

ministère
de l'Équipement
des Transports
et du Logement



centre d'Études
techniques
de l'Équipement

CETE

de l'Ouest
laboratoire
régional
des Ponts
et Chaussées
d'Angers



TITRE I :

Note technique de présentation

SOMMAIRE

PPR approuvé par
arrêté préfectoral

du 22 JAN. 2004

1) <u>INTRODUCTION</u>	3
2) <u>HISTORIQUE DES ÉVÈNEMENTS</u>	4
3) <u>CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET TECTONIQUE</u>	7
4) <u>ANALYSE DU PROCESSUS DE DÉGRADATION DE LA FALAISE</u> ...	23
4.1) Les Facteurs passifs (endogènes).....	23
4.2) Les Facteurs actifs (exogène).....	24
4.2.1) Le Vent.....	24
4.2.2) Le Gel.....	24
4.2.3) Les Eaux de ruissellement.....	25
4.2.4) La Végétation	25
4.2.5) L'Action de l'homme	25
5) <u>CARACTÉRISTIQUES DES ALÉAS</u>	26
5.1) Les Chutes de blocs.....	27
5.2) L'éboulement de pans de la falaise	28
6) <u>LOCALISATION DES ALÉAS</u>	30
6.1) Falaise Ouest.....	31
6.2) Falaise Nord.....	34
6.3) Falaise Est.....	37
7) <u>CRITÈRES DE CLASSEMENT DES ALÉAS</u>	39
8) <u>VULNÉRABILITÉ</u>	43
9) <u>LES PARADES CONFORTATIVES ET LES COÛTS</u>	45

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004

ANNEXES

- A) Plan du Périmètre d'Étude.*
- B) Cartographie des aléas.*
- C) Cartographie de la vulnérabilité.*

PPR approuvé par
arrêté préfectoral

du 22 JAN. 2004

1) INTRODUCTION

Par Arrêté Préfectoral du 16 Avril 1999, un Plan de Prévention des Risques Naturels (P.P.R.) liés aux « *Mouvements de terrain* » a été prescrit sur une partie du territoire de la Commune de SAINTE-SUZANNE dans le Département de la Mayenne.

La Direction Départementale de l'Équipement de la Mayenne, chargée d'assurer la conduite de la procédure d'instruction du dossier, en a confié l'étude technique au LRPC d'ANGERS pour la réalisation des pièces constitutives du PPR selon la définition de l'article 3 du décret 95-1089 du 5 Octobre 1995.

Les risques de mouvements de terrain examinés dans le cadre de cette étude sont :

- chutes de blocs et écroulements de masses rocheuses,
- glissements de terrain meuble en surface.

Il faut noter que l'approche a été strictement « *naturaliste* », qualitative, de type « *expertise* », et qu'elle n'a jamais fait appel à des investigations et essais in-situ (méthodes géophysiques, sondages, etc...) ni à une « *modélisation des phénomènes* ».

La synthèse de nos travaux présentée sous forme graphique comprend :

- une cartographie des aléas regroupant les risques inhérents aux falaises,
- une cartographie des enjeux,
- une cartographie de zonage réglementaire de type PPR en proposition
- quelques principes non détaillés, de parades, confortations et protections.

Ces documents sont accompagnés d'un rapport de présentation technique et d'une proposition de règlement pour le zonage réglementaire du PPR.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004

2) HISTORIQUE DES ÉVÈNEMENTS

Le 5 Décembre 1996, des éboulements rocheux se sont produits sur la falaise, propriété de la commune de SAINTE-SUZANNE (section cadastrale NC N° 742).

Ces éboulements rocheux ont dévalé la pente et suivi un « *couloir d'éboulis* » pour s'immobiliser au pied d'une habitation (section ND N° 153) appartenant à Mme MÉNANT qui est implantée à la base de ce couloir (cf. photos ci-dessous).

Vue de Coté



PROPRIETE DE Mme MENANT

Parcelle N°153

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004



Vue de Face

Les blocs rocheux représentant pour certains plusieurs mètres cube et de masse estimée à 4 tonnes (voir planche photographique suivante) ont été freinés et arrêtés par la végétation (arbres et arbustes) et le sol meuble à l'arrière de la maison.

Bien qu'aucun dommage aux personnes, ni de dégâts matériels n'aient été provoqués par ces éboulements, la vulnérabilité de l'habitation et de ses occupants est patente et importante.

Ces événements ont donc entraîné la prise d'un Arrêté Municipal d'immeuble en péril, en date du 9 Décembre 1996, sur la propriété de Mme MÉNANT.

Planche Photographique N°1



Bloc de 4 à 5t



Origine de l'Eboulement



Eboulement de Décembre 1996

Falaise au Nord



Parcelle N°153

FPR approuvé par
arrêté préfectoral

du 22 JAN. 2004

3) CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET TECTONIQUE

SAINTE-SUZANNE, chef-lieu de Canton, située à mi-chemin entre LAVAL et LE MANS est à quelques kilomètres au Sud d'EVRON. C'est une vieille cité médiévale implantée sur un promontoire rocheux qui domine de ses 166 m d'altitude la vallée de l'Erve qui a profondément entaillé les assises du socle primaire.

Ici, on rencontre les formations primaires et sédimentaires du Cambrien bien représentées sur la falaise rocheuse par les Grès dits de « *SAINTE-SUZANNE* ». Il s'agit de grès de ton gris violacé ressemblant parfois à des quartzites à grains fins et ayant été jadis exploités pour la fabrication de pavés pour la voirie. Au sein des grès, on rencontre des passées de schistes qui, plus altérables, favorisent la mise en relief des bancs gréseux, avec parfois sous-cavage.

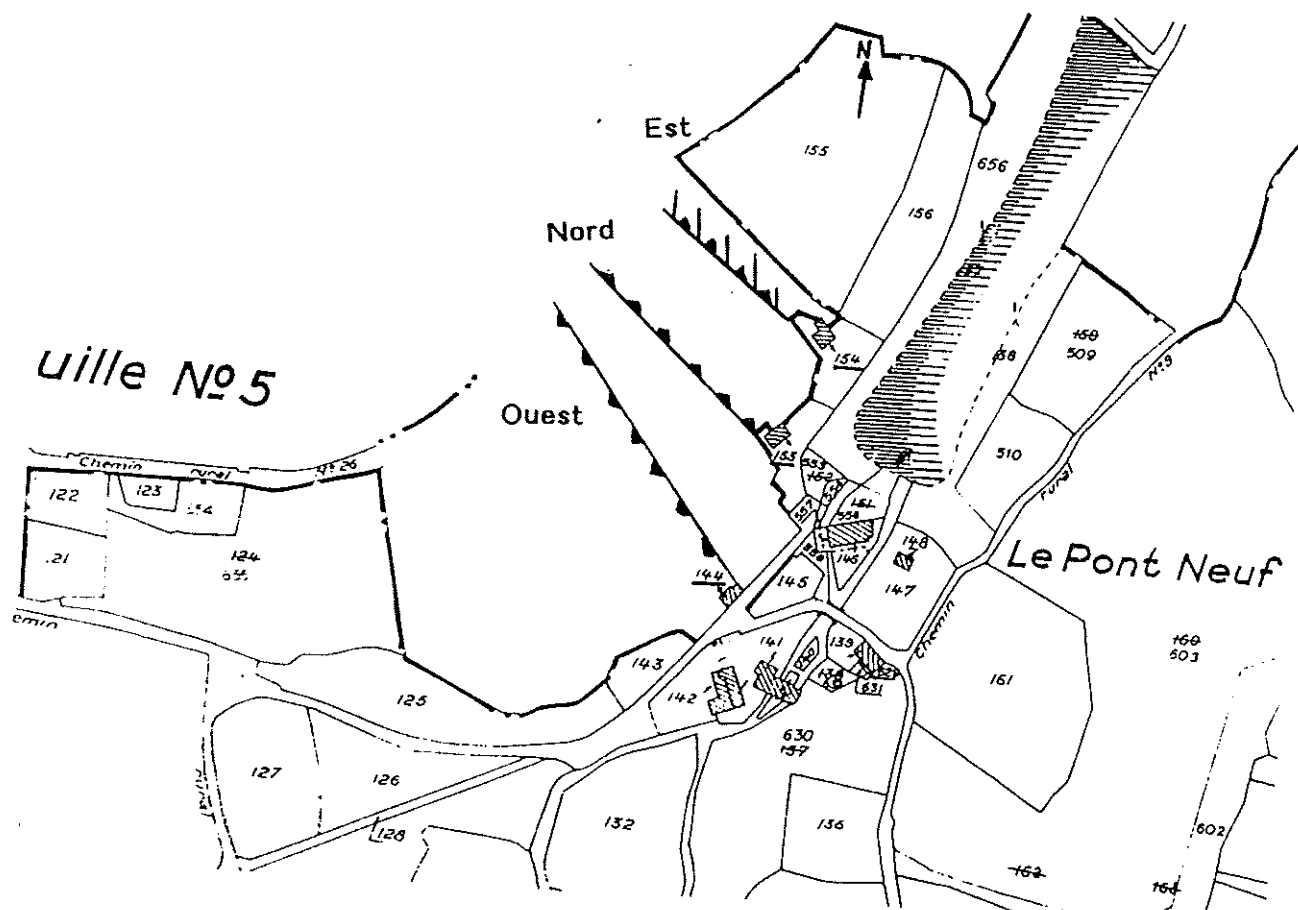
Ces grès ont une masse volumique de l'ordre de $2,64 \text{ t/m}^3$. Ils sont découpés par des fissures (selon le pendage et aussi orthogonalement) et se présentent alors comme un empilement de blocs parallélépipédiques pouvant atteindre des masses de plusieurs tonnes. Certains bancs sont en surplombs très instables par sous-cavage (naturel ou anthropique) avec risque de chute des blocs désolidarisés de la paroi rocheuse.

Le site étudié est donc soumis à des aléas de type « *mouvements de terrain* » et plus précisément à des éboulements de masses rocheuses.

Pour une plus grande simplicité d'approche, la zone d'étude a été divisée en trois « *falaises* » repérées : Ouest, Nord, Est.

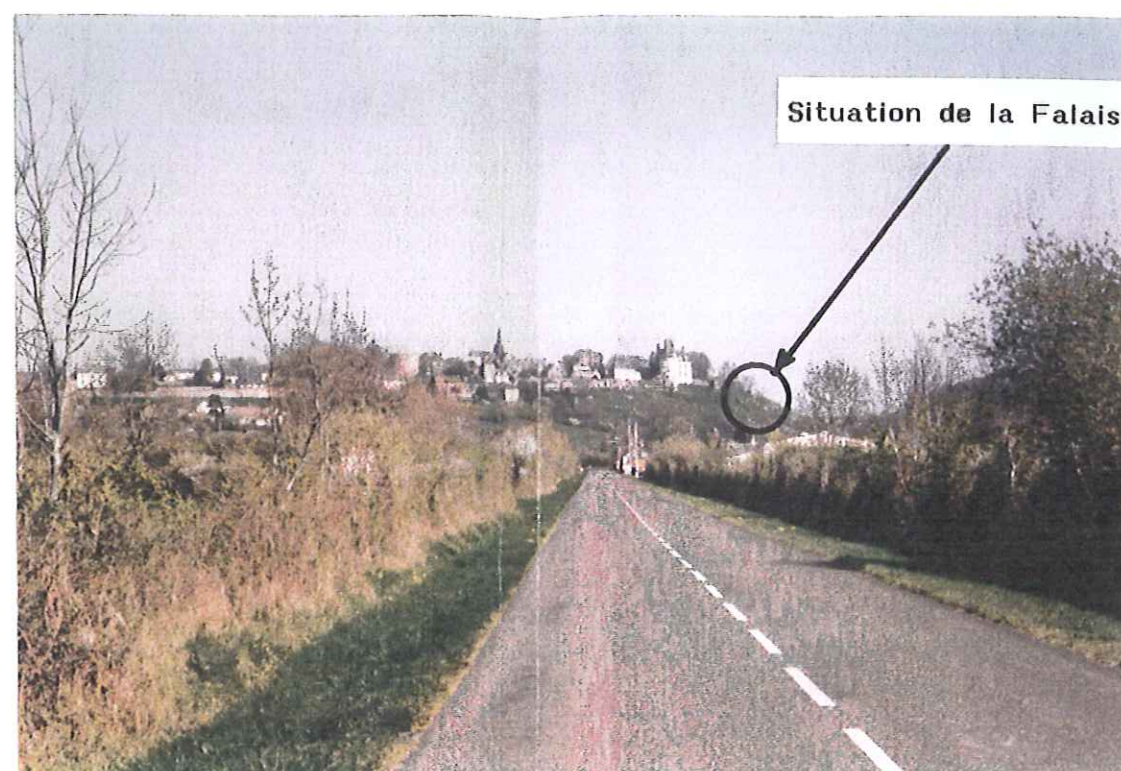
Le plan ci-après et les photographies permettent de situer plus précisément ces « *falaises* ».

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004



*Plan de situation des 3 « falaises »
repérées « Ouest » - « Nord » et « Est ».*

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004



Situation de la Falaise

FALAISE



PROPRIETE DE Mme MENANT

Parcelle N°153



PROPRIETE DE Mme MENANT

Propriété de Mr FOURNIER

Parcelle N°154

Ces événements brutaux et imprévus ne concernent pas l'ensemble du site mais sont localisés et provoqués par la topographie du terrain :

- falaises ou talus verticaux ou sous-cavés,
- très forte pente générale du bassin,
- « *couloirs d'éboulis* ».

