ont été reportées sur une série de planches présentées ci-après. Des plans et des photographies permettent de localiser les instabilités potentielles recensées.

Dans un deuxième temps, le Laboratoire a étudié les possibilités de propagation de ces éléments rocheux au moyen du logiciel Propag version 3.0 conçu par le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Lyon. Le fond topographique au 1/1000 utilisé pour ces essais trajectographiques a été réalisé en avril 2010 par le cabinet de géomètres GUELLE & FUCHS.

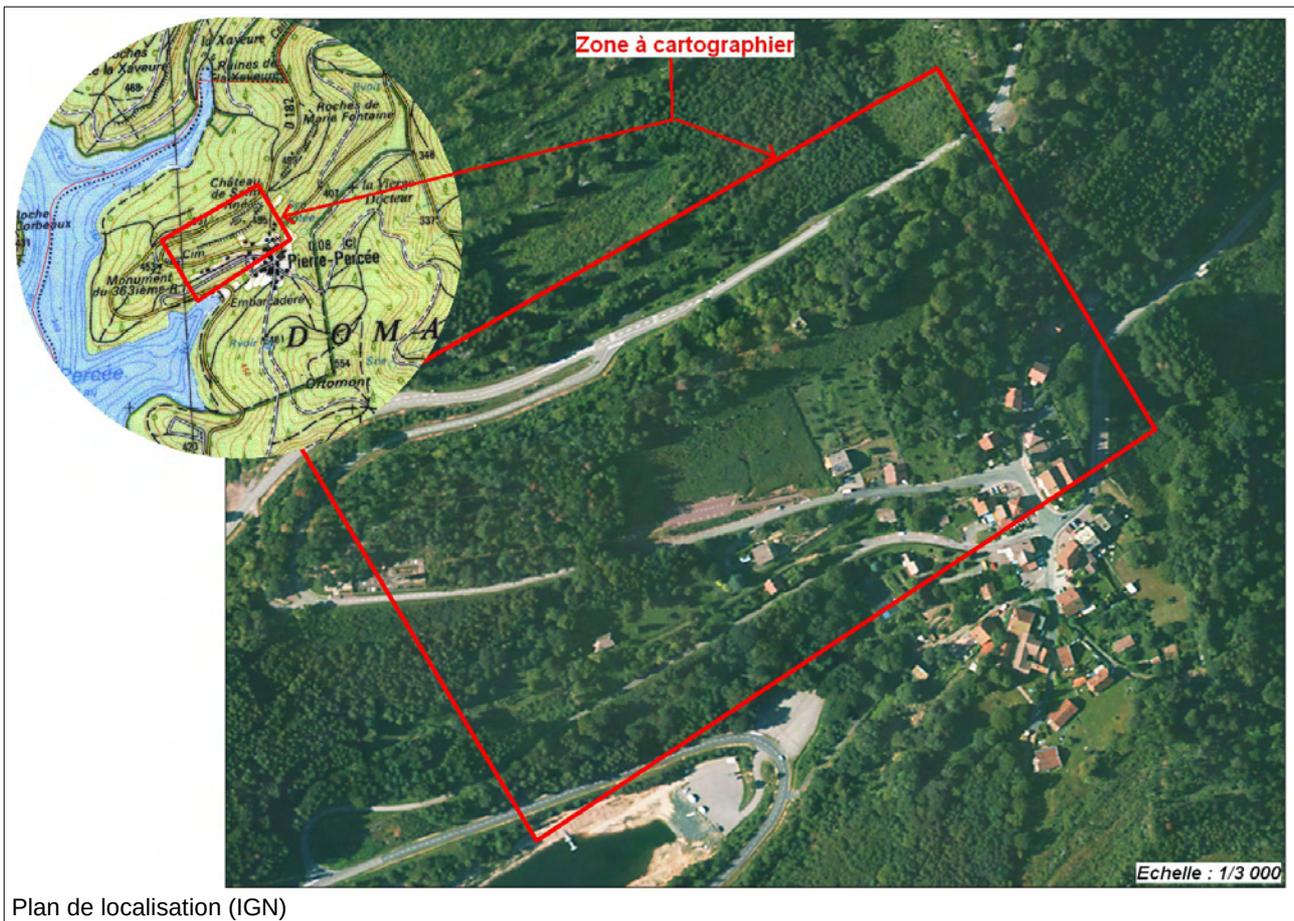
Les niveaux d'aléa d'éboulement (aléa de départ) des éléments rocheux repérés ainsi que leur limite probable de propagation estimée sur la base de l'étude trajectographique ont été transcrits sur ce support cartographique.

1.2. Contexte géographique et géomorphologique

La zone d'étude se situe à l'amont du village de Pierre-Percée.

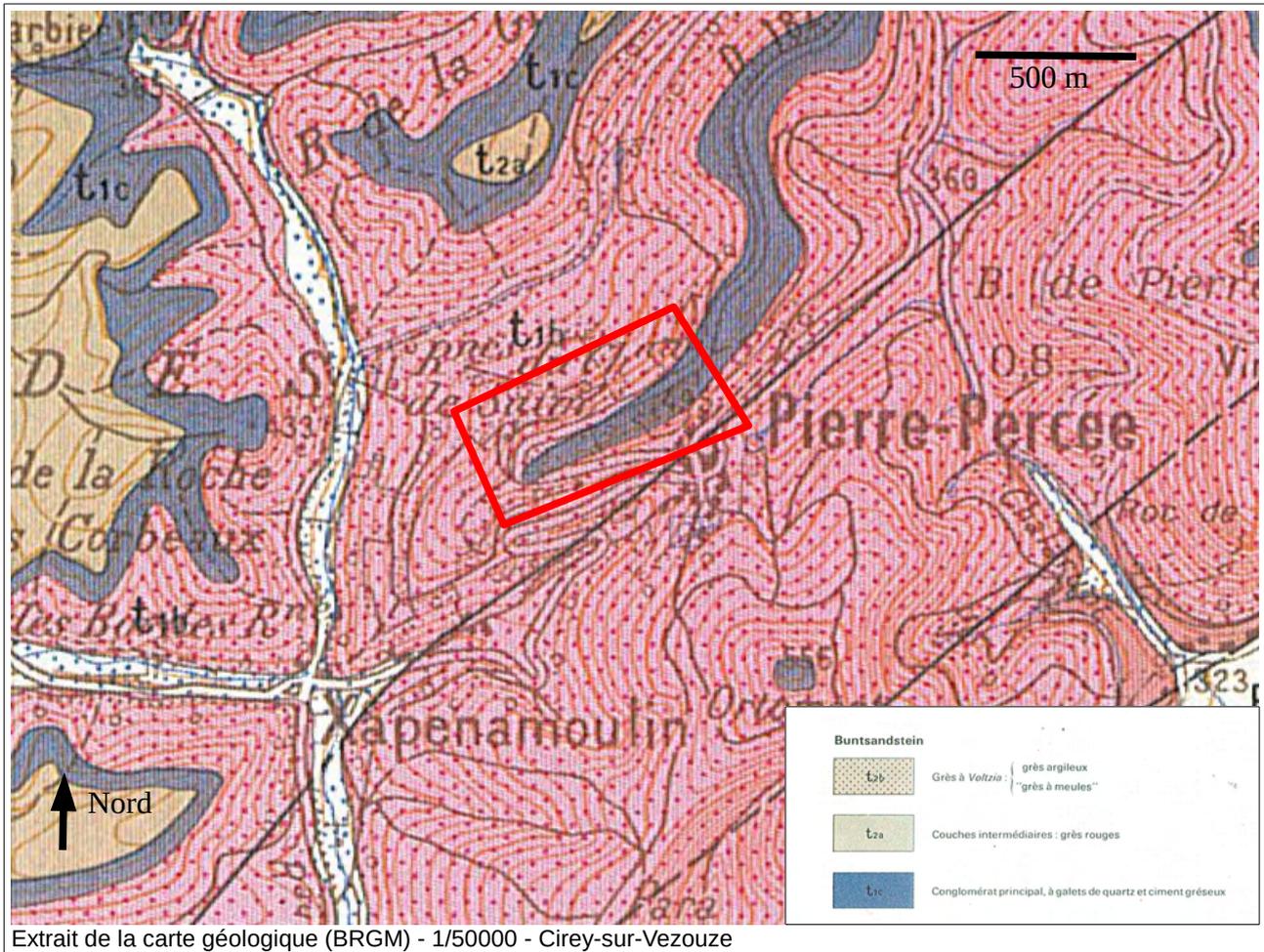
La commune de Pierre-Percée a une population d'environ 80 habitants. Son site remarquable, entre le rocher du château et le lac, lui confère une importante activité touristique.

Le village occupe, sur sa moitié ouest, la partie inférieure d'un versant orienté sud-sud-est. Ce versant a un dénivelé maximal de 100 m entre les côtes +400 et +500. Il est dominé par une crête rocheuse longue de 600 m sur un axe sud-sud-ouest / nord-nord-est. Dans l'ensemble, elle n'excède pas quelques mètres de hauteur exception faite de son extrémité est qui comporte un éperon rocheux de 130 m de longueur et d'une vingtaine de mètres de hauteur. C'est sur cet éperon qu'a été bâti le château de Salm.



