



Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications

DOCUMENT PUBLIC

Mise en sécurité des ardoisières souterraines de Châtel (74)

Diagnostic et approche des moyens à mettre en oeuvre

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 96-H-306

septembre 1996
R 39098



Mots clés : Risques, ardoisières, sécurité, travaux.

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

Mise en sécurité des ardoisières souterraines de Châtel (74). Diagnostic et approche des moyens à mettre en oeuvre. Rapport BRGM R 39098, 46 pages, 18 figures, 2 annexes.

© BRGM, 1996, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Les ardoisières de Châtel (74), ont été exploitées jusqu'en 1986, époque à laquelle, un écoulement s'est produit, obturant totalement l'une d'entre elles. Un arrêté préfectoral imposait alors aux trois exploitants restants de cesser toute activité tant que la sécurité du site ne serait pas rétablie. Il s'agissait alors de réaliser dans un premier temps une étude ayant pour objectif d'identifier les menaces résiduelles puis de proposer les mesures destinées à rétablir une éventuelle activité ou à abandonner les exploitations.

Aujourd'hui, alors que ces moyens n'ont pas été engagés, la DRIRE Rhône-Alpes a souhaité recueillir un diagnostic de la situation, associé à des recommandations relatives à la mise en sécurité.

Les différents aspects suivants ont été abordés :

- examen du dossier administratif.
- enquête auprès des anciens exploitants.
- observations de terrain.

Ces investigations montrent que :

- dans la partie souterraine, les exploitations les plus anciennes qui ont été abandonnées entre 1949 et 1971 se trouvent dans un état de désorganisation notable, surtout au droit des entrées, vers la falaise. Ces parties présentent des menaces importantes pour tout visiteur. Les exploitations les plus récentes, sont quant à elles plus saines, dans l'état actuel et sans entretien elles doivent cependant être fermées pour éviter toute pénétration accidentelle.

- dans la falaise subsistent des blocs non purgés lors de l'écroulement de 1986 et un certain nombre de masses importantes qui se révèlent suspectes.

Il est proposé tout d'abord de traiter la falaise en :

- réalisant un examen plus détaillé.
- procédant aux purges qui se révéleront nécessaire.
- mettant en place une série de repères sur les masses suspectes.
- réévaluant l'efficacité de l'ouvrage pare-blocs.

Pour la partie souterraine, il conviendra d'obturer les ouvertures des galeries souterraines par des moyens compatibles avec les difficiles conditions d'accès au site.

Le coût de l'ensemble de ces mesures est évalué à environ 1 million de francs.

Sommaire

SYNTHESE.....	5
SOMMAIRE.....	7
1. INTRODUCTION.....	9
2. HISTORIQUE ET CARACTERISTIQUES DES EXPLOITATIONS.....	10
2. 1. EXPLOITANTS	10
2. 2. EXTENSION.....	10
2. 3. FORMATION CONCERNEE	11
2. 4. TECHNIQUES D'EXPLOITATIONS.....	12
2. 5. VOLUMES EXTRAITS	12
3. DIAGNOSTIC	14
3. 1. MENACES PROVENANT DE LA FALAISE	14
3. 2. MENACES PROVENANT DES GALERIES	15
3. 3. MENACES LIEES AUX EXPLOSIFS	18
4. DEFINITION DES TRAVAUX A METTRE EN OEUVRE.....	19
5. EVALUATION DES COUTS ET CONTRAINTES D'EXECUTION	22
6. CONCLUSION.....	23
LISTE DES FIGURES	
FIGURE 1 - Situation des carrières - 1/25 000	25
FIGURE 2 - Situation des carrières - 1/5 000	26
FIGURE 3 - Plan des exploitations d'après un procès-verbal de visite du contrôleur des mines de 1909. Copie du document original. Echelle approximative 1/1 000.....	27
FIGURE 4 - Plan des exploitations d'après un proces-verbal de visite du contrôleur des mines de 1909. Document corrigé. Echelle approximative 1/1 000	28
FIGURE 5 - Schéma des exploitations d'après les dossiers de demande d'autorisation de 1971. Echelle approximative 1/1 000	29