Ces derniers sont représentés par falaise sur les planches photographiques suivantes :

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004

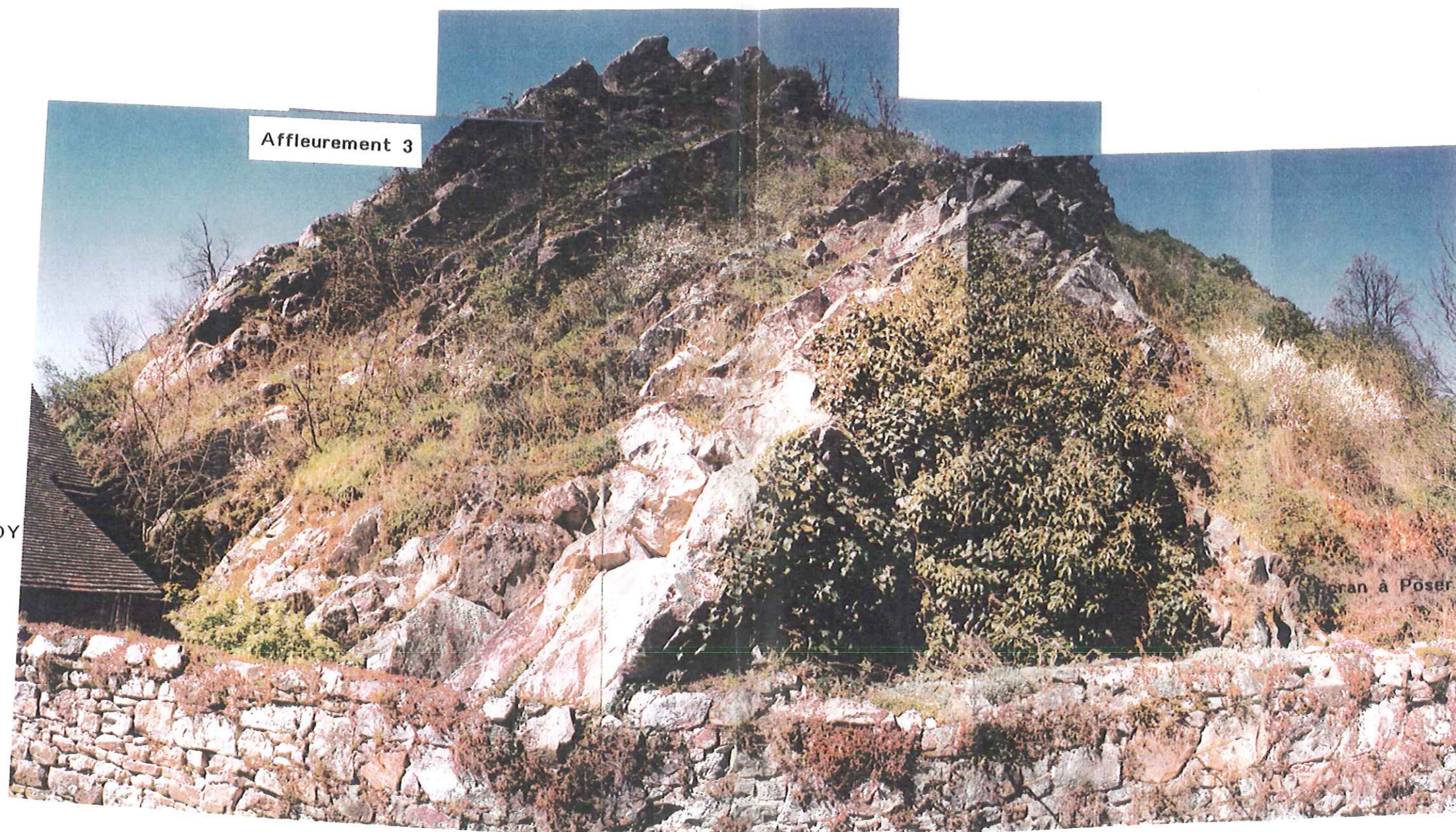
12.99.53.06 MH-IS

REF : 12. ~~19~~.53.06

Planche Photographique N°3

Commune de STE SUZANNE PPR

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004



Propriété de Mr LE ROY

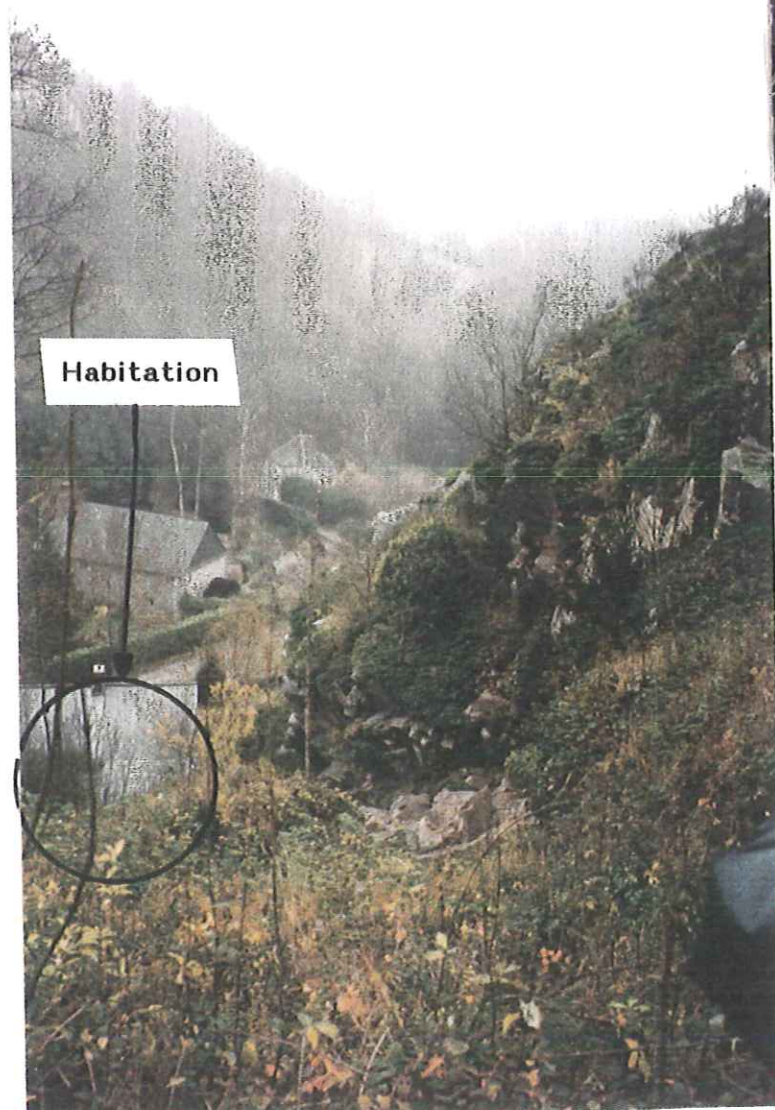
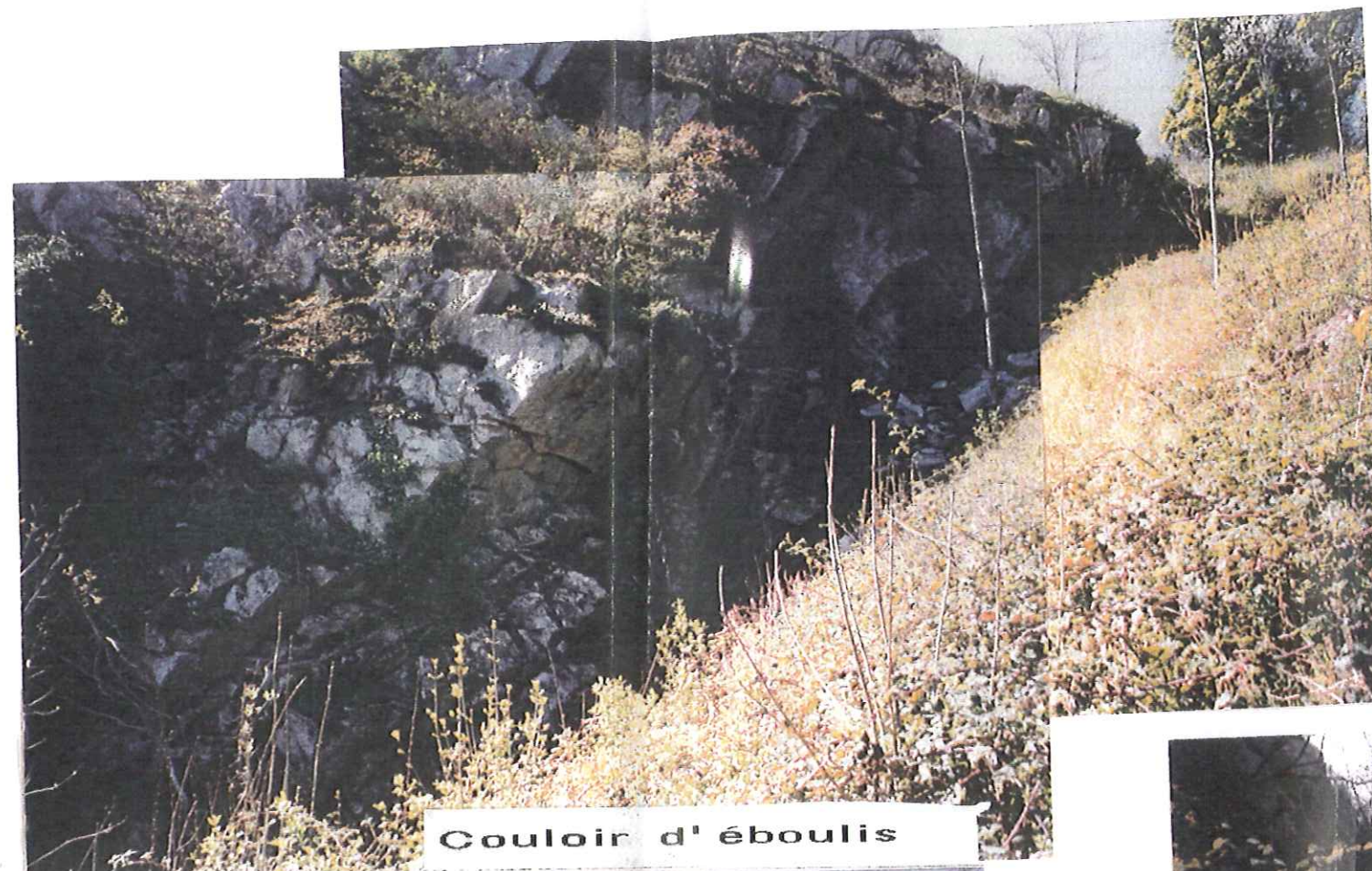
Parcelle N°144

Plan à Poser

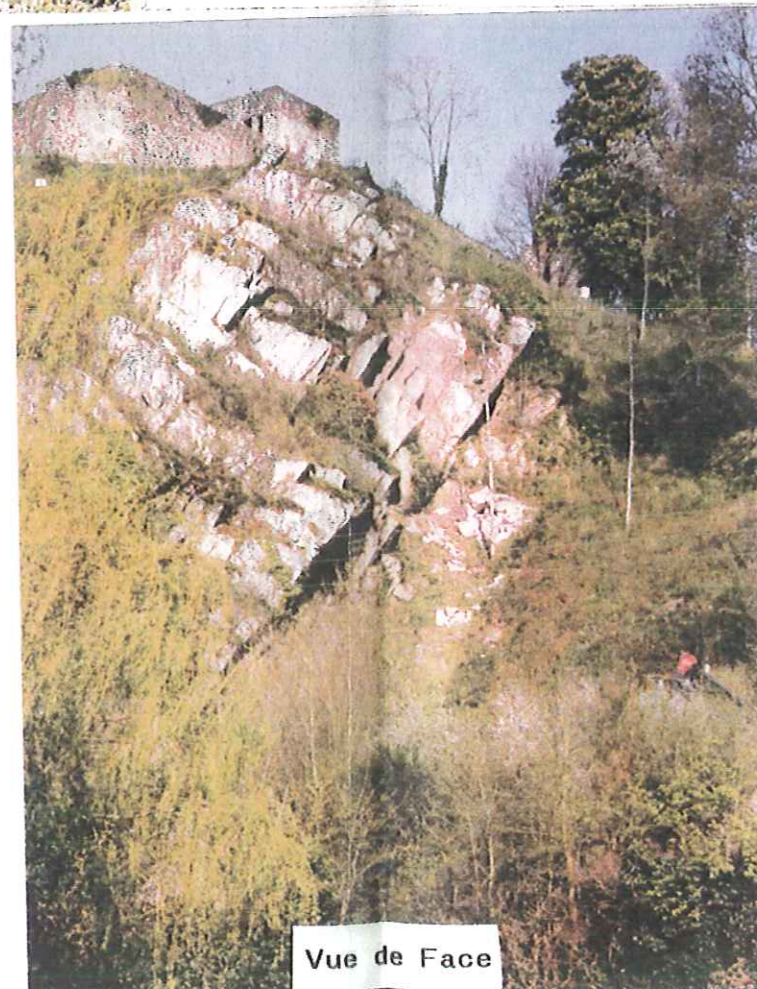
FALAISE OUEST

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004

FALAISE NORD



Vue d'en Haut



Vue d'en Bas

12.99.53.06 MH-IS

REF : 12.99.53.06

Commune de STE SUZANNE PPR

Planche Photographique N°5

FALAISE EST



Habitation →

Affleurement 4

Parcelle N°154

Propriété de Mr FOURNIER

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004

du 22 JAN. 2004

A l'Est de la parcelle N° 144 (falaise Ouest) et au Nord de la parcelle N° 153 (falaise Nord), on peut observer des « *couloirs d'éboulis* » de direction N 140° avec une pente de l'ordre de 35°.

Ces couloirs peuvent être d'origines diverses :

- Il peut s'agir de diaclases (fissures ouvertes) de grande extension au sein des bancs gréseux ou de zones ou poches d'altération, sableuses, argileuses ou schisteuses qui se sont creusées au fil du temps sous l'action érosive des eaux de ruissellement ;

- Il peut s'agir également de couloirs dont l'origine n'est pas naturelle et qui correspondent par exemple à d'anciennes extractions artisanales du massif rocheux par sous-cavage comme en témoigne certains surplombs instables, soit aux fins d'extraction de pierre pour la construction soit pour réaliser des ouvrages défensifs (parois verticales ou en surplomb au pied du château).