1.3. Cadre géologique

Du point de vue géologique, les barres rocheuses sont taillées dans des conglomérats du Buntsandstein (Trias) constitués de galets de quartz enrobés dans une matrice gréseuse. Le versant est constitué d'un sol sableux issu du démantèlement des grès rouges sous-jacents.



Les mesures des discontinuités principales relevées en notation AFTES sont les suivantes :

S0 = plan stratigraphique subhorizontal

D1 = N 100 à 120°, 75 à 90°

D2 = N 10 à 20°, 90°

2. Analyse de l'aléa d'écroulement / rupture

2.1. Les photographies aériennes

Les photographies aériennes, ainsi qu'un plan au 1/1000 de la zone, obtenu par restitution photogramétrique, ont été fournis par l'entreprise GUELLE & FUCHS en avril et mai 2010.

Dans un premier temps, la confrontation du plan aux photographies aériennes a permis de localiser les affleurements rocheux, sources potentielles de chutes de blocs. La délimitation de ces zones a été repor

tée de manière plus précise sur la carte des aléas de rupture.

Dans un deuxième temps, les affleurements rocheux ont été examinés un par un du point de vue de leur morphologie et de leur fracturation. Le résultat de cet examen a été consigné sur la carte des observations.

2.2. La phase terrain et les fiches de qualification de l'aléa

Les fiches synthétisent les investigations qui ont été menées par un géologue sur les affleurements rocheux et le versant au cours du 1^{er} semestre 2010.

Les instabilités potentielles ont été localisées et répertoriées. Elles font l'objet de fiches de qualification. Une définition de la qualification de l'aléa d'écroulement est présentée en annexe.

Les fiches de qualification listent, pour chaque instabilité potentielle, les facteurs qui permettent de qualifier l'aléa d'éboulement en terme de probabilité / délai. Sont ainsi décrits, l'instabilité elle-même, les paramètres de fracturation à l'origine de l'instabilité, les facteurs aggravants, les processus d'évolution et les mécanismes de rupture.

Deux rubriques complémentaires concernent la propagation des masses rocheuses dans le versant ainsi que les types de parades éventuelles envisageables.

Les fiches ont été regroupées par éléments de versant étudié. Quelques vues générales permettent de localiser ces instabilités potentielles.

2.3. La carte des aléas de rupture

Les différents affleurements présentant des instabilités potentielles sont reportés sur cette carte des aléas de rupture (ou d'éboulement).

Pour chaque secteur de la zone d'étude, il a été attribué une couleur identifiant le niveau de probabilité d'occurrence d'éboulement.

- ◆ rouge pour un aléa d'occurrence élevé
- ◆ orange pour un aléa d'occurrence moyen
- ◆ vert pour un aléa d'occurrence faible ou très faible

Une étiquette, indiquant le volume de l'instabilité qui pourrait s'ébouler et le délai par rapport auquel a été défini le niveau de probabilité de cet éboulement, complète la description du secteur en question.

2.4. Qualification de l'aléa d'éroulement

Le mot "aléa" vient du latin *alea* "coup de dé". Ce mot, qui qualifie un événement imprévisible, est synonyme de "hasard". La nature, la probabilité de manifestation et l'échéance d'occurrence de l'aléa peuvent, malgré tout, être qualifiées lorsqu'il s'agit de la chute de masses rocheuses. La qualification de l'aléa fait intervenir deux composantes :

- la **classe d'instabilité** ;
- la **"probabilité/délai"**.

1. Classes d'instabilités	2. "Probabilité/délai"
<p>On définit par classe un type d'instabilité caractérisé par le volume des matériaux mis en jeu lors de la phase d'éroulement et le volume unitaire des blocs produits. Les classes sont définies conformément à la grille suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les chutes de pierres (cp) concernent des volumes unitaires inférieurs à 1 décimètre cube ; - les chutes de blocs (cb) concernent des éléments isolés d'un volume variant de quelques fractions de mètre cube à plusieurs mètres cubes. Dans le cas de formations massives, on peut avoir affaire à des blocs dépassant la centaine de mètres cubes ; - les éboulements en masse limitée (ebl). Le volume total de la masse en cause est inférieur à quelques centaines de mètres cubes ; - les éboulements en grande masse (ebgm) concernent des volumes d'éroulement simultanés supérieurs à 5 000 000 mètres cubes mettant en jeu une dynamique spécifique. 	<p>La "probabilité/délai" se définit comme une variable à deux dimensions indissociables :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'éventualité d'occurrence de chute dans le délai considéré, induite par les facteurs déterminants le phénomène. L'échelle utilisée s'étale entre le très faible et le très élevé (A) ; - Le délai significatif à l'intérieur duquel le praticien estime que le phénomène peut se produire par rapport à une probabilité considérée. La durée des périodes va de l'imminent au long terme (B). La durée des périodes considérées dans l'échelle des délais est définie en tenant compte du rythme d'activité des phénomènes d'évolution naturelle (cycles saisonniers notamment) et des délais caractéristiques des programmes de sécurisation. Le délai à long terme caractérise la dérive maximale pour laquelle l'aléa est qualifiable. <p>Un aléa est classé "non qualifiable" lorsque aucun élément ne permet de le qualifier dans le long terme. Il est considéré comme relevant de phénomènes exceptionnels, d'ordre géologique ou accidentel.</p>

A – L'éventualité (probabilité qualitative) de déclenchement du phénomène, dans le délai considéré, est induite par les facteurs déterminants le déclenchement.

Très élevé (te)	L'intensité de tous les facteurs déterminants identifiés sur le compartiment est forte.	- occurrence du phénomène normale ; - non-occurrence du phénomène exceptionnelle.
Élevé (e)	L'intensité de certains facteurs déterminants identifiés sur le compartiment est forte.	L'occurrence du phénomène est plus envisageable que sa non occurrence.
Modéré (m)	Les facteurs déterminants sont identifiés sur le compartiment, certains facteurs non répertoriés peuvent apparaître dans le temps.	L'occurrence du phénomène est équivalente à sa non occurrence.
Faible (f)	Les facteurs déterminants identifiés sur le compartiment sont diffus, mal circonscrits, mais présentent des analogies avec des zones à aléa modéré.	La non occurrence du phénomène est plus envisageable que son occurrence.
Très faible (tf)	Aucun des facteurs déterminants n'est formellement identifié sur le compartiment.	- occurrence du phénomène exceptionnelle ; - non-occurrence du phénomène normale.

B – Le délai est le terme à l'intérieur duquel le phénomène a une probabilité considérée de se produire.

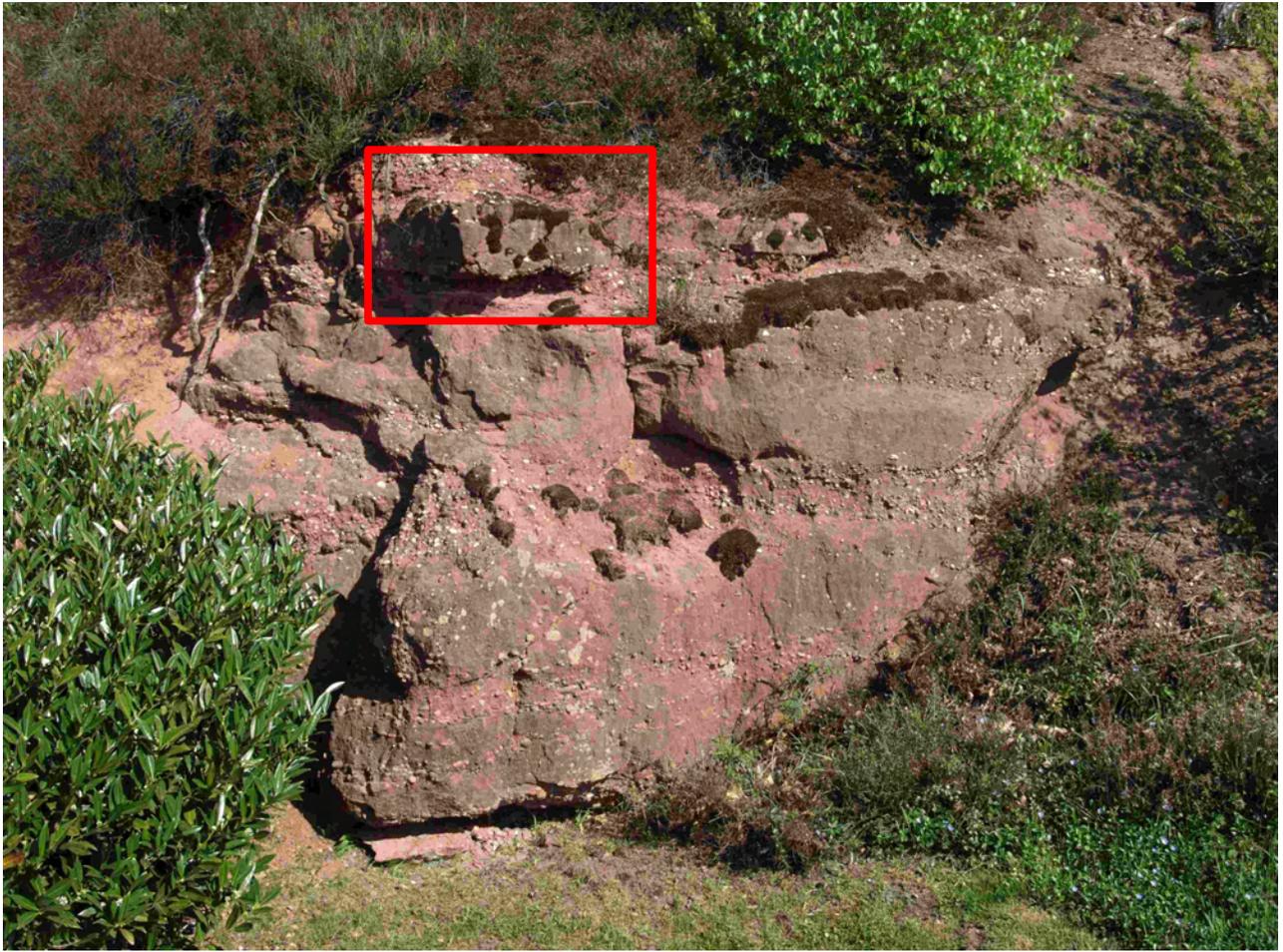
Imminent	I	Le délai est suffisamment court pour imposer des mesures de sécurité immédiate.
Très court terme	tct	De l'ordre de deux ans.
Court terme	ct	De l'ordre de dix/vingt ans.
Moyen terme	mt	De l'ordre de trente/cinquante ans.
Long terme	lt	De l'ordre de cinquante/cent ans.