FIGURE 6 - Schéma des exploitations accessibles d'après les levers de 1996. Echelle approximative 1/1 000	30
FIGURE 7 - Schéma synthétique recueilli à partir des différents plans connus. Echelle approximative 1/1 000	31
FIGURE 8 - Profil schématique du versant. Echelle approximative 1/5 000	32
FIGURE 9 - Vue générale du site et partie nord	33
FIGURE 10 - Vue de profil et partie sud	34
FIGURE 11 - Situation des désordres observés dans les galeries. Echelle approximative 1/1 000	35
FIGURE 12 - Vue des entrées des carrières ex THOULE Joseph, VUARAND Robert et THOULE Jules	36
FIGURE 13 - Détail des entrées de la carrière ex THOULE Joseph.....	37
FIGURE 14 - Vue de l'intérieur de la galerie ex THOULE Joseph	38
FIGURE 15 - Vue de l'intérieur de la galerie de M. THOULE Jules.....	39
FIGURE 16 - Vue de l'entrée des galeries THOULE Pierre et X.....	40
FIGURE 17 - Vue de l'intérieur de la galerie THOULE Pierre	41
FIGURE 18 - Vue de l'entrée du tunnel et de la fenêtre sud.....	42

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 - EVOLUTION DES EXPLOITATIONS

ANNEXE 2 - EXTRAIT DE L'AVIS INERIS SUR LES EXPLOSIFS

1. INTRODUCTION

En 1986, un important écoulement s'est produit dans la falaise qui surmonte les entrées des ardoisières de Châtel. Il s'agit d'exploitations très anciennes qui ont toutes procédé de la même façon pour extraire un banc d'ardoises de 2,5 m à 3,0 m d'épaisseur à partir d'une galerie ouverte à la base de la falaise (voir situation figures 1 et 2).

Depuis cette date et en conformité avec un arrêté préfectoral, les travaux ont cessé car aucune garantie concernant la sécurité n'a été fournie par les exploitants. En 1986, seules trois exploitations subsistaient alors qu'au début du siècle sept étaient en activité.

La sécurité du site est aujourd'hui affectée par les menaces provenant de la falaise et des ouvrages souterrains anciens.

Sans perspectives proches, pour assurer la sécurité du site et dix ans après l'éboulement, il était utile de procéder à un diagnostic et de fournir les principales recommandations à mettre en oeuvre.

2. HISTORIQUE ET CARACTERISTIQUES DE L'EXPLOITATION

2. 1. Exploitants

Les carrières de Châtel en Haute-Savoie comportent des exploitations ouvertes probablement depuis très longtemps. Les premières indications disponibles de 1867 montrent déjà que seules six exploitations sont en activité et que d'autres plus anciennes sont abandonnées.

Les premiers plans connus ont été exécutés à l'occasion d'un procès-verbal de visite en 1909, ils mentionnent les exploitations de MM. THOULE Joseph, GRILLET Philippe, BREZE Eugène, THOULE Pierre, MARCHAND François dit Boutzon, DUNAND Victor et MARCHAND REVERS. Le plan correspondant est reproduit sur la figure 3.

Aujourd'hui, les trois derniers exploitants sont MM. VUARAND Robert, THOULE Jules (décédé) et TROILLET Célestin. Pour ce qui concerne cette dernière carrière, une lettre de M. TROILLET du 22 08 86 indique qu'elle aurait été cédée à M. Marcel RUBIN menuiserie à Châtel.

Les terrains appartiennent tous à la commune de Châtel, ils correspondent au lieu-dit "Très les Pierres", section B et à la parcelle n° 338.

Les carriers ont été autorisés à poursuivre leurs travaux pour une durée de 15 ans par arrêté préfectoral du 19 03 1976.

2. 2. Extension

L'extension des exploitations est difficile à cerner car d'une part les plans sont rares et d'autre part, les noms des exploitants ne figurent que de façon discontinue sur les comptes rendus établis depuis le début du siècle. Sur la base de ces documents, il est cependant possible de suivre à partir des éléments connus en 1909, l'évolution qui a conduit à la situation actuelle (figée depuis 1986) où seulement trois exploitations subsistent. Pour cette période les noms des différents exploitants qui ont successivement occupé le site sont repris en annexe 1.

La représentation de l'espace occupé par les carrières peut être exprimée à partir des plans suivants :

- schéma de 1909 dont l'original est représenté figure 3 et dont la transcription après correction, sans distorsion d'échelle est représentée figure 4.

- schémas de 1971 établis lors de la demande d'autorisation de poursuite de l'exploitation, les éléments sont représentés figure 5.

- Schéma de 1996, obtenu à partir de levés sommaires pour la seule partie encore visitable. Il est reproduit sur la figure 6.