Du point de vue structural, le massif rocheux est organisé en bancs (à l'origine horizontaux, aujourd'hui très redressés, eux-mêmes redécoupés par des fissures.

Les plans de séparation (ou discontinuités) entre les bancs ainsi que les plans de fissuration constituent des plans de fragilité dans le massif rocheux. Ils provoquent un découpage du massif en blocs de diverses tailles plus ou moins désolidarisés les uns des autres ; ce qui conduit à un empilement de blocs. Cet empilement est plus ou moins stable en fonction de l'organisation dans l'espace des plans de fissures et de la pente du terrain naturel. L'étude de stabilité nécessite donc un relevé et l'analyse des discontinuités affectant le massif rocheux.

Les diverses mesures effectuées sur le site donne une direction principale des bancs de N 210° à N 220° avec un pendage de 45 à 47°. Les bancs ont une épaisseur de 0,20 m à environ 2 m.

du 22 JAN. 2004

L'ensemble des vecteurs pendage des bancs relevés sur la falaise est représenté dans le Stéréogramme de WULF (système de projection-représentation plane des plans de l'espace) ci-après :

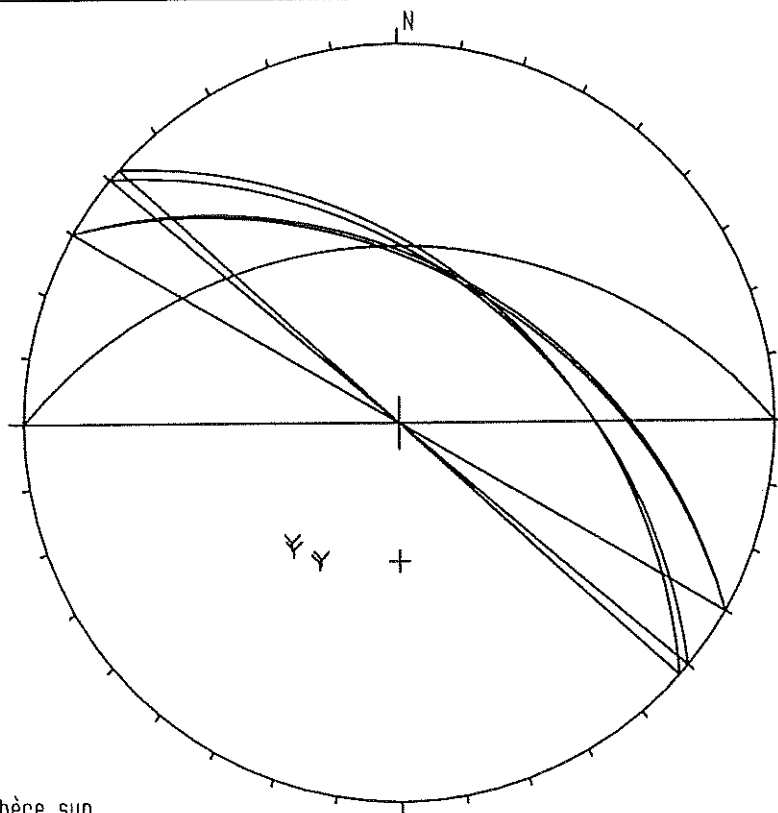
N.B. : Toutes les mesures ont été réalisées selon la convention "AFTES" qui détermine l'azimut α du plan horizontal à partir du Nord magnétique jusqu'à la demi-horizontale qui fait face à l'observateur. Le pendage est mesuré par le plongement de la ligne de plus grande pente de 0° (plan horizontal) à 90° (plan vertical).

Stéréogramme N° 1.

Labo Sols Roches Rhéologie

STEREOGRAMME

chantier : Ste Suzanne
zone : 12 96 53 05



hémisphère sup.

WULF

Y lita P 210.0 46.0	+ fra1 P 300.0 70.0
Y lita P 210.0 45.0	+ fra2 P 30.0 77.0
Y lita P 220.0 47.0	+ fra1 P 300.0 75.0
Y lita P 222.0 46.0	+ fra2 P 90.0 60.0
+ bloc P 180.0 40.0	+ fra2 P 80.0 66.0
+ fra1 P 300.0 85.0	
+ fra1 P 290.0 90.0	
+ fra2 P 50.0 56.0	
+ fra2 P 60.0 60.0	
+ fra1 P 290.0 64.0	
+ fra2 P 40.0 47.0	
+ fra2 P 20.0 40.0	
+ fra2 P 30.0 15.0	
+ fra1 P 90.0 90.0	

convention AFTES
sélection dans la liste
nbre. points 5 / 19

du 22 JAN. 2004

Sur la représentation graphique du Stéréogramme N° 1, on observe un plan distinct des autres plans et qui correspond certainement à un bloc détaché qui a légèrement basculé bien qu'il ne soit pas tombé.

Les fractures que l'on peut observer, sont très nombreuses et découpent les bancs en forme de parallélépipède aplatis disjoints, de quelques dizaines de kilos à plusieurs dizaines de tonnes.

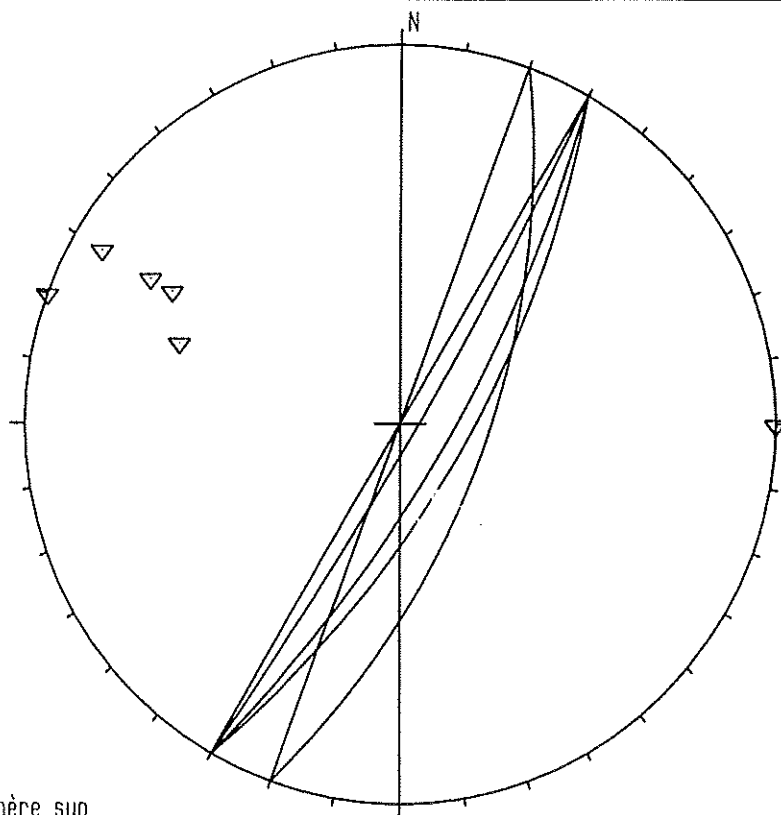
Le système de fracturation représenté dans le Stéréogramme N° 2 montre deux grandes familles de discontinuités.

Stéréogramme N° 2.

Labo Sols Roches Rhéologie

STEREOGRAMME

chantier : Ste Suzanne
zone : 12 96 53 05



hémisphère sup.

WULF

Y lita P	210.0	46.0	▽ fra1 P	300.0	70.0
Y lita P	210.0	45.0	+ fra2 P	30.0	77.0
Y lita P	220.0	47.0	▽ fra1 P	300.0	75.0
Y lita P	222.0	46.0	+ fra2 P	90.0	60.0
+ bloc P	180.0	40.0	+ fra2 P	80.0	66.0
▽ fra1 P	300.0	85.0			
▽ fra1 P	290.0	90.0			
+ fra2 P	50.0	56.0			
+ fra2 P	60.0	60.0			
▽ fra1 P	290.0	64.0			
+ fra2 P	40.0	47.0			
+ fra2 P	20.0	40.0			
+ fra2 P	30.0	15.0			
▽ fra1 P	90.0	90.0			

convention AFTES
sélection dans la liste
nbre. points 6 / 19

...

du 22 JAN. 2004

Un premier réseau (N 20° ; N 30° ; N 40°) qui découpe le plan de la falaise sensiblement orthogonalement.

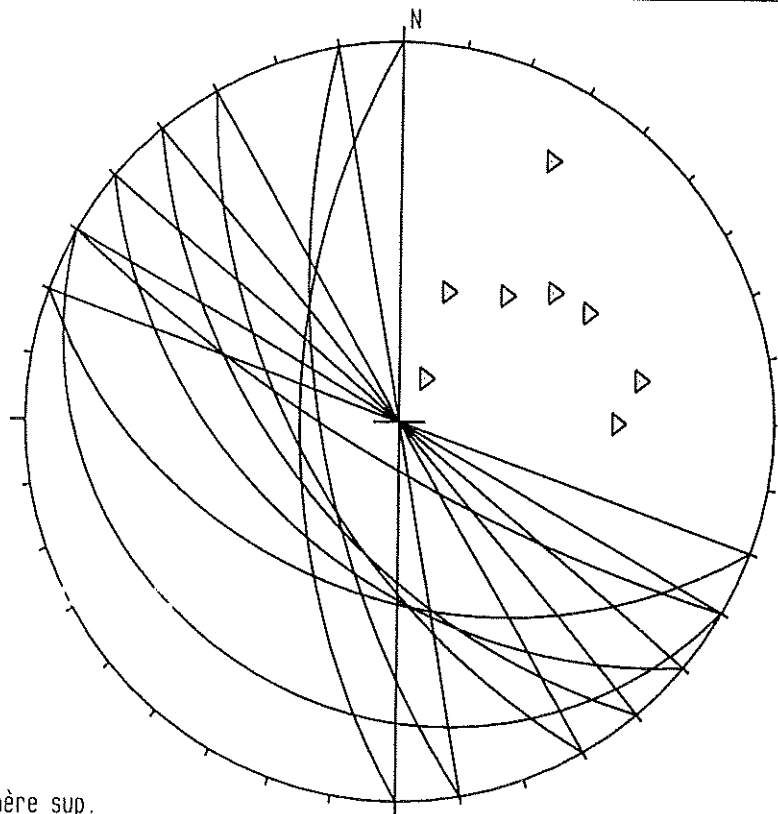
Un second réseau, représenté ci-dessous dans le Stéréogramme N° 3, est légèrement biais au plan de la falaise rocheuse, mais orthogonal au premier réseau de fissuration et orienté N 280° à N 300°.

Stéréogramme N° 3.

Labo Sols Roches Rhéologie

STEREOGRAMME

chantier : Ste Suzanne
zone : 12 96 53 05



hémisphère sup.

WULF

Y lita P	210.0	46.0	▽ fra1 P	300.0	70.0
Y lita P	210.0	45.0	▽ fra2 P	30.0	77.0
Y lita P	220.0	47.0	▽ fra1 P	300.0	75.0
Y lita P	222.0	46.0	▽ fra2 P	90.0	60.0
+ bloc P	180.0	40.0	▽ fra2 P	80.0	66.0
▽ fra1 P	300.0	85.0			
▽ fra1 P	290.0	90.0			
▽ fra2 P	50.0	56.0			
▽ fra2 P	60.0	60.0			
▽ fra1 P	290.0	64.0			
▽ fra2 P	40.0	47.0			
▽ fra2 P	20.0	40.0			
▽ fra2 P	30.0	15.0			
▽ fra1 P	90.0	90.0			

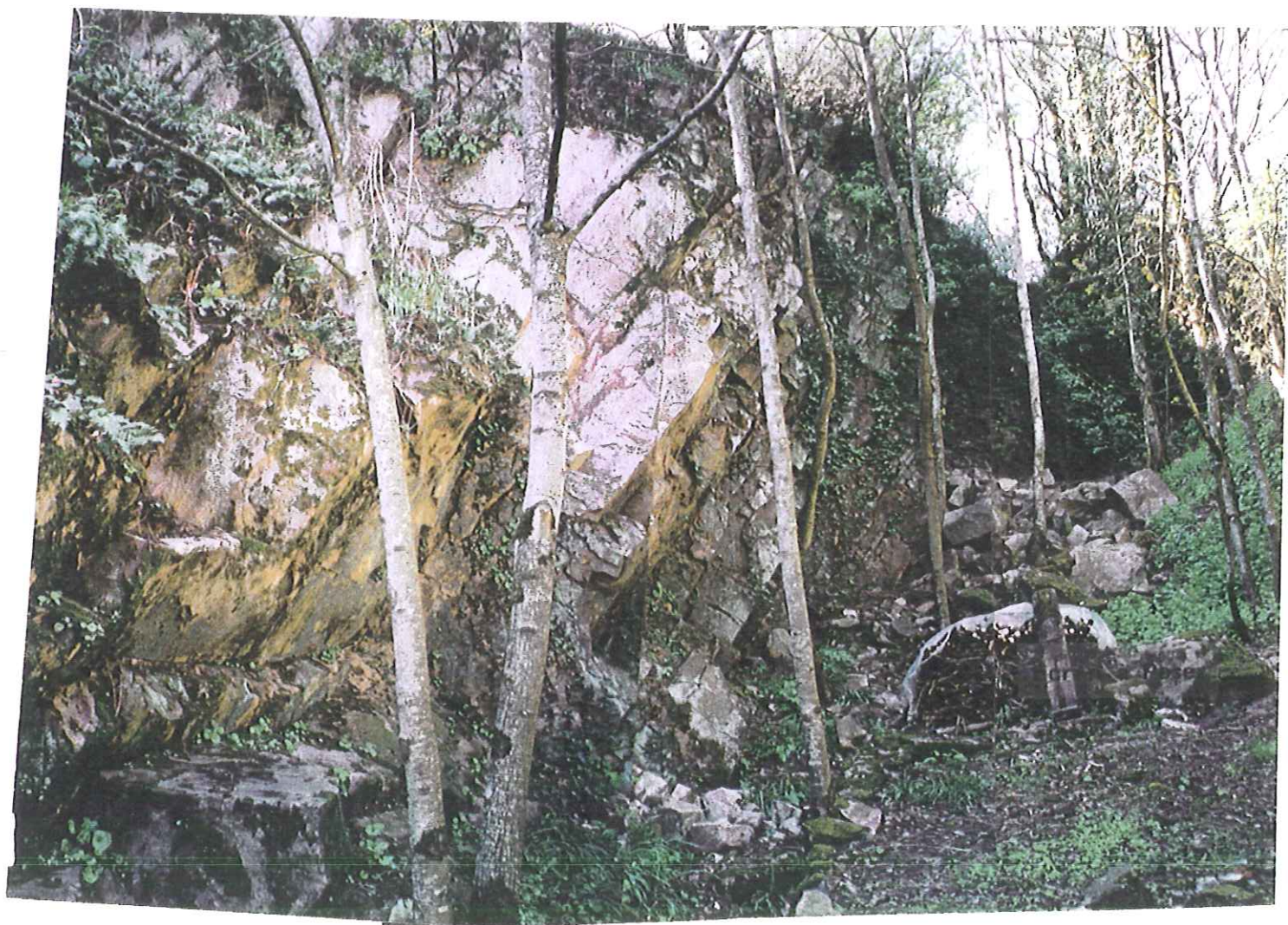
convention AFTES
sélection dans la liste
nbre. points 8 / 19

Les plans de fissuration sont généralement lisses et propres.