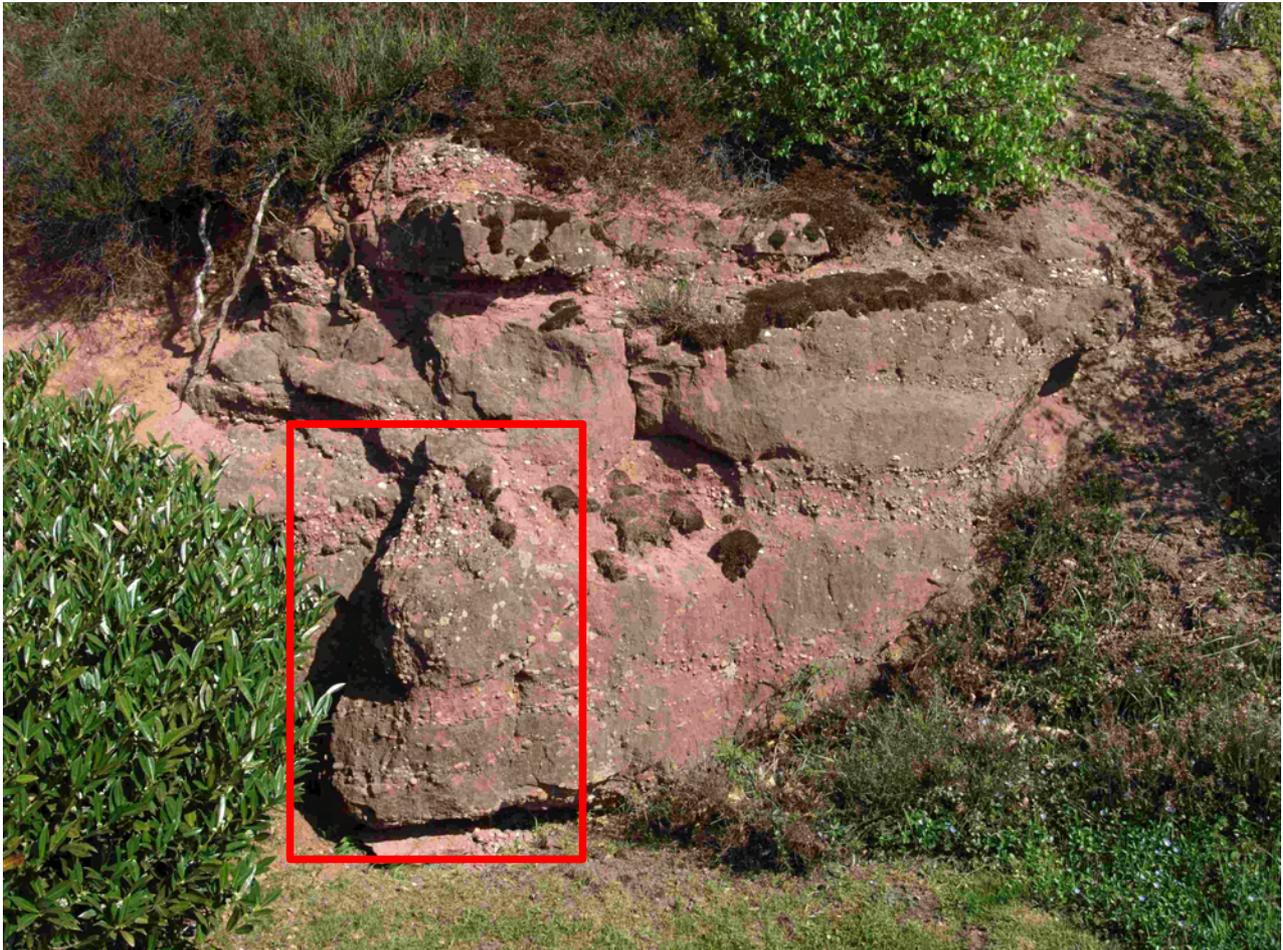
3. Fiches de qualification de l'aléa

Instabilité 1			
Type d'instabilité	Banc en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 1,5 m x 1 m x 0,8 m 1,2 m ³ crête d'une paroi de 3 m
			
<p>Ce banc en surplomb a une hauteur de 1 m et une longueur de 1,5 m. Une fissure parallèle à l'affleurement le découpe à 80 cm sur l'arrière. Le sous cavage à sa base à une profondeur de 0,5 m. Son niveau d'aléa d'éboulement est estimé moyen sur le long terme. En cas d'éboulement, sa propagation ne devrait pas excéder 5 m depuis le pied de la falaise.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Modéré sur le long terme		
Type de parades éventuelles	purge / ancrage		

Instabilité 2			
Type d'instabilité	Banc en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 0,8 m x 0,8 m x 0,3 m 0,2 m ³ crête d'une paroi de 3 m
			
<p>Ce rocher est entièrement sous cavé. Il est découpé par une fissure arrière fermée mais persistante sur tout le pourtour du bloc. Son niveau d'aléa est estimé élevé sur le moyen terme. En cas d'éboulement, sa propagation n'excèdera pas 5 m à partir du pied de la paroi.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le moyen terme		
Type de parades éventuelles	purge / ancrage		

Instabilité 3			
Type d'instabilité	Banc en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 1,8 m x 1,5 m x 0,7 m 1,8 m ³ en pied de paroi
			
<p>Ce banc est sous cavé. Il mesure 1,80 m de longueur pour 1,5 m de hauteur. Il est découpé par une fissure arrière ouverte sur son flanc sud. Son niveau d'aléa est estimé modéré sur le moyen terme. En cas d'éboulement, sa propagation n'excèdera pas non plus 5 m à partir du pied de la paroi.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Modéré sur le moyen terme		
Type de parades éventuelles	purge / ancrage		

Instabilité 4			
Type d'instabilité	Banc en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat - 0,075 m ³ crête d'une paroi de 3 m
			
<p>Ce banc est partiellement sous cavé. Il est découpé par une fissure arrière fermée. Son niveau d'aléa est estimé élevé sur le moyen terme. En cas d'éboulement, sa propagation n'excèdera pas 5 m à partir du pied de la paroi.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Élevé sur le moyen terme	
Type de parades éventuelles		purge	

Instabilité 5			
Type d'instabilité	Colonne en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 1,5 m x 0,6 m x 0,7 m 0,6 m ³ en pied de paroi
			
<p>Cette colonne est entièrement sous cavé. Elle est découpée par une fissure arrière ouverte et par une fissure latérale partiellement ouverte. Les deux fissures sont persistantes sur tout le pourtour du bloc. Un petit décollement de toit (dalle de 10 à 15 dm³) s'est produit très récemment dans le sous cavage de la colonne. Le niveau d'aléa d'éboulement de la colonne est estimé élevé sur le court terme. En cas d'éboulement, sa propagation n'excèdera pas 5 m à partir du pied de la paroi.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Élevé sur le court terme	
Type de parades éventuelles		purge	

Instabilité 6			
Type d'instabilité	Pierres et blocs disséminés	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat - inférieur à 10 dm ³ crête de talus
			
<p>A l'amont du cimetière, le versant est localement affecté par une érosion légère. Cette érosion peut générer des chutes de pierres ou de petits blocs inférieurs à 10 dm³. Ces blocs peuvent rouler dans le versant jusqu'au mur du cimetière. Ce phénomène ne présente aucun risque pour les personnes ou pour les biens.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	sans objet		
Type de parades éventuelles	sans objet		

Instabilité 7			
Type d'instabilité	Banc en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 1 m x 0,3 m x 0,2 m 0,05 m ³ crête de versant
			