L'ensemble paraît globalement cohérent et avec la précision correspondant à ce type de lever, il est permis de retrouver l'évolution des travaux depuis le début du siècle. On notera, en partant du sud que :

- l'exploitation de M. THOULE Joseph puis ensuite THOULE Martin ne s'est guère développée, les relevés actuels le confirment.

- les carrières de MM. VUARAND Robert et THOULE Jules se sont développées en parallèle et ont atteint pratiquement la même profondeur au sein du massif, soit 60 m à 80 m.

- les travaux de M. THOULE Pierre ont été abandonnés après 1949 (et avant 1971), ils ont atteint près d'une centaine de mètres de profondeur.

- l'exploitation reprise par M. TROILLET Célestin et correspondant à celles de M. MARCHAND François s'est également développée dans le versant sur plus d'une centaine de mètres.

- enfin les anciennes carrières de MM. DUNAND Victor puis VUARAND Victor, VUARAND François, VUARAND Maurice et VUARAND Robert reprises par M. TROILLET Célestin étaient abandonnées. Elles n'ont pu être observées mais au vu du plan de 1971 de M. TROILLET Célestin, elles devaient avoir une extension semblable. Le plan de la figure 7 reprend de façon synthétique, l'ensemble des informations rassemblées.

2. 3. Formation concernée

Le banc utile possède une épaisseur de 2,5 m environ. Il appartient au Lias de la Brèche du Chablais, formation identique à celle qui est exploitée à Morzine. La structure principale est inclinée légèrement vers le Nord d'une dizaine de degrés, la direction de l'horizontale étant orientée sensiblement N110°. Le massif est cependant affecté par de nombreux plis localisés (visibles en galerie), ce qui en particulier a contraint les exploitants à remonter le niveau de base vers l'intérieur du versant de quelques mètres. A certains endroits, la formation est parcourue par des veines de calcite qui ont probablement influencé les carriers dans leur progression ou dans l'abandon des galeries.

Deux autres réseaux apparaissent déterminants dans la structure du massif en dehors de nombreuses fractures de forme conchoïdale. Pour le premier, il s'agit de fractures

orientées N130°E-90°, elles sont approximativement perpendiculaires au plan de la falaise. Le second est quant à lui bien observable, il constitue le plan de la falaise particulièrement visible au droit de l'arrachement, il est légèrement rentrant pour une direction conforme à celle du relief, soit N40° environ.

2. 4. Techniques d'exploitations

Les exploitations ont toutes été conduites sensiblement de la même façon, selon les procédures suivantes :

- entrée en léger retrait par rapport à l'aplomb de la falaise, avec excavation notable (15 m à 20 m parfois) pour abriter les ateliers de fendage et de débitage ainsi que le logement des exploitants. Ceux-ci restaient en effet toute la semaine sur leur site durant la période d'exploitation en général hors saisons d'occupations agricoles.

- une seule galerie était creusée, elle était élargie à chaque extrémité sur 10 m à 15 m et, en fonction du pendage des couches, les tirs étaient rabattus vers l'entrée.

- les blocs étaient transportés dans les parties en pente grâce à des traîneaux puis dans les parties horizontales proches de l'entrée par un système sur rail. Dans les ateliers de fendage et de débitage, ils étaient façonnés puis les ardoises étaient redescendues par un câble.

- la foration était pratiquée à l'aide d'un perforateur (au moins dans l'exploitation de M. TROILLET en 1971) ou dans les autres, manuellement, à l'aide d'une barre à mine. Dans les périodes les plus récentes, les tirs sont exécutés à la poudre noire avec amorçage à la mèche lente.

- Les déchets étaient placés à l'avancement sous forme de remblai dans les parties exploitées, du mur jusqu'au toit. Aujourd'hui ne subsistent donc, hors front d'exploitation que des galeries dont les sections sont approximativement les suivantes : 2,5 m < hauteur < 3,0 m; 1,0 m < largeur < 2,0 m.

- Les recommandations du service de contrôle visaient pendant pratiquement toute la période d'exploitation à laisser subsister une épaisseur de rochers de 5 m de large entre chaque exploitation. Au début du siècle, il était conseillé de laisser des piliers rocheux de 5 m par 5 m de section puis de réduire la largeur du front d'exploitation à 10 m.

2. 5. Volumes extraits

Il est difficile de cerner avec précision les volumes réellement extraits ainsi que leur répartition. Certaines approches sont cependant possibles.