On remarque localement la présence de joints altérés et feuilletés parfois sablo-argileux entre certains bancs (ces joints ont une épaisseur de 2 à 10 cm).

Le pas de fissuration des deux réseaux est irrégulier et varie de quelques décimètres à 2 voire 4 mètres, comme le démontre la photo ci-après :

Planche Photographique N°6



Parcelle N°154 Propriété de Mr FOURNIER

du 22 JAN. 2004

Le Stéréogramme N° 4 ci-après résume l'ensemble des plans « moyens » de fissuration et de litage des couches, ainsi qu'un plan de talus vertical correspondant à certaines parties de la falaise étudiée.

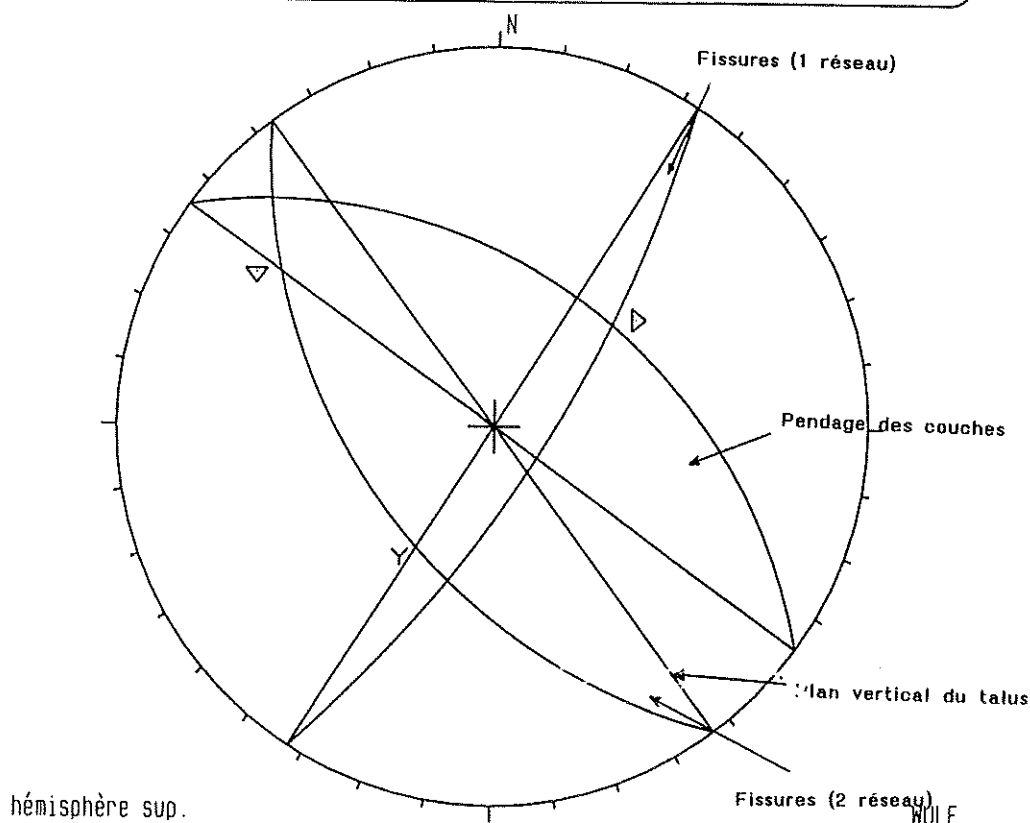
Stéréogramme N° 4.

Labo Sols Roches Rhéologie

STEREOGRAMME

chantier : Ste Suzanne

zone : 12 96 53 05



+ lita	P	210.0	46.0	□ fra1	P	300.0	70.0
+ lita	P	210.0	45.0	◇ fra2	P	30.0	77.0
+ lita	P	220.0	47.0	□ fra1	P	300.0	75.0
+ lita	P	222.0	46.0	◇ fra2	P	90.0	60.0
× bloc	P	180.0	40.0	◇ fra2	P	80.0	66.0
□ fra1	P	300.0	85.0	Y moyL	P	215.5	45.9
□ fra1	P	290.0	90.0	▽ moy1	P	302.5	73.9
◇ fra2	P	50.0	56.0	▷ moy2	P	53.0	50.5
◇ fra2	P	60.0	60.0				
□ fra1	P	290.0	64.0				
◇ fra2	P	40.0	47.0				
◇ fra2	P	20.0	40.0				
◇ fra2	P	30.0	15.0				
□ fra1	P	90.0	90.0				

convention AFTES

sélection dans la liste

nbre. points 3 / 22

LRPC Aix STEREO v6 96

10/ 6/1997

du 22 JAN. 2004

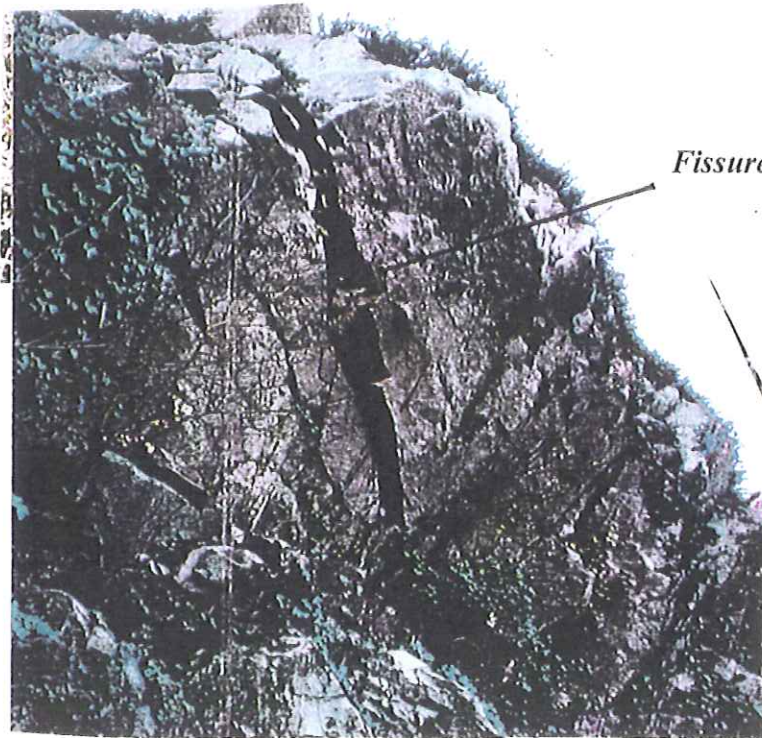
Il ressort de ce stéréogramme que les plans de fracturation et de pendage des couches sont sensiblement orthogonaux. Leur conjugaison conduit à un découpage du massif en blocs grossièrement parallélépipédiques, avec « *appel au vide* » dans une direction approximative N 140°. Pour que cet « *appel au vide* » se manifeste (instabilité des blocs) il faut que le vide existe, c'est-à-dire un talus à pente très raide, voire inverse, dans une direction sécante à celle du déplacement potentiel des blocs.

On peut d'ailleurs observer un tel « *appel au vide* » de blocs découpés, dans le couloir d'éboulis, au-dessus de la parcelle n° 153, où de nombreux surplombs sont très découpés par des fissures ouvertes et où des masses rocheuses de 50 à 70 t se sont décalées horizontalement d'environ 5 cm vers le vide (voir photos ci-dessous).



Vue de détail.

Falaise Nord au-dessus de la propriété de Mme MENANT.

*Fissures ouvertes.*

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004

Vue de détail.

L'ensemble des discontinuités découpe la falaise en blocs élémentaires de taille et poids très variables. Leur stabilité est localement très précaire tant les surplombs et le sous-cavage sont importants. Cet équilibre fragile est aggravé par l'action d'agents extérieurs (érosion, végétation, action humaine...) qui diminuent encore la faible cohésion du massif.

A partir de cet état d'équilibre très précaire, le facteur déclenchant d'un éboulement peut être un événement banal et modeste : vent, gel, bang supersonique, secousse sismique.... L'éboulement peut concerner des masses rocheuses plus ou moins importantes : pans de falaise, chutes de blocs, de pierres, pouvant occasionner des dégâts aux biens et des accidents aux personnes, situés dans les zones vulnérables c'est-à-dire dans la zone de départ, sur la trajectoire et dans la zone réceptrice.

du 22 JAN. 2004

4) ANALYSE DU PROCESSUS DE DÉGRADATION DE LA FALAISE

La zone d'étude est constituée par le versant Nord de la Vallée de l'Erve. Comme tout versant, celui-ci subit un processus « *classique* » d'évolution qui peut être décrit comme suit :

Un versant est caractérisé par une pente où s'exercent des forces gravitaires. En-dehors de celle-ci, un très grand nombre de facteurs interviennent pour le modifier que l'on peut regrouper en :

- Facteurs passifs liés à la nature du substrat.
- Facteurs actifs liés aux agents d'érosion et à l'action humaine.

4.1) Les Facteurs passifs (endogènes)

La zone d'étude ne recèle pas, a priori, de grands accidents tectoniques (faille).

Si tout mouvement général du versant est exclu, il n'en demeure pas moins que les facteurs géologiques (nature de la roche, altération et fissuration...) sont déterminants pour expliquer les phénomènes d'évolution affectant les falaises.

D'une manière générale, les massifs rocheux (surtout d'origine sédimentaire et métamorphisés) ne peuvent être considérés comme des solides continus et isotropes.

Ils sont anisotropes (c'est-à-dire organisés en strates hétérogènes) et affectés par des surfaces dites de discontinuité.

L'origine des discontinuités qui nous intéressent ici, est due en majeure partie aux plans de fracturation de la roche et au pendage des couches qui sont sensiblement orthogonaux et découpent le massif rocheux en blocs parallélépipédiques de taille et poids très variables avec « *appel au vide* ».

du 22 JAN. 2004

Cet « *appel au vide* » se manifeste dans les zones où les surplombs et le sous-cavage sont importants. Il est même favorisé dans les secteurs où le sous-cavage a été accentué par l'action humaine au cours des exploitations locales de la roche pour la construction ou la voirie.

4.2) Les Facteurs actifs (exogène)

Comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, le facteur déclenchant d'un éboulement de masses rocheuses peut être un événement banal et modeste tel que :

- le vent, le gel, un bang supersonique ou une secousse sismique, même de très faible intensité, et l'érosion.

4.2.1) Le Vent

Lors des tempêtes, le vent balaie le versant en provoquant des ébranlements et des forces qui mettent en mouvement directement ou par le biais de la végétation les petits blocs qui ont pu être déchaussés au préalable.

4.2.2) Le Gel

Le gel est souvent le facteur climatique le plus important de désordres de stabilité.

Il agit :

- au niveau des fissures plus ou moins ouvertes qui parcourent la roche
- au niveau de la matrice poreuse située entre ces fissures.

Si la roche est ici intrinsèquement peu gélive, le gel provoque cependant l'éclatement de la roche par la pression de la glace au sein des fissures et avec l'aide de la gravité facilite la chute des blocs.

du 22 JAN. 2004

4.2.3) Les Eaux de ruissellement

L'érosion et la végétation sont de même des facteurs aggravants qui peuvent accentuer le processus d'éboulement.

Les eaux de ruissellement et les pluies battantes se conjuguent et circulant préférentiellement dans les fissures de la roche augmentent la teneur en eau des argiles ou sables constituant les joints entre les bancs gréseux. Ces argiles ou sables saturés, exercent des pressions importantes au sein du massif et accentuent ainsi l'élargissement des fissures préexistantes.

4.2.4) La Végétation

La végétation joue également un rôle important dans les phénomènes d'érosion. Les racines cheminent dans les fissures, les écartent et disloquent les pans rocheux. L'eau de ruissellement qui s'infiltre alors dans les fissures ouvertes en entraînant des matériaux fins contribue au développement racinaire. Les arbres qui atteignent un certain développement constituent, sous l'action du vent, des « *leviers puissants* » pour déchausser les blocs fissurés et provoquer leur chute.