<p>A l'amont d'un petit bâtiment présent dans le cimetière se trouve un banc massif sous cavé sur 1 m de profondeur. Le banc est légèrement incliné vers l'aval mais il ne montre aucune fracturation défavorable. Un bloc de 15 dm³ s'est, par contre, récemment détaché du sous cavage et s'est propagé jusque contre le mur du cimetière. Dans le sous cavage, à côté de la cicatrice laissée par l'éboulement, un autre bloc est sur le point de s'ébouler. Il a une longueur de 1 m, une hauteur de 0,3 m et une épaisseur de 0,2 m.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Élevé sur le moyen terme	
Type de parades éventuelles		purge	

Instabilité 8			
Type d'instabilité	2 blocs en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat (0,5 m x 0,4 m x 0,3 m) x2 2 x 0,05 m ³ crête de versant
			
Ces deux rochers sont complètement désolidarisés du massif sur lequel ils reposent en surplomb. En cas d'éboulement, ils devraient se propager jusqu'au mur du cimetière qui pourrait être endommagé.			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le court terme		
Type de parades éventuelles	purge		

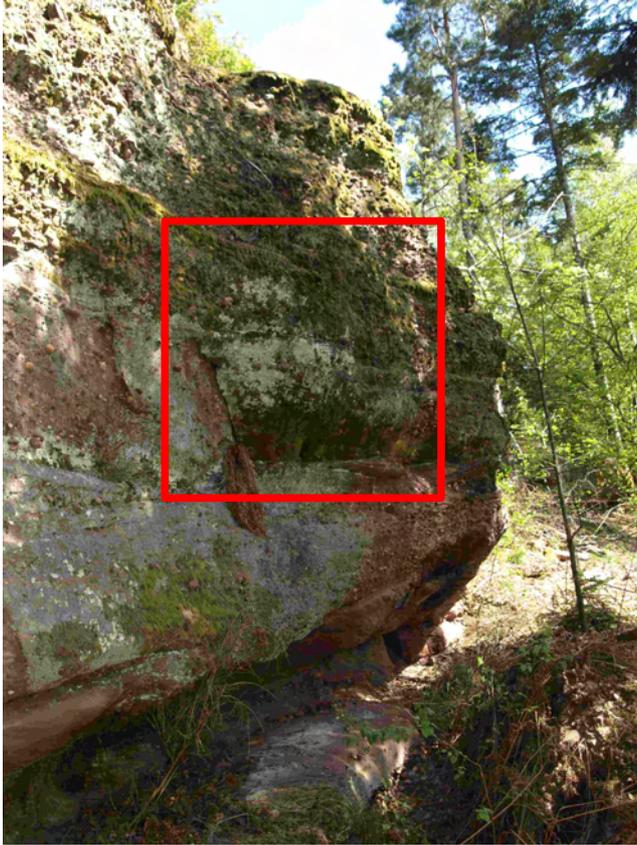
Instabilité 9			
Type d'instabilité		Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	grès 1 m x 1 m x 1 m 1 m ³ mi versant
			
<p>Ce rocher de 1 m³ est sous cavé sur 0,5 m. Une fissure arrière ouverte le découpe du massif. Un arbuste a pris racines dans cette fissure. Le niveau d'aléa d'éboulement du bloc est estimé élevé sur le court ou le moyen terme. En cas de départ, il devrait se propager jusqu'au mur du cimetière qu'il devrait endommager.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le court terme		
Type de parades éventuelles	purge avec protection du mur à l'aval		

Instabilité 10			
Type d'instabilité	banc en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 1,2 m x 1 m x 1 m 1,2 m ³ crête de versant
			
<p>Ce rocher a une longueur de 1,2 m pour une hauteur et une épaisseur de 1 m. Le sous cavage est profond de 80 cm. En cas d'éboulement, sa propagation devrait être relativement restreinte. Sa hauteur de chute n'excède pas 1 m et le versant au pied du rocher a une pente très faible sur un sol meuble.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le moyen terme		
Type de parades éventuelles	purge ou ancrage		

Instabilité 11			
Type d'instabilité	becquet en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 5 m ³ crête de versant
			
A l'extrémité sud d'une petite falaise haute de 5 à 6 m, un petit éperon d'environ 5 m ³ est mis en surplomb par un sous cavage profond de 70 cm.			
Qualification de l'aléa de rupture		Très faible sur le long terme	
Type de parades éventuelles		ancrages	

Instabilité 12			
Type d'instabilité	éperon fracturé en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat - 15 m ³ crête de versant
			
<p>Cet éperon en surplomb fait environ 15 m³. Il est fracturé longitudinalement par 3 plans orientés N 105°, 90°. Le sous cavage à sa base fait 2 à 3 m de profondeur. En cas d'éboulement, il devrait se fracturer en éléments de 1 à 2 m³. Le niveau d'aléa d'occurrence de l'éboulement est estimé faible sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Faible sur le long terme	
Type de parades éventuelles		contrefort	

Instabilité 13			
Type d'instabilité	écaille en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 2 m x 2 m x 0,5 m 2 m ³ crête de falaise
			
<p>Cette écaille en surplomb se situe à l'amont de l'éperon précédent. Elle fait environ 2 m³. Elle est découpée de la paroi par une fissure arrière. Elle devrait se désagréger petit à petit. Le niveau d'aléa d'éboulement de l'ensemble du volume est jugé modéré sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Modéré sur le long terme	
Type de parades éventuelles		purge ou ancrage	

Instabilité 14			
Type d'instabilité	écaille	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 1,5 m x 1 m x 0,5 m 0,75 m ³ falaise en crête de versant
			
Cet écaille en surplomb se situe sur la partie nord de cette même falaise. Elle fait environ 0,75 m ³ . Une fissure ouverte orientée N 10°, 90° la découpe de la paroi. Son niveau d'aléa est estimé modéré sur le long terme.			
Qualification de l'aléa de rupture		Modéré sur le long terme	
Type de parades éventuelles		purge ou ancrage	

Instabilité 15			
Type d'instabilité	banc massif en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 12 m x 4 m x 2 m 96 m ³ crête de versant
			
<p>Ce banc est affecté par un impressionnant surplomb. Il fait environ 12 m de longueur. Le banc en surplomb a une épaisseur comprise entre 1,5 et 2 m. Le sous cavage a une profondeur comprise entre 3 et 4 m et une hauteur maximale de 2,5 m. Une petite colonne constitue un appui intermédiaire. A l'arrière, le banc est massif. Il va en s'épaississant progressivement. Aucune fracturation susceptible de compromettre la stabilité de l'ensemble n'est perceptible. Le niveau d'aléa d'éboulement de ce banc est estimé faible sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Faible sur le long terme	
Type de parades éventuelles		contrefort	

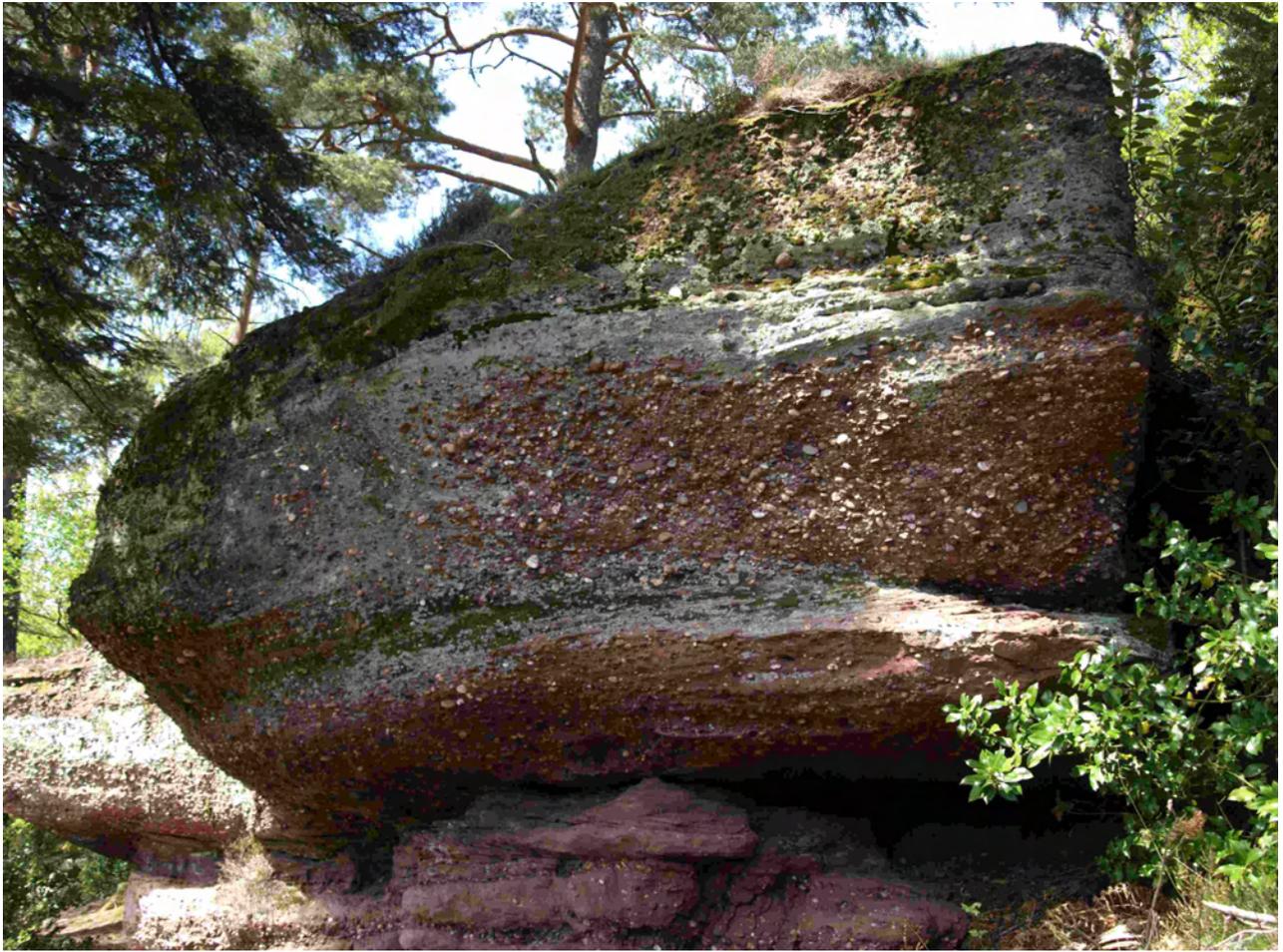
Instabilité 16			
Type d'instabilité	banc fracturé en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat (2 m x 2 m x 0,8 m) x 2 6,4 m ³ crête de versant
			