En se fondant tout d'abord sur le nombre d'ardoises extraites depuis 1867 (en omettant ce qui a été exploité auparavant). Si l'on considère que :

- le nombre d'ardoises extraites entre 1867 et 1986 s'élève à environ 10 millions (en reprenant les différents comptes rendus de visite).
- le poids moyen d'une ardoise est évalué à 0,8 kg.
- les déchets représentent 50 % du matériau extrait.
- la hauteur moyenne des exploitations est de 2,5 m.

La surface concernée devait représenter moins de 3 000 m² ce qui est très peu au regard de l'extension observée.

D'une façon différente, en prenant pour appui le volume actuellement occupé par les exploitations (enveloppe représentée figure 7 qui s'élève à 14 000 m²) et en considérant que :

- la surface exploitée ne concerne que 70 % de l'enveloppe ainsi définie.
- la masse volumique des matériaux est de 24 kN/m³.
- la hauteur moyenne est de 2,5 m, le taux de déchet de 50 % du volume abattu et le poids moyen d'une ardoise de 0,8 kg.

Le nombre théorique d'ardoises produites serait donc d'environ 35 millions.

Ces deux approches sont loin d'être convergentes, d'importantes inconnues subsistent quant au nombre d'ardoises produites, au volume rocheux en place non exploité réellement et aux surfaces occupées par les exploitations les plus anciennes. Par soucis de sécurité, on retiendra l'enveloppe ainsi que l'extension définies sur la figure 7.

3. DIAGNOSTIC

3. 1. MENACES PROVENANT DE LA FALAISE

Au droit des exploitations la falaise possède une cinquantaine de mètres de haut et c'est au pied de la partie verticale, juste au sommet des éboulis que se trouvent les ouvertures des exploitations.

L'ancien pont de la RD 228 sur la Dranse se trouve à l'altitude +1187 m, les ouvertures les plus au Sud sont elles à +1325 m environ.

Schématiquement, la partie de falaise concernée par les carrières est limitée au Sud par la cascade de l'Essert (voir figure 1, autrefois appelée l'Etrye voir figure 2), au Nord par le réservoir et le ruisseau de Sous les Nants.

La coupe schématique de la figure 8 illustre la morphologie du site et les photographies des figures 9 et 10 montrent l'aspect de la falaise ainsi que les principaux aménagements.

L'écroulement qui a provoqué la fermeture du site s'est produit le 30 avril 1986, vers 14 heures. L'emprise de la partie de la falaise qui s'est détachée est visible sur les photographies des figures 9 et 10. Elle correspond pour l'essentiel aux taches plus claires du rocher qui sont elles-mêmes des parois de fissures représentant des discontinuités sans cohésion notable. Au pied de la falaise de part et d'autre subsistent deux éperons rocheux plus foncés, très fragmentés résultant des ruptures de la matrice rocheuse résistante et qui ont cédé. Le volume libéré est difficile à estimer alors que toutes les traces récentes ont disparu; il était probablement voisin de 10 000 m³.

Aujourd'hui, subsistent dans la falaise plusieurs types de masses instables (voir figures 9 et 10 :

- les unes proviennent de l'arrachement de 1986 incomplètement purgé. C'est le cas d'une part, au droit des joints de stratification en milieu de falaise là où plusieurs écailles restent en surplomb et d'autre part en bordure de l'arrachement dans des masses rocheuses très fortement fragmentées.

- les autres sont indépendantes de l'écroulement de 1986, il s'agit d'ensembles rocheux généralement plus volumineux, désolidarisés de la falaise par le réseau de fractures décrit précédemment. On note en particulier l'existence de telles masses aux extrémités nord et sud et en partie centrale au sommet de la falaise.

Ces instabilités sont soulignées sur les figures 9 et 10.

certaines de ces masses sans relation avec l'écrasement de 1986 sont particulièrement détachées du reste de la falaise par des fractures importantes, elles constituent une menace notable. Par ailleurs, les masses non purgées sur la surface de rupture paraissent également très fragiles, leur exposition récente aux agents atmosphériques les rend particulièrement vulnérables.

On retiendra que dans le passé, des éboulements ont été signalés :

- au début du siècle, des blocs sont arrivés jusqu'à la route.
- en 1976, des éboulements locaux se produisent au dessus de l'entrée de la carrière de M. THOULE Jules.
- en 1977, un bloc est tombé au dessus de la carrière de M. TROILLET Célestin.
- en 1978, un compte rendu de visite note un "petit éboulement à l'emplacement d'une fenêtre sur la carrière de M. THOULE Jules".