4.2.5) L'Action de l'homme

Pour la stabilité de ce versant rocheux, l'action de l'homme a été localement négative.

On observe en effet des sous-cavages liés directement à l'action humaine qui a exploité la roche en carrière pour des usages domestiques (pavés, moellons, etc...)

Bénéficiant de « *l'appel au vide* » naturel des bancs rocheux, ces exploitants ruinaient la base du pan rocheux pour favoriser le basculement naturel dans le vide. Ils ne leur restaient ensuite qu'à tailler les blocs tombés.

Cette méthode, très simple, n'était pas sans danger pour les ouvriers qui à tout moment pouvaient se retrouver sous un effondrement.

du 22 JAN. 2004

Le long des couloirs d'éboulis actuels, on retrouve de nombreuses traces de cette méthode d'exploitation qui a laissé derrière elle de nombreux surplombs instables. Ce sont ces « *surplombs* » qui continuent à évoluer et qui constituent la principale menace pour les biens et les personnes.

5) CARACTÉRISTIQUES DES ALÉAS

Les aléas sont ici du type « *Mouvements de Masses Rocheuses* ».

Les chutes de masses rocheuses sont des mouvements rapides, discontinus et brutaux résultant de l'action de la pesanteur et affectant des matériaux rigides, durs et fracturés.

Ces mouvements sont imprévisibles.

En ce qui concerne les éléments éboulés, on distingue :

- les pierres, d'un volume inférieur à 1 dm^3
- les blocs, d'un volume compris entre 1 dm^3 et 1 m^3
- les gros blocs d'un volume supérieur à 1 m^3 .

Suivant le volume total éboulé, on distingue habituellement :

- les chutes de pierres ou de blocs, d'un volume inférieur ou égal à quelques centaines de m^3
- les éboulements en masse, d'un volume allant de quelques milliers de m^3 à quelques centaines de milliers de m^3
- les éboulements en grande masse : d'un volume supérieur au million de m^3 .

Selon cette terminologie, les événements connus à SAINTE-SUZANNE se sont limités à des chutes de pierres, blocs et gros blocs dont le volume total n'a pas excédé quelques centaines de m^3 .

du 22 JAN. 2004

Nous distinguerons néanmoins, deux phénomènes, dont la cinématique est différente :

- les chutes de blocs
- l'éboulement de pan de falaise.

5.1) Les Chutes de blocs

Les blocs qui se détachent du sommet peuvent rouler et rebondir surtout s'il rencontre un couloir sécant avec forte pente.

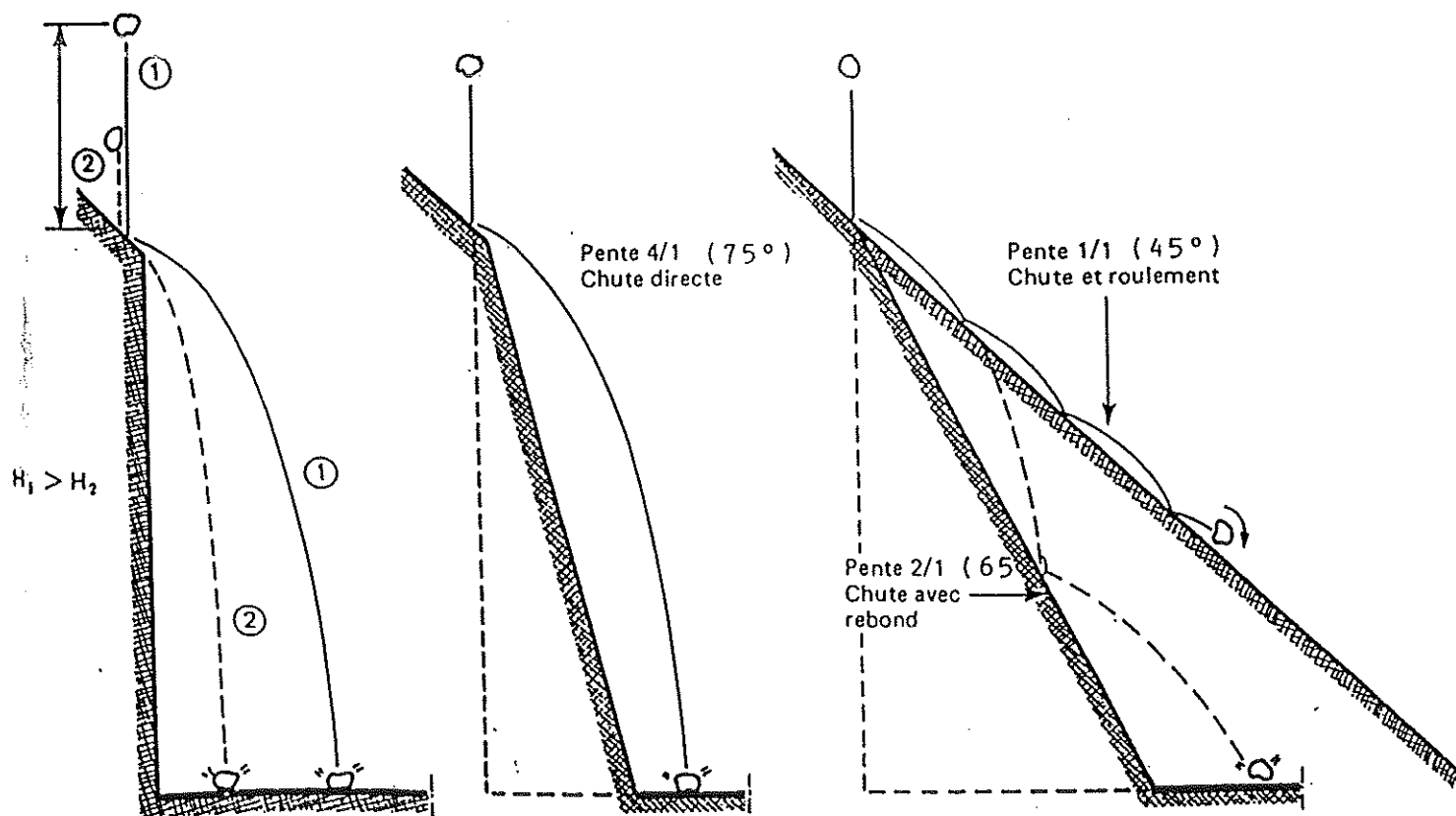
Ensuite, ils se stabilisent dans une zone dite d'épandage.

Chaque roche possède un profil théorique de stabilité : la pente naturelle des grès rocheux est proche de la quasi verticalité.

La pente de talus et sa conformité générale sont des éléments essentiels pour apprécier la zone d'épandage des blocs.

Le schéma ci-dessous illustre les trajectoires théoriques suivies par un bloc, en fonction de la pente de la falaise.

Schéma de trajectoires en fonction de pentes différentes



du 22 JAN. 2004

A SAINTE-SUZANNE, la cinématique est différente puisque les surplombs rocheux présentent un « *fruit négatif* » le long de « *couloirs d'éboulis* » présentant des pentes comprises entre 35 et 45°.

Lorsqu'un bloc se détache du massif rocheux, il tombe irrémédiablement dans le couloir sécant à la paroi et sa trajectoire suit la ligne de plus grande pente.

Cependant, sa trajectoire reste aléatoire car elle est conditionnée par l'énergie de rotation à chaque impact mais aussi par la nature du sol récepteur, la densité de la végétation et les obstacles éventuels (arbres, habitations...)

Tous ces obstacles peuvent modifier notablement les distances parcourues par les blocs et donc l'étendue de la zone d'épandage.

5.2) L'éboulement de pans de la falaise

Par pan (ou panneau) rocheux, on comprend une partie de falaise détachée du massif par un réseau de diaclases (fissures), mais qui concerne la hauteur totale de la falaise ou à défaut une grande partie de celle-ci.

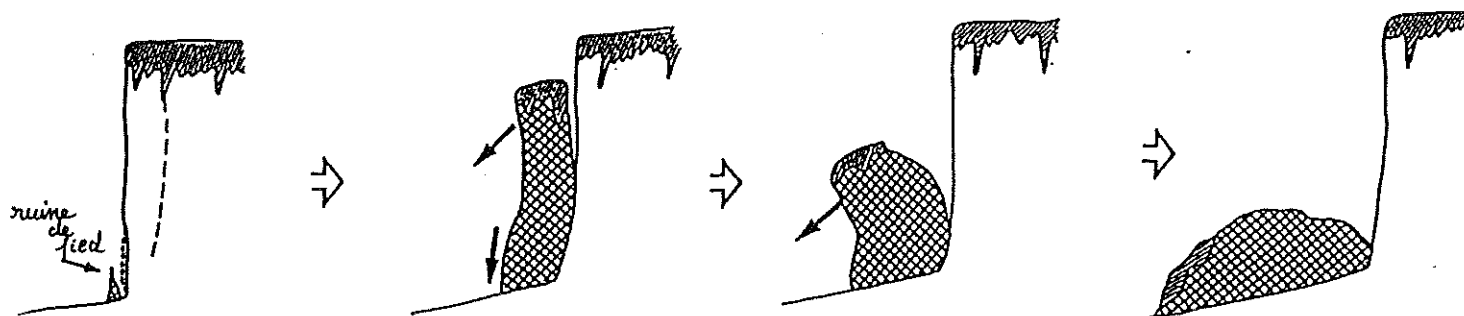
Souvent, on constate que ce phénomène a pour origine une ruine du pied du panneau rocheux.

Cette ruine peut être provoquée par l'eau essentiellement mais pour le cas présent par l'action humaine dont les petites exploitations ont sous-cavé le pied du massif.

La ruine du pied entraîne un dépassement de la résistance à la traction du matériau qui se trouve en position de surplomb.

La cinématique de rupture est très rapide et dans le cas présent se fait selon un scénario de « *rupture par basculement* » illustré par le schéma ci-dessous :

Rupture par basculement (a)



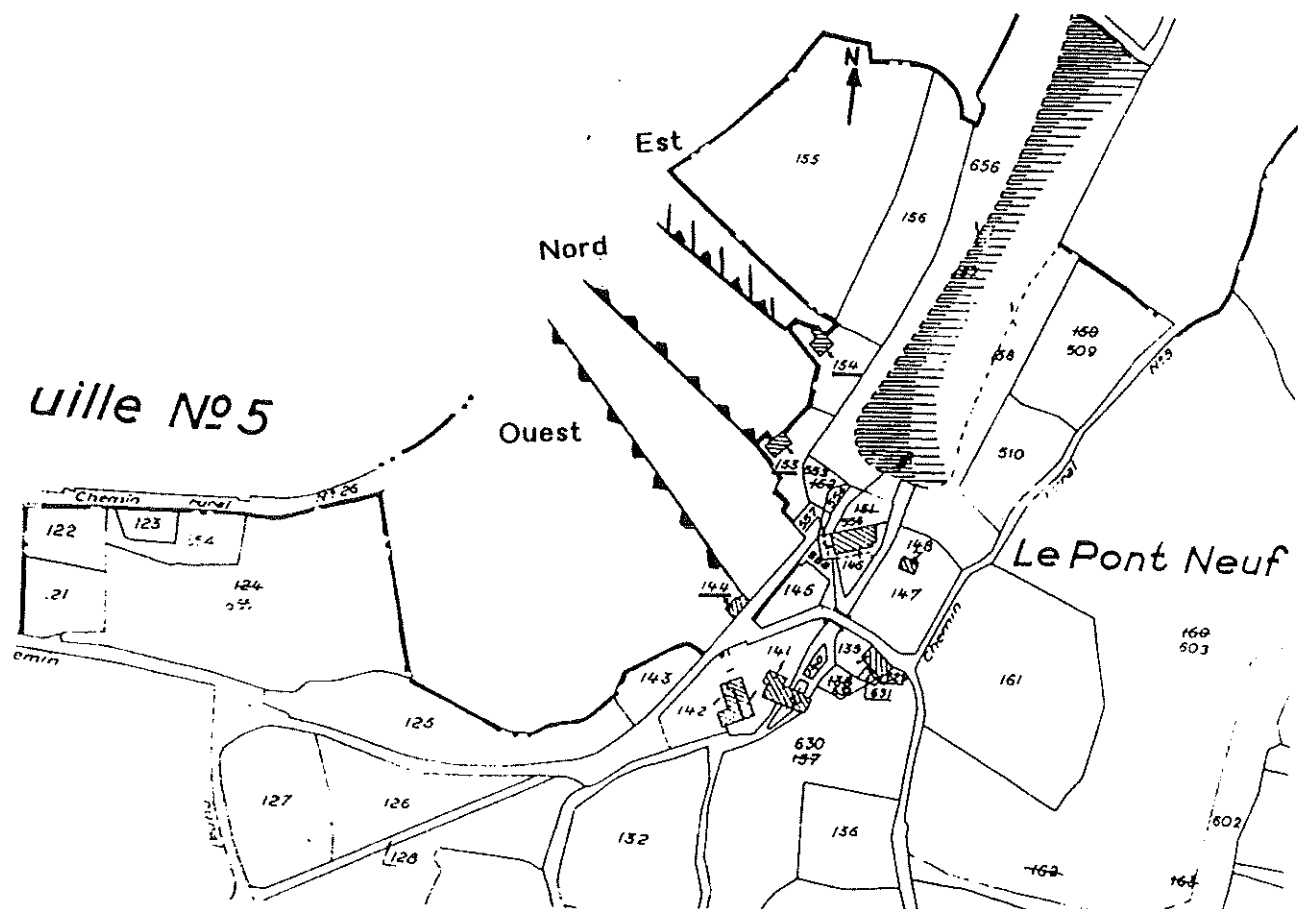
Ce scénario est d'autant plus actif quand les pans rocheux présentent un pendage naturel vers le vide et que la zone réceptrice est en forte pente, comme cela est le cas pour les falaises « *Ouest* » et « *Nord* » avec présence de véritables « *couloirs d'éboulis* ».

du 22 JAN. 2004

6) LOCALISATION DES ALÉAS

Les aléas de type éboulement de masses rocheuses sont situés dans les zones du site présentant des talus ou « *falaises* » verticales et sous-cavées.