<p>A ce niveau le banc de conglomérat a une hauteur de 4 m. Il est découpé en tranches de 80 cm d'épaisseur par une fracturation d'orientation N 120°, 90°. Les deux tranches les plus exposées à un risque d'éroulement font 2 m x 2 m x 0,8 m. Elles sont sous cavées. Un arbre a pris racines dans les fissures arrière. Leur niveau d'aléa d'éboulement est estimé moyen à élevé sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Elevé sur le long terme	
Type de parades éventuelles		contrefort ou abattage	

Instabilité 17			
Type d'instabilité	banc massif en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 4 m x 1,5 m x 1,5 m 9 m ³ crête de versant
			
<p>Ce banc sous cavé masqué par un bosquet d'arbres fait entre 5 et 10 m³. Une fissure ouverte le découpe sur le flanc sud. Il est solidaire du massif sur son flanc nord et de ce fait son niveau d'aléa d'éboulement est estimé très faible sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Très faible sur le long terme		
Type de parades éventuelles	ancrage		

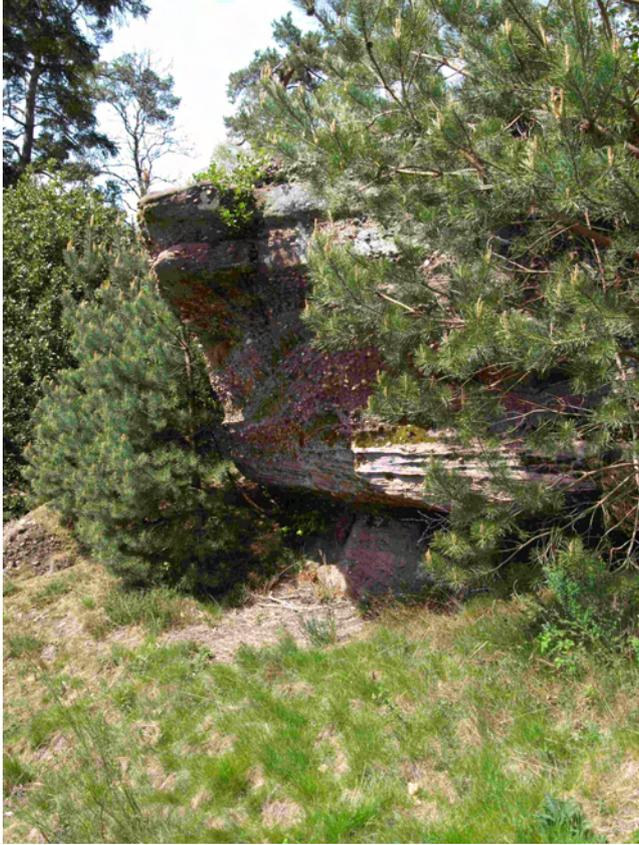
Instabilité 18			
Type d'instabilité	blocs éboulés	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 3 m x 2 m x 1,5 m 5 à 10 m ³ crête de versant
			
<p>Un amas de bancs écroulés sur place fait environ 100 m³. Seuls quelques éléments issus de cet écroulement pourraient être remobilisés sur le long terme. Les blocs en question font de 5 à 10 m³</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Faible sur le long terme		
Type de parades éventuelles	abattage		

Instabilité 19			
Type d'instabilité	banc massif en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 4 m x 1,5 m x 1 m 6 m ³ crête de versant
			
<p>Sous ce banc on voit une dalle de 2 m³ qui s'est qui s'est décollée du toit du sous cavage. Un bouquet d'arbre a pris racine dans une fissure transversale au banc. La tranche nord du banc (4 m x 1,5 m x 1 m) pourrait s'écrouler à long terme. Son niveau d'aléa est estimé modéré sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Modéré sur le long terme	
Type de parades éventuelles		abattage de l'arbre et ancrage	

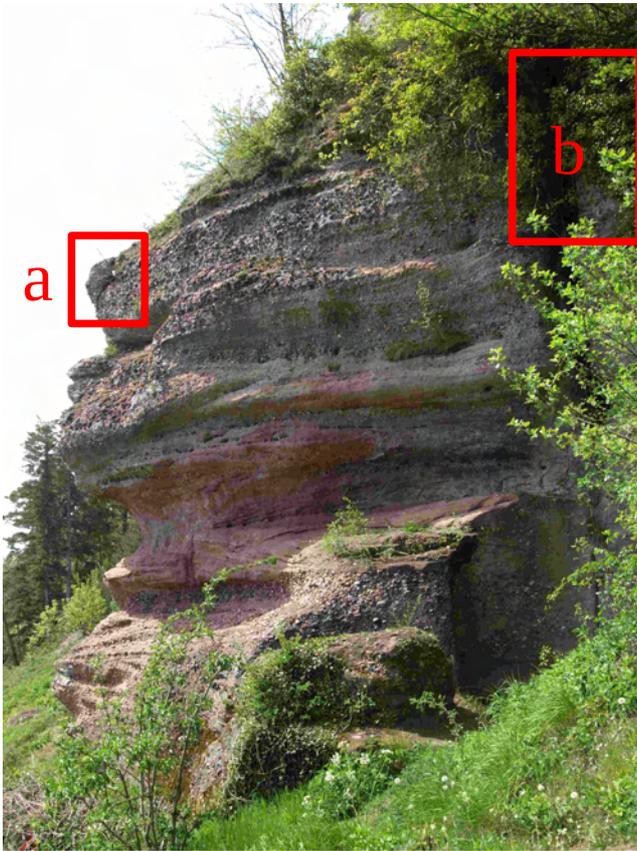
Instabilité 20			
Type d'instabilité	surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 5 m x 5 m x 3 m 75 m ³ crête de versant
			
<p>Ce rocher mesure 5 m x 5 m x 3 m. Le sous cavage à sa base a une profondeur de 2 m. Il est découpé latéralement par des fissures ouvertes d'orientation N 100°, 90°. Un pin a pris racines dans l'une d'elles. La base du banc est saine . Son niveau d'aléa d'éboulement est jugé faible à modéré sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Modéré sur le long terme	
Type de parades éventuelles		abattage de l'arbre et contrefort	

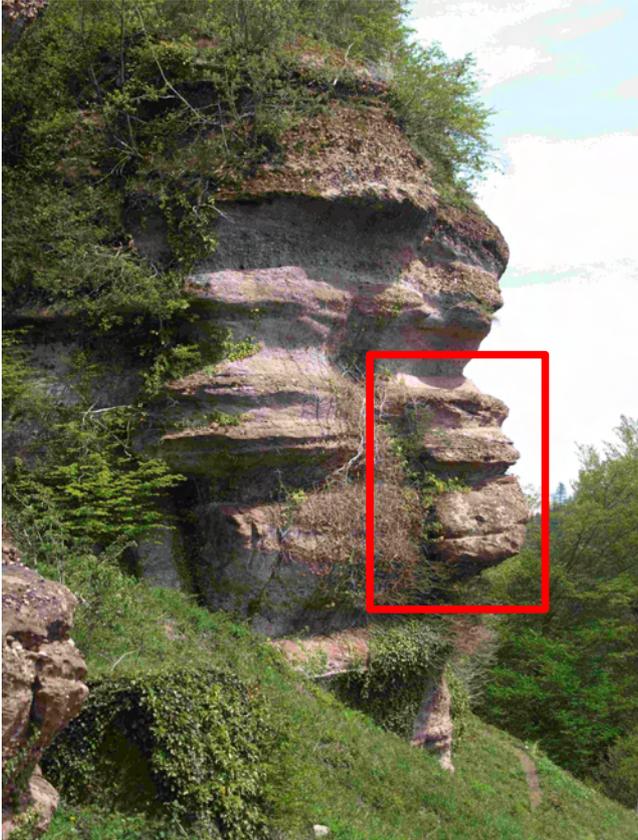
Instabilité 21			
Type d'instabilité	banc massif en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 4 m x 3 m x 3 m 36 m ³ crête de versant
			
<p>Un sous cavage de 2 m de profondeur affecte ce banc qui est découpé du massif par deux fissures ouvertes. Une fissure ouverte N 110°, 75° le découpe sur son flanc sud et une fissure N 15°, 90° le découpe sur son flanc nord. Le fond du sous cavage est fracturé. Son niveau d'aléa est estimé élevé sur le moyen ou le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le moyen terme		
Type de parades éventuelles	abattage ou contrefort		

Instabilité 22			
Type d'instabilité	bloc éboulé	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 5 m ³ partie sup. de versant
			
<p>En crête de versant un surplomb massif est sous cavé sur 2 à 3 m de profondeur. En aval de ce surplomb, un bloc éboulé de 5 m³ est arrêté dans le versant. Ce bloc incliné vers l'aval pourrait être remobilisé sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Faible sur le long terme	
Type de parades éventuelles		abattage	

Instabilité 23			
Type d'instabilité	écaille en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat - 100 dm ³ crête de versant
			
<p>Cette falaise a une hauteur de 4 m. Sa base est saine et la roche ne présente aucune fissure défavorable. L'aléa d'occurrence d'un écoulement du surplomb est jugé faible sur le long terme. Seule une écaille d'environ 100 dm³ (encadrée sur la photographie) pourrait s'ébouler sur le moyen terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le moyen terme		
Type de parades éventuelles	purge		

Instabilité 24			
Type d'instabilité	bloc éboulé	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat - 0,5 m ³ partie sup. de versant
			
<p>A proximité du sentier conduisant du parking au château, ce bloc d'environ 0,5 m³ pourrait être remobilisé à moyen ou long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Modéré sur le moyen terme	
Type de parades éventuelles		abattage	

Instabilités 25			
Type d'instabilité	écaille (a) et surplomb (b)	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat - 100 dm ³ (a) et 9 m ³ (b) crête de falaise
			
<p>Sous le pilier de la tour du château le sous cavage atteint une profondeur de 1,5 m. La base du pilier n'est pas fracturée. Une petite écaille d'environ 100 dm³ (a) en crête de falaise montre une fissure arrière ouverte. Elle pourrait s'ébouler sur le moyen terme. La tour a été confortée par des cerclages en fer, des chutes d'éléments de maçonnerie pourraient néanmoins également s'ébouler sur le moyen terme.</p> <p>A l'aplomb du puits creusé à la base de la falaise, un surplomb d'une hauteur de 3 m, d'une largeur de 2 m et d'une épaisseur moyenne estimée à 1,5 m, présente un niveau d'aléa d'éboulement élevé sur le court ou le moyen terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Élevé sur le court ou le moyen terme	
Type de parades éventuelles		purge (a) et ancrages (b)	

Instabilité 26			
Type d'instabilité	bancs en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 3 m x 6 m x 1,5 m 27 m ³ en paroi
			
<p>Ce second pilier est découpé par une fissure arrière ouverte mais cette fissure ne compromet pas la stabilité du pilier. Le niveau d'aléa d'écroulement de l'ensemble reste très faible sur le long terme. Par contre à mi paroi un éperon en surplomb est découpé du pilier dans sa partie inférieure par une fissure arrière ouverte. L'éperon fait 3 m de hauteur, a une épaisseur de 1,5 m et sa largeur pourrait atteindre 6 m. Son niveau d'aléa est estimé modéré sur le long terme. Le banc inférieur (3 m x 1,5 m x 1,5 m) a un niveau d'aléa d'éboulement élevé sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Elevé sur le long terme		
Type de parades éventuelles	ancrage		

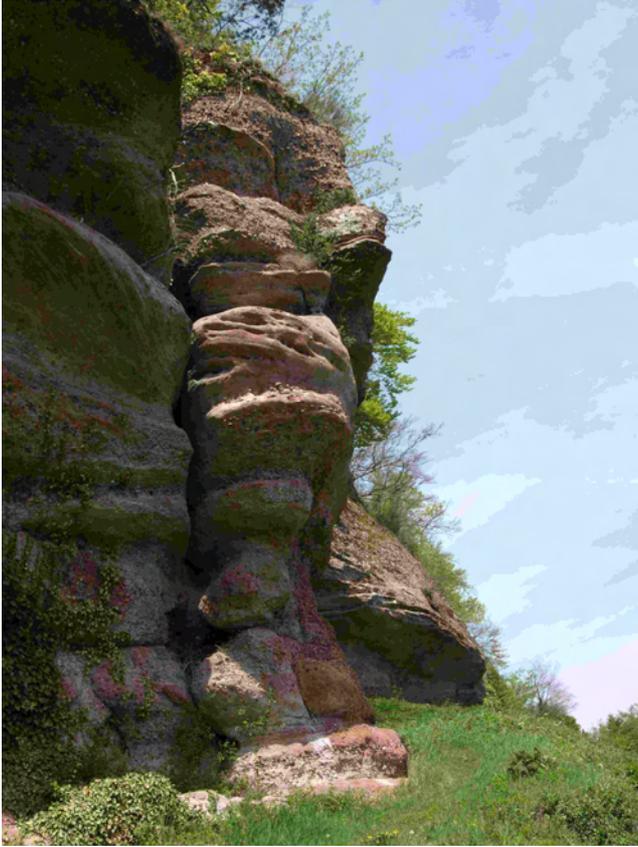
Instabilité 27			
Type d'instabilité	blocs isolés	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat, maçonnerie - quelques dizaines de dm ³ crête de falaise
			
<p>Entre les deux premiers piliers, cette zone de 5 m de largeur en crête comporte plusieurs blocs inférieurs à 50 décimètres cubes qui pourraient s'ébouler sur le court terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Elevé sur le court terme		
Type de parades éventuelles	purge		

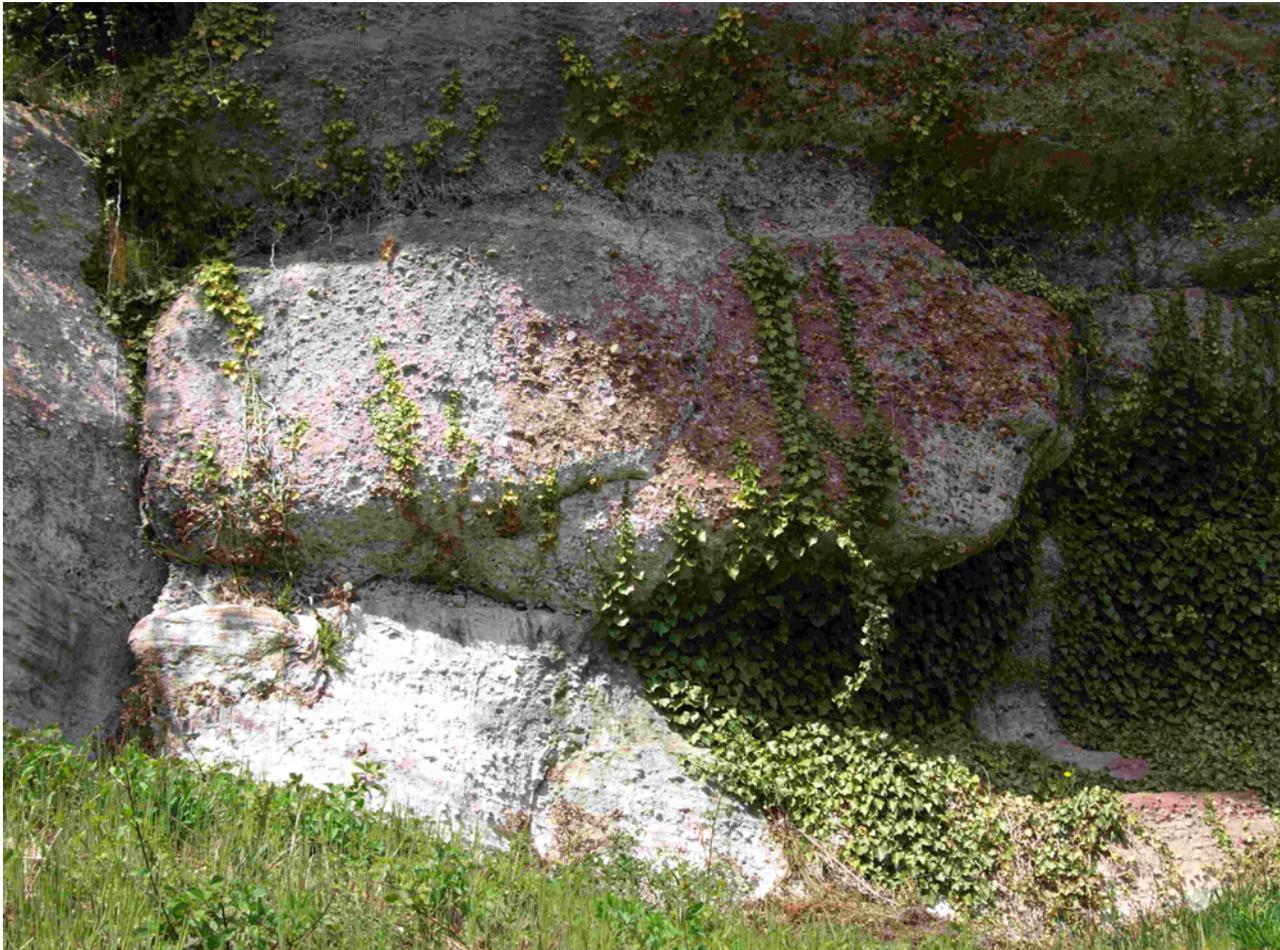
Instabilité 28			
Type d'instabilité	bancs en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 4 m x 1,5 m x 1,5 m 9 m ³ partie inf. de falaise
			