Nous avons divisé la zone d'étude en trois « falaises » repérées Ouest, Nord et Est, comme l'indique le plan sommaire ci-dessous :



du 22 JAN. 2004

6.1) Falaise Ouest

Il s'agit de la partie rocheuse située en arrière de l'habitation sur la parcelle n° 144. Après examen, cette falaise ne présente pas de risques importants pour l'habitation.

Néanmoins sur la partie de falaise située à l'arrière droit de la maison, quelques blocs de faible volume sont instables et seront à purger manuellement (quelques kilos à dizaines de kilos).

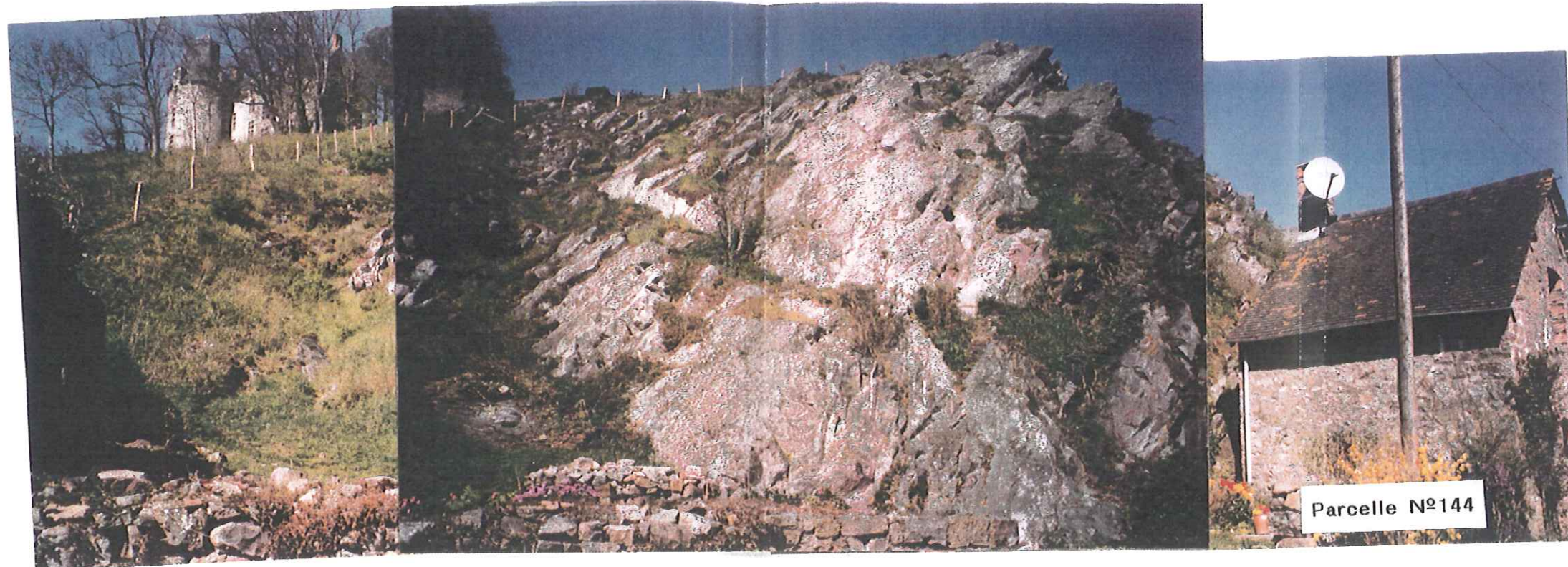
A l'extrémité Ouest de la zone, deux blocs instables seront à purger. Au sommet de la zone, en bordure du chemin de la POTERNE, on observe quelques blocs isolés, plus ou moins découpés mais qui ne présentent pas a priori de risques de chute.

Sous la principale falaise Ouest, on remarque un couloir d'éboulis. Au-dessus de ce couloir, on observe deux surplombs rocheux très fissurés avec des blocs potentiellement instables de quelques dizaines de kilogrammes à quelques tonnes.

A la base du couloir d'éboulis, le terrain naturel marque un léger replat où une végétation dense d'arbustes s'est développée. Des blocs provenant d'éboulements antérieurs sont visibles au pied de ces arbres. Dans sa partie la plus raide, le couloir d'éboulis a une pente approximative de l'ordre de 45°.

Le développement de la végétation n'a pas permis de prendre des photographies de ce couloir d'éboulis.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 200



FALAISE OUEST



Commune de STE SUZANNE PPR

Planche Photographique N°9

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004



Propriété de Mr LE ROY

Parcelle N°144

FALAISE OUEST

du 22 JAN. 2004

6.2) Falaise Nord

Elle est située à l'arrière de la parcelle n° 153 et constitue la zone la plus instable, présentant encore une grande vulnérabilité malgré les travaux de mise en sécurité qui ont été réalisés en Décembre 96 par la Société OUEST-ACRO à la suite des événements du 5 Décembre 96.

Dans cette zone, on remarque tout d'abord un couloir d'éboulis de direction N 140° et de pente estimée à 35° qui se termine au pied de l'habitation de Mme MÉNANT. Ce couloir d'éboulis met la maison et ses occupants en péril permanent en cas de chutes de blocs ou d'effondrement de masses rocheuses dont les trajectoires sont systématiquement dirigées vers la maison.

Dans ce couloir juste au-dessus de la maison (pignon Ouest), on observe plusieurs surplombs rocheux très découpés par des fissures ouvertes (ces masses sont estimées entre 150 à 200 t). Les bancs ont une épaisseur qui varie de 0,20 à 2 m environ.

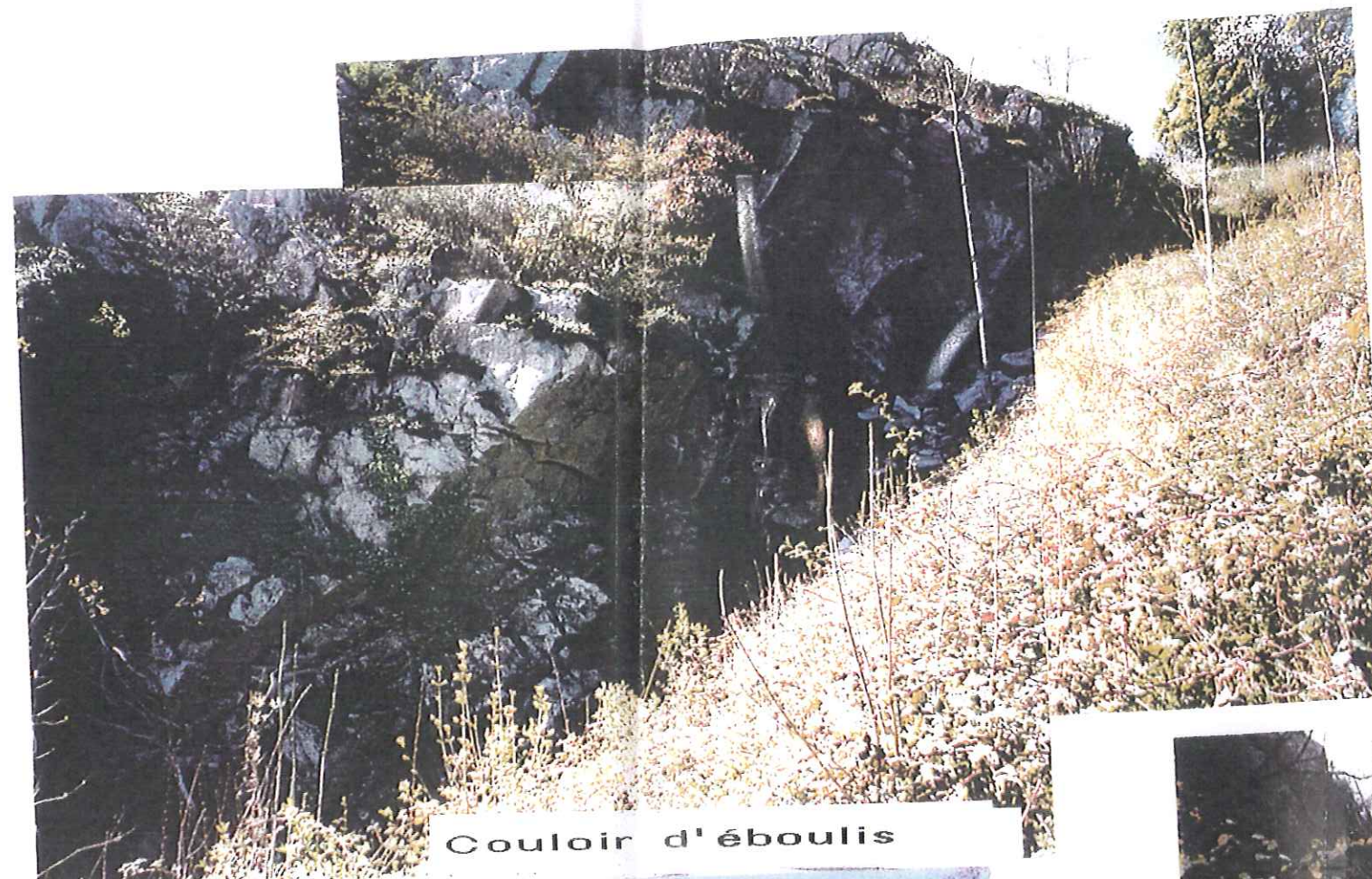
A mi-hauteur dans le couloir (voir planche N° 10) une masse rocheuse importante a déjà bougé (fissures ouvertes et décalage horizontal de 5 cm environ vers le vide). Cette masse rocheuse de 3 m de hauteur par 3 m de largeur représente environ 20 à 25 m³ (soit de 50 à 70 t).

Au-dessus, en tête du couloir d'éboulis, la zone a été purgée et nettoyée par la Société OUEST ACRO, réduisant les risques à court terme mais n'écartant pas totalement à long terme la chute de blocs de quelques tonnes.

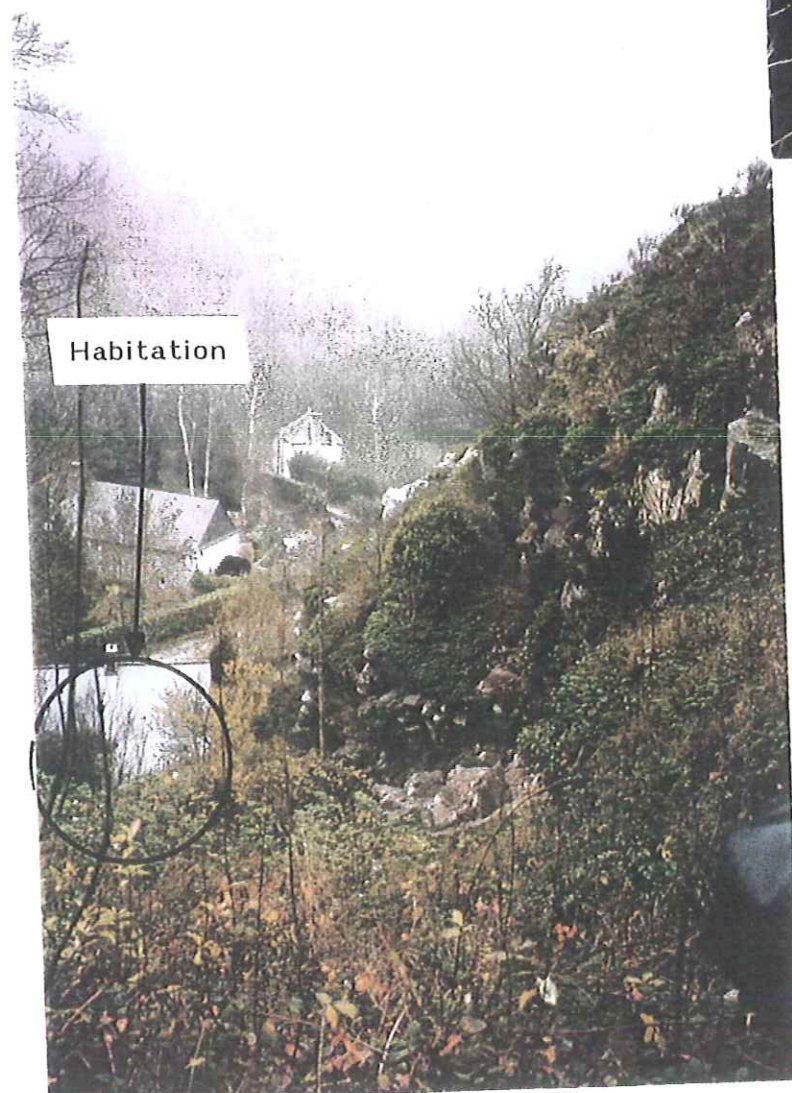
Dans toute cette zone, la végétation et les arbustes sont très développés sur la paroi rocheuse, la masquant localement et empêchant de faire des observations plus détaillées, sur sa stabilité.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004