<p>Ce surplomb se situe en partie inférieure du flanc sud du second pilier. Il est découpé au sud par une fissure arrière ouverte et est enchâssé au nord dans le pilier. Il a une hauteur de 1,5 m, une épaisseur de 1,5 et une longueur de 4 m. Son niveau d'aléa d'éboulement est estimé élevé sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le long terme		
Type de parades éventuelles	ancrage		

Instabilité 29			
Type d'instabilité	banc fracturé en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 4 m x 2 m x 1,7 m 13,6 m ³ en falaise inférieure
			
<p>Toujours sur le flanc sud du second pilier, ce surplomb a une hauteur de 2 m, une épaisseur de 1,7 m et une longueur de 3 à 4 m. Il est lui aussi enchâssé au nord dans le pilier. Une fissure découpe verticalement une tranche de 80 cm de longueur à son extrémité sud. Ce volume de 2,5 m³ a un niveau d'aléa d'éboulement estimé élevé sur le moyen terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Élevé sur le moyen terme	
Type de parades éventuelles		ancrage	

Instabilité 30			
Type d'instabilité	blocs isolés	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat, maçonnerie - 50 à 100 dm ³ crête de falaise
			
Le flanc nord du second pilier comporte quelques blocs potentiellement instables en crête. Les volumes instables les plus importants restent inférieurs à 100 dm ³ .			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le moyen terme		
Type de parades éventuelles	purge		

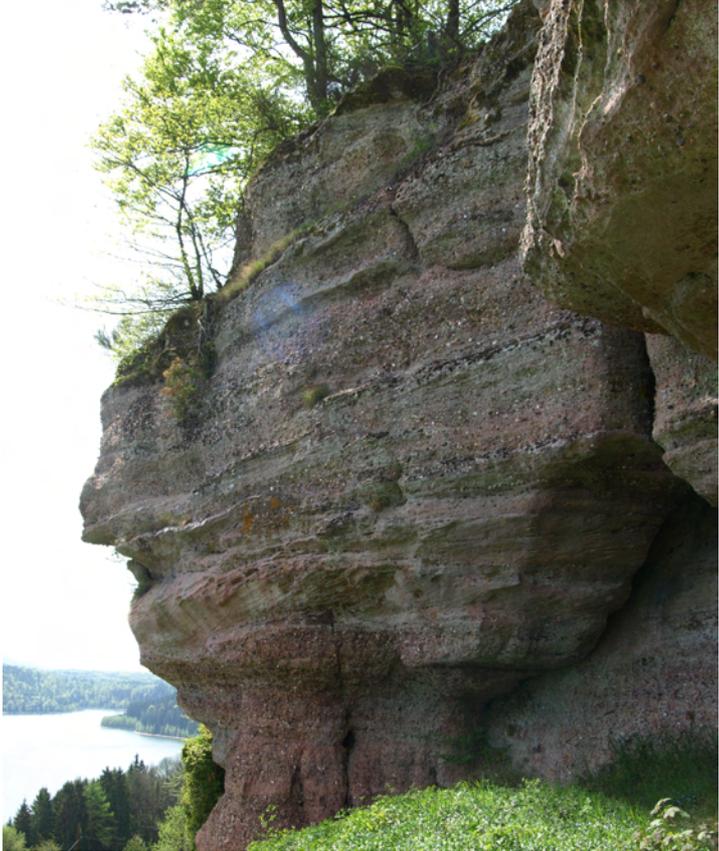
Instabilité 31			
Type d'instabilité	banc massif en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 8 m x 4 m x 3 m 96 m ³ crête de falaise
			
<p>Sur le flanc sud du troisième pilier, un banc s'avance de 3 à 4 m dans le vide. Il ne présente aucune discontinuité défavorable. Son niveau d'aléa d'éroulement est estimé très faible sur le long terme. En crête des blocs instables de quelques dizaines de dm³ pourraient s'ébouler sur le court terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Très faible sur le long terme (moyen sur le court terme pour des chutes de petits blocs)		
Type de parades éventuelles	purge des petits blocs		

Instabilité 32			
Type d'instabilité	colonne en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 7 m x 3 m x 7 m 147 m ³ crête de versant
			
<p>Le troisième pilier a son extrémité aval découpé par une fissure ouverte. Un pan de falaise de 2 à 3 m d'épaisseur et d'une hauteur d'environ 7 m est ainsi découpé du massif sur une longueur de plusieurs mètres. Il repose sur un pied sous cavé, fracturé et altéré. Son niveau d'aléa d'écroulement est estimé élevé sur le moyen ou le long terme. En cas d'éboulement, la colonne devrait se fragmenter en plusieurs blocs de plusieurs mètres cubes.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le long terme		
Type de parades éventuelles	ancrage ou abattage		

Instabilité 33			
Type d'instabilité	écaille	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 5 m x 2,5 m x 1 m 12,5 m ³ pied de falaise
			
<p>A la base du flanc sud du troisième pilier, cette écaille est découpée par une fissure arrière perceptible sur la majeure partie de son pourtour. Elle fait 5 m de longueur, 2,5 m de hauteur et son épaisseur moyenne est de 1 m. Son niveau d'aléa d'éboulement est estimé moyen à élevé sur le long terme. En cas d'éboulement, le replat de 5 m au pied de l'instabilité sera suffisant pour empêcher sa propagation dans le versant.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Élevé sur le long terme	
Type de parades éventuelles		ancrage	

Instabilité 34			
Type d'instabilité	surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 3 m x 2 m x 2 m 12 m ³ crête de falaise
			
<p>En crête, lui aussi sur le flanc sud du troisième pilier, ce surplomb a une longueur de 3 m, une hauteur et une épaisseur évaluées à 2 m. L'observation difficile n'a pas permis une évaluation du niveau d'aléa d'éboulement de ce surplomb. Il pourrait être modéré sur le moyen terme, voire élevé sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Modéré sur le moyen terme ou élevé sur le long terme	
Type de parades éventuelles		ancrage	

Instabilité 35			
Type d'instabilité	falaise sous cavée	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat crête de versant
			
<p>Le quatrième pilier rocheux de la falaise du château est découpé par une fissure arrière ouverte sur son flanc sud. Il est sous cavé sur une profondeur de 3 à 4 m. Le niveau d'aléa d'écroulement de ce pan de falaise est jugé faible sur le long terme. En crête, à son extrémité sud, un éperon de 3 à 4 m de hauteur, de 2 m de longueur, de 0,8 à 1 m de largeur s'avance vers le sud. Sa base est saine et n'est affectée d'aucun sous cavage. Son niveau d'aléa est faible sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Faible sur le long terme	
Type de parades éventuelles		contrefort	

Instabilité 35bis			
Type d'instabilité	blocs isolés	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 50 à 100 dm ³ crête de falaise
			
La crête de falaise recèle quelques blocs de 50 à 100dm ³ dont le niveau d'aléa d'éboulement est faible sur le court ou moyen terme.			
Qualification de l'aléa de rupture	Faible sur le court terme		
Type de parades éventuelles	purge		

Instabilité 36			
Type d'instabilité	éperon	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 10 m x 5 m x 4 m 200 m ³ crête de versant
			
<p>L'éperon à l'extrémité nord est de la falaise est découpé par une fissure arrière ouverte. Il repose néanmoins sur un banc rocheux sain et s'appuie sur le massif. Son niveau d'aléa est jugé faible sur le long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Faible sur le long terme	
Type de parades éventuelles		abattage	

Instabilité 36bis			
Type d'instabilité	blocs isolés	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	grès et conglomérat 100 dm ³ crête de falaise
			
La crête de falaise recèle quelques blocs de 100dm ³ dont le niveau d'aléa d'éboulement est faible sur le court terme.			
Qualification de l'aléa de rupture	Faible sur le court terme		
Type de parades éventuelles	purge		