FALAISE NORD

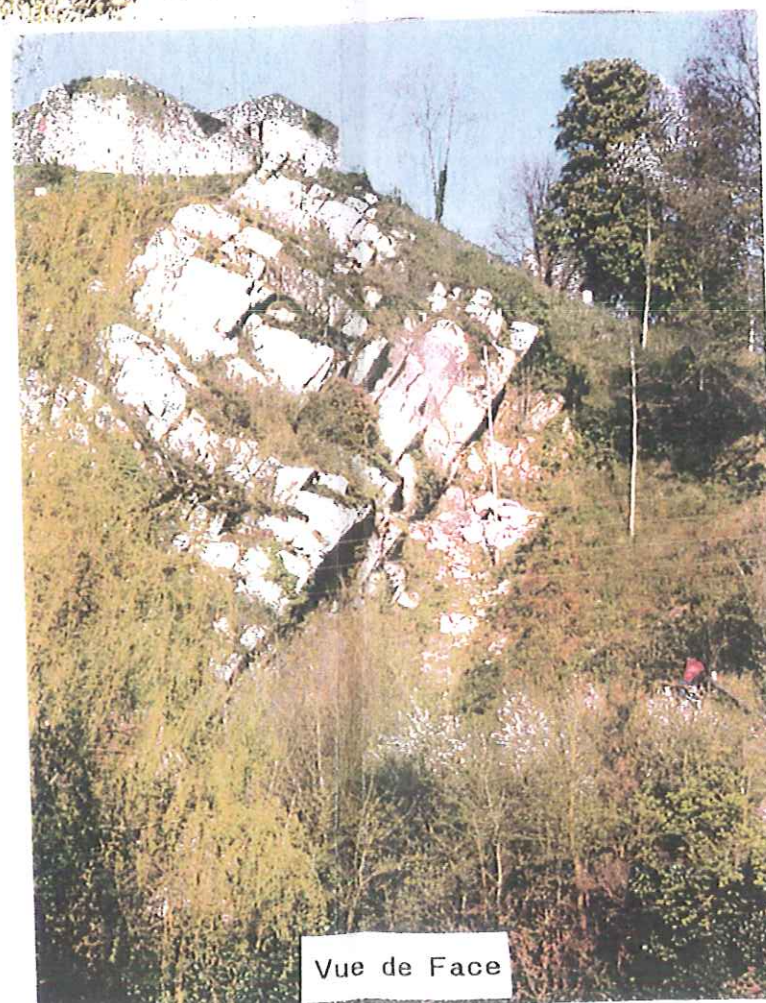


Couloir d'éboulis



Habitation

Vue d'en Haut



Vue de Face



Ecran à Poser

Vue d'en Bas

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004



Blocs à Purger

Falaise au Nord de la Propriété de Mme MENANT



Vue de détail



Vue de détail

22 JAN. 2004

6.3) Falaise Est

Cette zone rocheuse est située derrière l'habitation édifée sur la parcelle n° 154.

Ici la pente du terrain naturel en pied de falaise est inférieure à 10° (quasi horizontale). La hauteur de la falaise est estimée à 10 mètres maximum dans sa partie Nord. L'estimation des masses des blocs instables les plus gros pouvant se détacher est de l'ordre de 2 à 3 t.

On observe déjà de nombreux blocs éboulés en pied de falaise, de quelques kilogrammes à environ 2 t. Ces blocs restés sur place au pied du talus rocheux forment un écran naturel susceptible d'arrêter d'autres blocs.

Sur le côté gauche de la maison (pignon Ouest), on peut observer des sous-cavages de la falaise avec en pied des moellons de grès taillés dans la paroi rocheuse, sans doute en vue d'une utilisation en maçonnerie.

Cette falaise ne présente pas directement de risques pour l'habitation et ses occupants. Cependant, elle en présente pour les personnes qui iraient au pied de la paroi car la possibilité de nouvelles chutes de blocs ou de pierres ne peut être écartée à court ou moyen terme.

Un autre risque important pour les personnes se situe, dans cette partie, au sommet de la falaise. En effet, le chemin de randonnée qui mène au château en montant entre les parcelles n° 153 et n° 154, passe en crête de la falaise qui surplombe la parcelle n° 154. Le risque de chute (de l'ordre d'une dizaine de mètres) d'un promeneur est important, notamment si des blocs se détachaient en sommet de falaise. On peut prévoir que le chemin serait partiellement emporté dans le cas d'un éboulement de cette partie de la falaise.

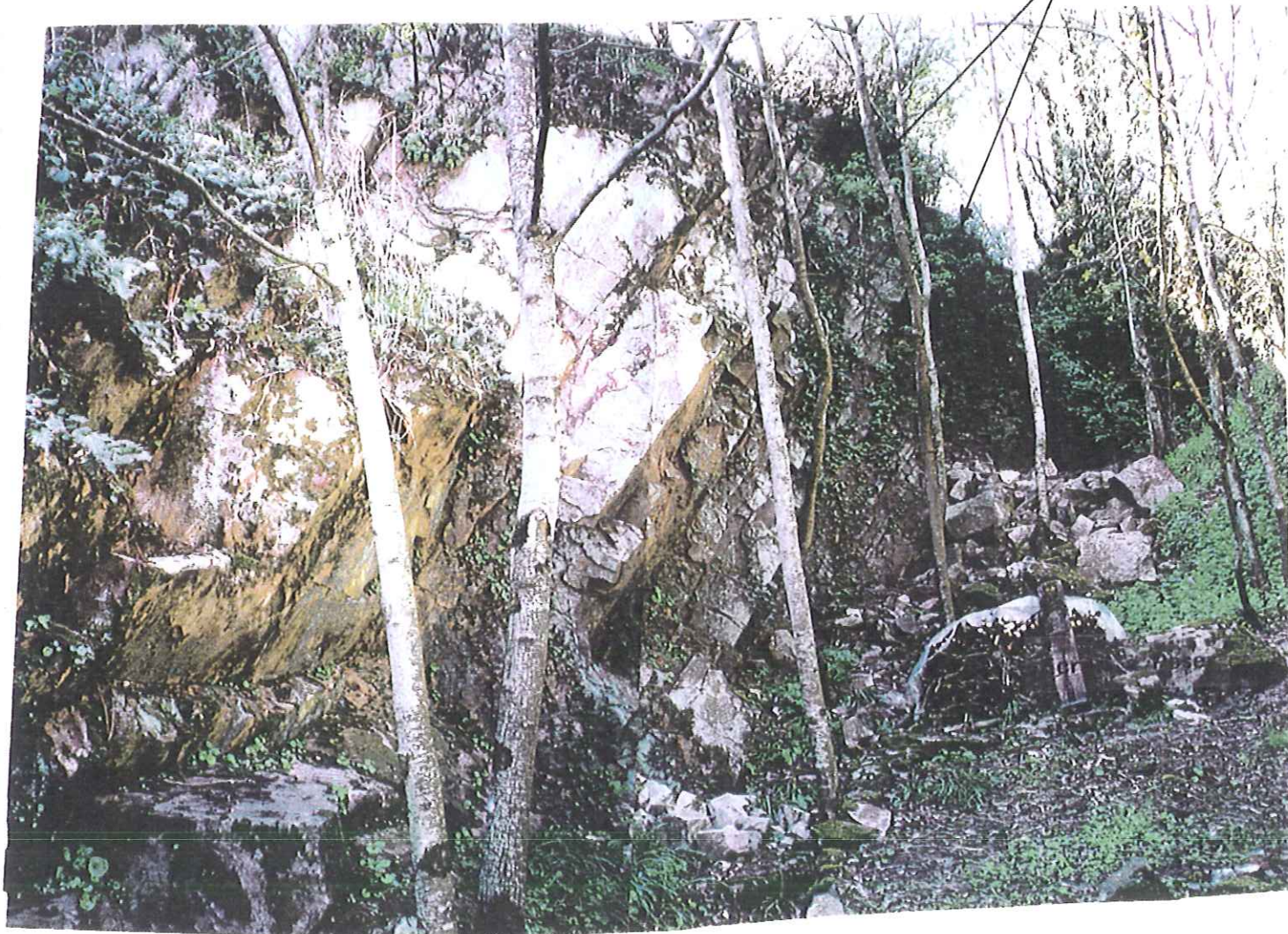
Commune de STE-SUZANNE PPR

Planche Photographique N°12

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004

Falaise EST

Chemin piétonnier



Propriété de Mr FOURNIER Parcelle N°154

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004

7) CRITÈRES DE CLASSEMENT DES ALÉAS

L'inspection des parties rocheuses a été effectuée visuellement sans recours à une nacelle élévatrice (en raison d'inaccessibilité en pied) ni progression encordée sur la falaise elle-même.

De même, la végétation dense a localement rendu les observations impossibles notamment au cœur même des « couloirs d'éboulis ».

La représentation graphique des phénomènes qui a été utilisée est rappelée dans le tableau ci-après :

<i>Phénomène</i>	<i>Indice Représentatif</i>	
	<i>Actif</i>	<i>Potentiel</i>
<i>Écroulement de Masses Rocheuses</i>	<i>MR</i>	<i>mr</i>
<i>Chute de blocs</i>	<i>CB</i>	<i>cb</i>
<i>Ravinement</i>	<i>R</i>	<i>r</i>

Les observations sont transcrites dans la cartographie d'aléas des falaises (*Annexe B*).

Quatre niveaux d'aléas ont été retenus pour cette carte en croisant les critères suivants :

- l'importance des phénomènes
- leur probabilité d'occurrence.

Ces quatre niveaux se traduisent sur la carte par les couleurs suivantes :

- **Blanc** : Aléa présumé nul (aucun élément disponible pour classer cette aire en zone d'aléa).
- **Vert clair** : Zone d'aléa jugé faible (estimation d'une faible probabilité d'occurrence et d'un aléa peu important).
- **Vert moyen** : Zone d'aléa jugé moyen (estimation d'une forte probabilité d'occurrence ou d'un aléa important).
- **Vert foncé** : Zone d'aléa jugé élevé (estimation d'une forte probabilité d'occurrence et d'un aléa important).

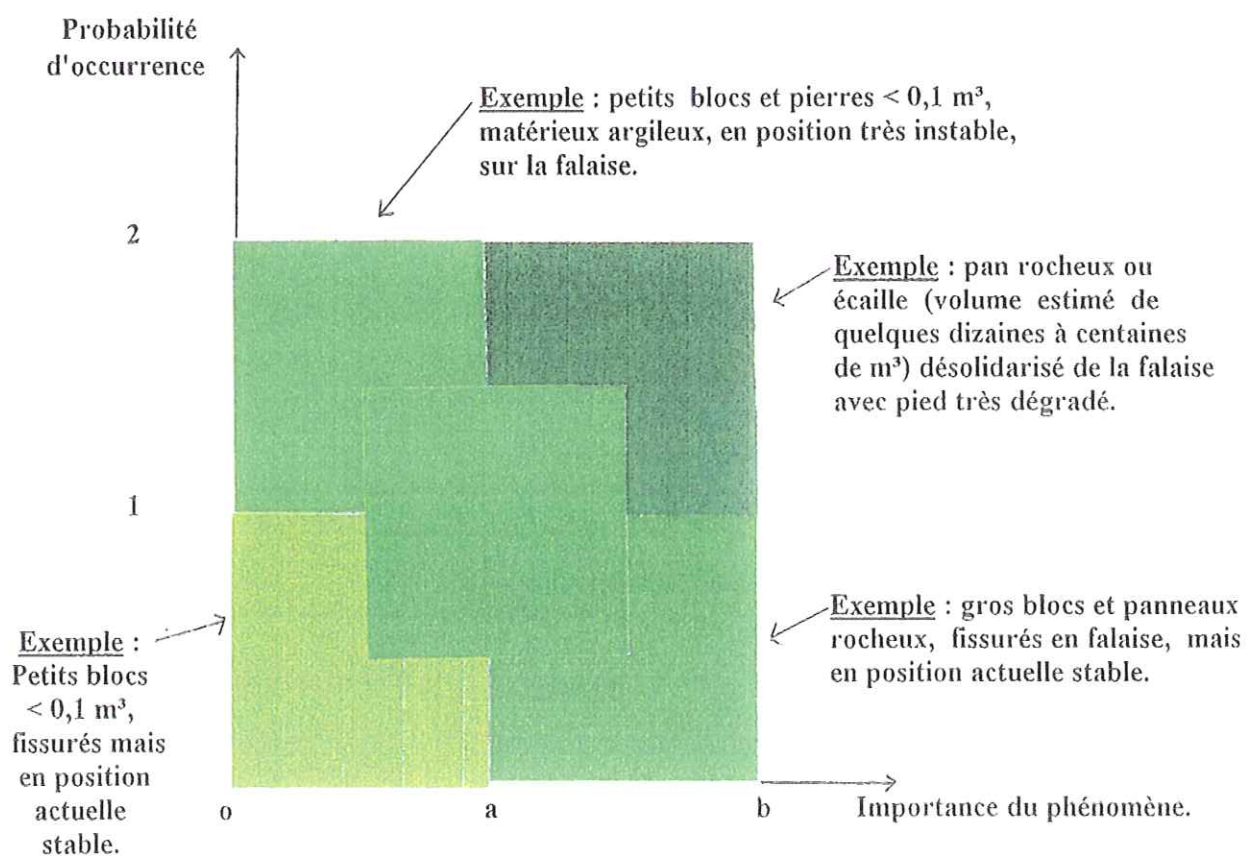
du 22 JAN. 2004

Critères de classement de l'aléa.

<i>Importance du phénomène</i>	<i>Nature</i>
<i>a</i>	. Chute de pierres et blocs isolés peu volumineux $< 0,1 \text{ m}^3$. . Glissements de terre végétale en sommet de talus ($< 1 \text{ m}^3$)
<i>b</i>	. Chute de blocs $> 0,1 \text{ m}^3$. . Pans rocheux instables ($> 100 \text{ m}^3$). . Coulées boueuses ($> 1 \text{ m}^3$) dans des zones construites ou sur les voiries.

<i>Probabilité d'occurrence</i>	<i>Nature</i>
<i>1</i>	. Pas d'évènements connus. . Présence de quelques indices d'instabilité.
<i>2</i>	. Existence d'antécédents plus ou moins graves. . Indices forts d'instabilité : blocs en équilibre précaire, fissures ouvertes découpant des écaillles rocheuses.

Le schéma ci-dessous illustre cette démarche :



8) VULNÉRABILITÉ

La vulnérabilité a été prise en compte en terme de dommages aux biens et aux personnes selon les conséquences des aléas recensés.