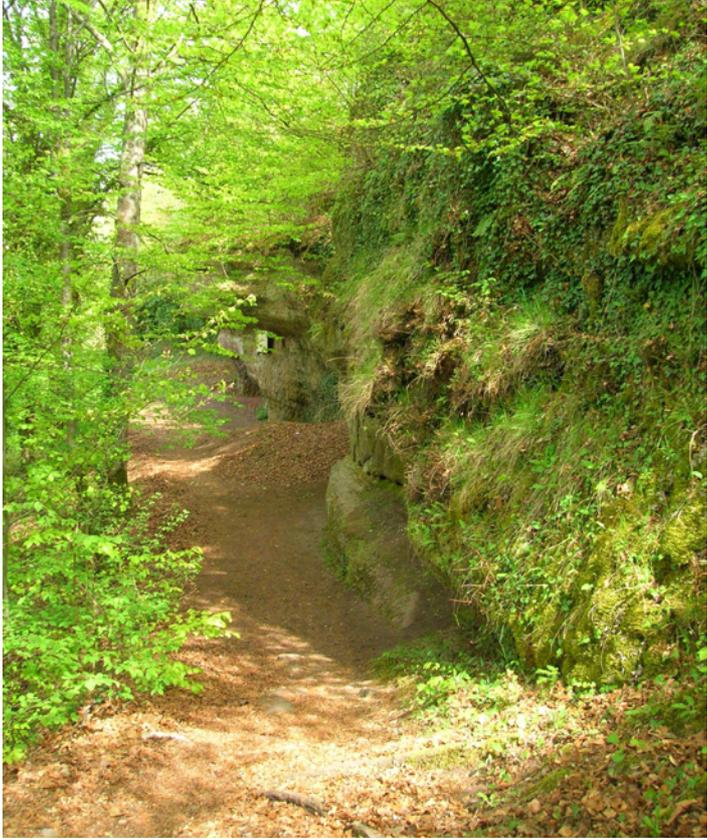
Instabilité 37			
Type d'instabilité	surplomb dièdre	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 2 m x 1,5 m x 1 m 3 m ³ crête de falaise
			
<p>Au nord, adossé à cette colonne, se trouve un surplomb d'environ 3 m³ dont le niveau d'aléa est estimé élevé sur le moyen terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le moyen terme		
Type de parades éventuelles	ancrage		

Instabilité 38			
Type d'instabilité	falaise en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat crête de versant
			
<p>Les surplombs sont importants. La falaise est découpée sur la gauche par un plan de fracturation N 20°, 90° et sur la droite par un plan de fracturation N 100°, 90°. Le pied de falaise est massif et sain si bien que le risque de voir évoluer brutalement ces surplomb est très faible sur le très long terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Très faible sur le très long terme		
Type de parades éventuelles	sans objet		

Instabilité 39			
Type d'instabilité	blocs isolés	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat, maçonnerie 50 à 100 dm ³ crête de falaise
			
<p>La crête de falaise recèle quelques blocs de 50 à 100 dm³ (roches et éléments de maçonnerie) dont le niveau d'aléa est élevé sur le court ou le moyen terme. Cette situation prévaut sur à peu près tout le couronnement de la falaise du château.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Élevé sur le court terme	
Type de parades éventuelles		purge	

Instabilité 39bis			
Type d'instabilité	blocs isolés	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 50 à 100 dm ³ crête de falaise
			
La crête de falaise recèle quelques blocs de 50 à 100dm ³ dont le niveau d'aléa d'éboulement est faible sur le court ou moyen terme.			
Qualification de l'aléa de rupture	Faible sur le court terme		
Type de parades éventuelles	purge		

Instabilité 40			
Type d'instabilité	bancs en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 5 m ³ pied de falaise
			
<p>A la base de cette falaise des volumes en surplomb pourraient s'ébouler sur le long terme. Les volumes attendus devraient se situer entre 2 et 5 m³.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Modéré sur le long terme		
Type de parades éventuelles	ancrage		

Instabilité 40bis			
Type d'instabilité	blocs isolés	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 50 à 100 dm ³ falaise sous le château
			
La crête de falaise recèle quelques blocs de 50 à 100dm ³ dont le niveau d'aléa d'éboulement est faible sur le court ou moyen terme.			
Qualification de l'aléa de rupture	Faible sur le court terme		
Type de parades éventuelles	purge		

Instabilité 41			
Type d'instabilité	surplomb disloqué	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 5 m x 5 m x 2 m 50 m ³ crête de versant
			
<p>Ce surplomb disloqué se situe sur le versant nord, sous le petit col permettant l'accès au château depuis le village de Pierre-Percée. Il repose sur une base rocheuse altérée de 2 m². Son niveau d'aléa d'écroulement est estimé élevé sur le moyen terme.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Élevé sur le moyen terme	
Type de parades éventuelles		abattage	

Instabilité 42			
Type d'instabilité	blocs isolés	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 50 à 100 dm ³ partie sup. de versant
			
<p>Ces quelques blocs inférieurs à 150 dm³ pourraient être remobilisés sur le court terme mais ils s'immobiliseront 5 à 10 m plus bas sur le replat.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le court terme		
Type de parades éventuelles	purge		

Instabilité 43			
Type d'instabilité	écaille en surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 2 m x 1,5 m x 1 m 3 m ³ partie sup. de versant
			
<p>Ce rocher est découpé par une fissure arrière verticale ouverte. En surplomb, il devrait s'écrouler sur le court terme. Il fait 1,5 m de hauteur, 2 m de longueur et 1 m d'épaisseur. Sa propagation ne devrait toutefois pas pouvoir excéder 10 m.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture	Élevé sur le court terme		
Type de parades éventuelles	ancrage ou purge		

Instabilité 44			
Type d'instabilité	surplomb	Description - Nature du matériau - Dimension - Volume - Position dans le versant	conglomérat 2 m x 1 m x 1 m 2 m ³ crête de versant
			
<p>Ce rocher de 2 m³ présente un léger porte-à-faux. Il est en appui sur une base fracturée. Son niveau d'aléa d'éboulement est jugé faible. Il ne devrait pas pouvoir se propager au-delà de l'ancienne tranchée présente 5 m en contrebas.</p>			
Qualification de l'aléa de rupture		Faible sur le long terme	
Type de parades éventuelles		ancrage	

4. Analyse de la propagation

4.1. Les études trajectographiques

Pour obtenir des indications sur la propagation des éléments rocheux dans les versants, en complément des informations fournies par l'observation sur le site d'éboulements anciens, une étude a été réalisée au moyen du **logiciel PROPAG version 3,0** (LRPC Rhône-Alpes). Cette étude a été réalisée sur la base du fond topographique au 1/1000 avec courbes de niveau équidistantes de 1 m fourni par GUELLE & FUCHS.

Les caractéristiques du sol, les élancements et les volumes des masses rocheuses ont été évalués par le géologue chargé de l'étude et ces paramètres ont été pris en compte par le logiciel.

Les paramètres retenus pour l'étude trajectographique sont les suivants :

- ◆ les profils topographiques sélectionnés ont été positionnés sous les principales instabilités potentielles repérées;
- ◆ le sol sableux présent dans les versants a été assimilé lors des essais trajectographiques à un terrain meuble;
- ◆ la falaise constituée d'une alternance de grès friables et de poudingues indurés a été assimilée à un rocher altéré;
- ◆ les chaussées ont été assimilées à un terrain de type éboulis compact;
- ◆ la vitesse initiale du bloc (nécessaire pour initier le départ du bloc) a été choisie la plus faible possible : 0,01 m/s;
- ◆ la masse du bloc a été adaptée à chaque essai pour correspondre à l'instabilité étudiée;
- ◆ les élancements ont été évalués en fonction des instabilités recensées et de la fragmentation attendue.

Plusieurs profils topographiques ont été sélectionnés sur l'ensemble du versant de façon à pouvoir définir l'enveloppe de la limite de propagation estimée des blocs. La localisation des profils étudiés ainsi que les tracés des courbes de propagation obtenus par le logiciel sont joints en annexe.

4.2. La carte des zones de propagations potentielles des blocs (aléas de propagation)

Les informations recueillies lors de la phase terrain complétées par les études trajectographiques ont permis d'élaborer la carte des zones de propagations potentielles des blocs (aléa résultant). Sont représentés conjointement sur cette carte les zones de départ (aléa d'éboulement) avec les trois niveaux de couleur attribués précédemment et les zones de propagations potentielles des blocs en cas d'éboulements avec également trois niveaux de couleurs hachurées.

Les observations sur le terrain ont montré, sur les quelques éboulements répertoriés, une propagation limitée des masses rocheuses. Les blocs sont rapidement arrêtés du fait de leurs formes (dalles), de la faible déclivité du versant et d'un sol sableux plutôt meuble.

La fragmentation est faible. Ceci découle probablement du sol meuble qui amortit les impacts.

La gradation et les limites des zonages retenus ont été tracés en se basant sur limites de propagation obtenues avec les essais trajectographiques sur les profils étudiés. Trois niveaux de risque ont été proposés en fonction de la capacité destructrice des blocs (énergie) et de la probabilité d'atteinte des zones (fonction de l'élancement des blocs).

- ◆ les zones de couleur "violet" correspondent à des zones que des blocs peuvent atteindre avec une **probabilité élevée** et des niveaux d'**énergie supérieurs à 100 kJ** (niveau susceptible d'endommager le mur d'une habitation).
- ◆ les zones de couleur "ocre" correspondent à des zones que des blocs d'élancements inférieurs à 1,4 (c'est à dire les blocs aux formes les plus courantes) peuvent atteindre avec une **probabilité élevée** et des **énergies inférieures à 100 kJ**.
- ◆ les zones de couleur "vert clair" correspondent à des zones que des blocs d'élancements supérieurs à 1,4 peuvent atteindre avec une **probabilité faible** et avec des **énergies inférieures à 100 kJ**.

Etude réalisée par Jean-Baptiste NICAISE et Hubert PARENT

le Chargé d'étude en géologie appliquée

le Chef du Groupe SOLEO p.i.

H. PARENT

H. PERRIER