Elle concerne ici :

- les constructions et les habitants
- les usagers du chemin de randonnée, de la voie communale et des terrains situés sous le château.

Le danger potentiel pour les vies humaines résulte de la combinaison d'une notion temporelle (occurrence, probabilité) et d'une notion de gravité du phénomène considéré. Les niveaux d'aléas peuvent être différents en termes de vies humaines de ceux définis dans la carte d'aléas en termes d'intensité. Le manque d'expérience dans ce domaine ne nous permet pas de définir de relation stricte entre les deux, et nous proposons simplement de parler de gravité plus ou moins grande des phénomènes selon l'échelle suivante :

<i>Gravité</i>	<i>Préjudices humains</i>	<i>Exemples de phénomènes</i>
<i>Très faible</i>	<i>pas d'accident</i>	<i>glissement lent (< 1 m/h)</i>
<i>Moyenne</i>	<i>accident isolé</i>	<i>glissement rapide</i>
<i>Forte</i>	<i>quelques victimes</i>	<i>chutes de blocs</i>
<i>Majeure</i>	<i>quelques dizaines de victimes</i>	<i>éboulement de masses rocheuses</i>

En-dehors des habitations et biens particuliers, il n'y a pas à notre connaissance d'équipements sensibles exposés dans le périmètre d'étude ni d'équipements « *spéciaux* » présentant des risques d'explosion, d'incendie ou d'émanation de produits dangereux.

Aucun bâtiment dont la protection est primordiale pour les besoins de sécurité civile (service incendie, hôpital, maison de retraite, ERP...) n'a été recensé dans le périmètre du P.P.R.

du 22 JAN. 2004

Nous avons défini sur la carte de vulnérabilité (*Annexe C*) trois niveaux de vulnérabilité :

- faible (en jaune)
- moyen (en orangé)
- fort (en rouge).

* Le niveau fort correspond aux couloirs d'éboulis situés à l'Est de la parcelle 144 et à l'arrière de la parcelle 153 (propriété de Mme MÉNANT) ainsi que sur le chemin de randonnée à l'Ouest de la parcelle N° 154.

Sans parade éventuelle contre les chutes de blocs, une partie de la voie communale serait également concernée en cas d'éboulements de masses rocheuses de la falaise Ouest.

* Le niveau moyen correspond à des zones d'épandage de blocs ou pierres se détachant du massif rocheux et pouvant occasionner des dommages aux personnes.

* Le niveau faible représente l'ensemble du versant rocheux où l'on pourrait observer de rares accidents corporels et individuels de promeneurs égarés.

En terme de vulnérabilité majeure des personnes et des biens, seule la maison de Mme MÉNANT (parcelle 153) est directement concernée.

Pour le reste de la zone d'étude, il s'agit d'une vulnérabilité moyenne à faible relative aux promeneurs pouvant être atteints par des pierres ou blocs se détachant des parois rocheuses ou aux promeneurs empruntant le chemin de randonnée et pouvant être précipités dans le vide au-dessus de la parcelle 154.

9) LES PARADES CONFORTATIVES ET LES COÛTS

Elles sont de trois grands types pour conforter les falaises :

➤ la première solution consiste après nettoyage de toute la végétation, à réaliser une purge totale de toutes les masses rocheuses instables et surplombs en « *appel au vide* ». Cette solution qui apporterait à terme une sécurité maximale, présente des inconvénients et risques importants difficiles à prévoir et à maîtriser qui pour les principaux sont :

- estimation aléatoire du volume total à purger,
- important volume à évacuer, nécessitant des engins de chantier lourds qui manqueront d'accessibilité au pied des falaises
- risque de mise en péril pendant les travaux des habitations dans l'axe des couloirs d'éboulis par l'impossibilité de contrôler la trajectoire des blocs
- assurer la stabilité des pans rocheux nettoyés par clouage et filet de protection
- modification notable de l'aspect du site.

On peut estimer cette solution à plusieurs dizaines de millions de francs tant les impondérables sont importants.

➤ la seconde solution envisageable consiste à réaliser des purges locales et surtout le clouage des masses rocheuses pour les resolidariser entre elles au massif et s'opposer à leur chute.

Cependant, cette solution serait très difficile à mettre en œuvre car les tirants d'ancrage doivent être positionnés dans deux directions opposées compte tenu des plans de fissuration et du sous-cavage.

Ainsi, les tirants à réaliser en sous-œuvre pour s'opposer à « *l'appel au vide* » mettraient en péril le personnel de l'entreprise chargée des travaux car les vibrations engendrées lors de la foration pourraient provoquer la chute des masses rocheuses en surplomb.

du 22 JAN. 2004

Cette solution nécessiterait un nombre très élevé d'ancrages (quelques centaines à 1 millier) avec une grande incertitude sur leur longueur ce qui rend cette proposition très onéreuse et impossible à estimer autrement que par un travail en régie.

➤ la troisième solution contrairement aux deux précédentes qui avaient pour objectif d'intervenir à la « *source* » des aléas, consisterait en la mise en place de parades actives et passives pour garantir un niveau de sécurité satisfaisant des biens et des personnes.

- parades actives ponctuelles : purges locales, pose de grillage, quelques ancrages...
- parades passives : ouvrages de protection, barrières dynamiques pour freiner et arrêter les blocs...

Pour mettre en œuvre ces différentes parades, il faut au préalable recenser :

- les zones soumises à risque : au départ, sur la trajectoire et dans la zone réceptrice
- ce que l'on veut protéger sélectivement : les biens, les usagers...

Dans le chapitre de localisation des Aléas, les zones à risque ont été recensées comme :

- le couloir d'éboulis Ouest
- le couloir d'éboulis Nord
- la falaise Est.

Le montant estimé des travaux pour la mise en œuvre de ces parades serait de l'ordre de 1 à 1,5 million de francs, sans démolition de l'habitation de Mme MÉNANT (parcelle 153).

Dans une variante avec démolition de la maison, le coût des travaux serait compris entre 400 et 500.000 F.

ANNEXES

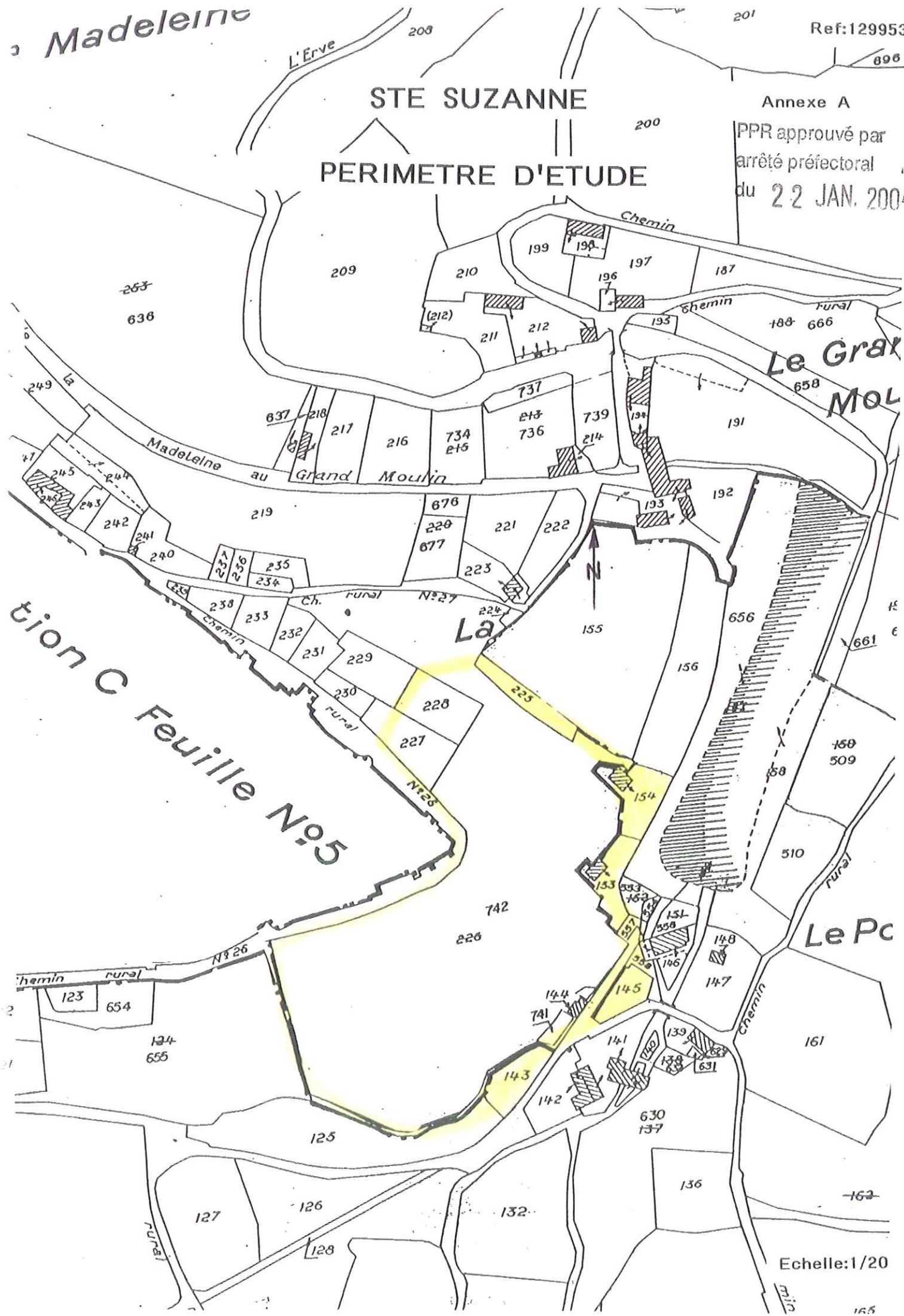
Madeline

Ref:129953

STE SUZANNE
PERIMETRE D'ETUDE

Annexe A

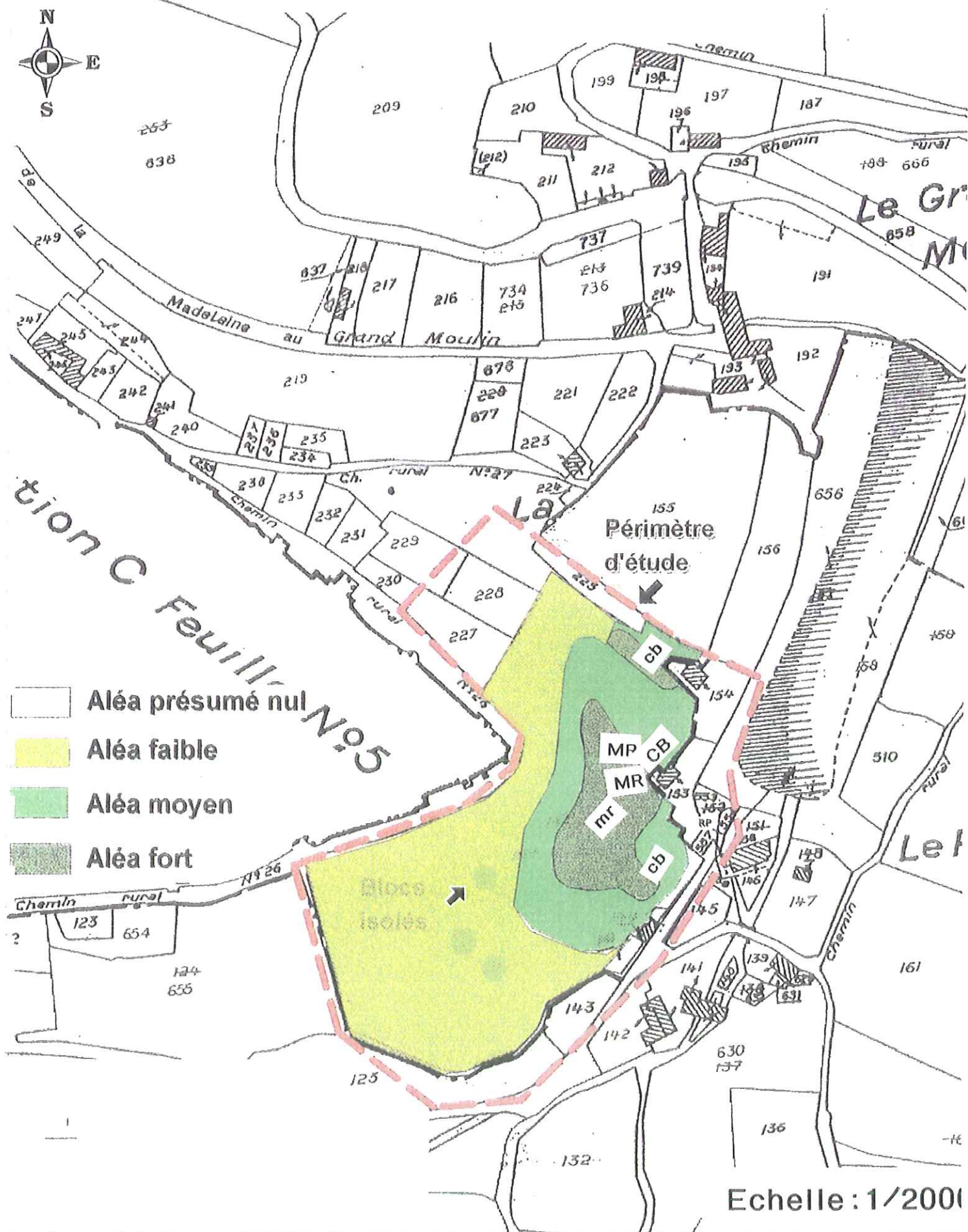
PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004



tion C Feuille N°5

Echelle:1/20

du 22 JAN. 2004



Echelle : 1/2000

Madeleine

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 22 JAN. 2004

STE SUZANNE

Ref:12.99.53.06
Annexe :C

Cartographie de la Vulnérabilité