Vis à vis de ces phénomènes et pour protéger les usagers de la route, un merlon pare-blocs a été mis en place au niveau de l'ancienne route départementale. **Actuellement, l'ensemble du versant situé à l'amont de cet ouvrage reste exposé et notamment les accès aux anciennes galeries (voir limites figure 2).**

3. 2. MENACES PROVENANT DES GALERIES

Toutes les galeries accessibles ont été observées. Les différents indices ou instabilités déclarées ont été relevés, ils sont reproduits sur la figure 11.

D'une façon générale les désordres suivants peuvent être distingués :

- chutes et décollement de toit. Le premier niveau de toit est souvent représenté par un banc calcaire de 15 cm d'épaisseur environ. Dans les parties autrefois très fréquentées, il a régulièrement été purgé et l'on retrouve rarement ce banc dans les parties courantes. En revanche, à proximité des entrées (larges et non renforcées) ou alors au contact entre remblais et parties non soutenues on observe souvent des décollements de ce niveau (voir figures 14 et 15).
- ruptures de remblais. Ils sont constitués d'écaillés de déchets, assez soigneusement appareillées sur les parements et plus simplement disposés en remplissage intérieur. Parfois leur hauteur dépasse 3 mètres et l'on observe une déformation du parement ou alors des déversements et parfois ruine complète des ouvrages.
- ruptures du toit, des remblais et des parois liés au vieillissement et au manque d'entretien de certaines galeries.
- ruptures localisées de soutènement et d'étais bien que ceux-ci soient dans l'ensemble faiblement représentés.

- ruptures localisées de soutènement et d'étais bien que ceux-ci soient dans l'ensemble faiblement représentés.

- effondrements liés à l'écroulement de la falaise. Dans toute une partie du massif, à proximité de l'effondrement, on observe une désorganisation intense de la structure générée vraisemblablement par l'effet dynamique du phénomène.

Enfin, dans toutes les galeries examinées, même les plus affectées par les désordres, au delà de 25 m à 30 m de profondeur au sein du massif, les désordres sont assez rares et la tenue aussi bien des toits que des parois est dans l'ensemble satisfaisante.

On observe par ailleurs, des venues d'eau au niveau du réseau de fissures, au moment de l'observation elles étaient limitées à de très faibles débits (suintements).

D'une façon plus précise et pour chacune des galeries, les remarques pouvant être émises sont les suivantes :

- galerie ex THOULE Joseph. Des chutes de toit sont notées à l'entrée ainsi que dans la galerie principale et surtout à l'entrée de la chambre attenante (voir photographies figures 12, 13, 14). On note par ailleurs une mauvaise tenue des remblais pratiquement dans toute la partie sud de l'exploitation.

- galerie de M. VUARAND Robert. Dans l'ensemble, en dehors de l'entrée, à l'arrière des ateliers où quelques blocs paraissent en déséquilibre, la stabilité des parois, du toit et des remblais est assez correctement assurée.

- galerie de M. THOULE Jules. De la même façon, des instabilités de toit sont observées à l'arrière des ateliers, là où les portées sont les plus importantes. Pour le reste de la carrière, seules des déformations notables de parements de remblais sont visibles notamment lorsque leur hauteur dépasse 2,5 m (voir photographies figure 15).

- galerie ex THOULE Pierre. Il s'agit d'une galerie abandonnée (au moins depuis 1971) où de très nombreuses chutes de toit et ruptures de remblais sont visibles sur plus de 25 m de profondeur. On note par ailleurs, dans la galerie attenante, une mauvaise tenue des remblais. Les premiers mètres à l'entrée de cette galerie sont particulièrement disloqués (voir photographies des figures 16 et 17).

- galerie X. Une quinzaine de mètres au nord de la précédente se trouve une petite galerie d'une vingtaine de mètres environ, elle est remblayée à son extrémité. Son exploitant n'a pas été identifié. De nombreux désordres sont visibles, ils ont probablement pour origine d'une part le vieillissement sans entretien et d'autre part l'effet de l'écroulement de 1986 (voir photographie de la figure 16).

- galerie de liaison. Il s'agit d'un "tunnel" de liaison entre les galeries de MM. THOULE Jules et TROILLET Célestin qui permettait d'éviter le passage par l'extérieur notamment

au droit du "bec". Dans la partie sud, l'éroulement de 1986 a détruit l'accès à une fenêtre où aujourd'hui de nombreux blocs très instables subsistent. Sur tout le parcours de cette liaison de nombreuses instabilités sont notées. Elles existaient avant l'éroulement de 1986 puisque des soutènements localisés sont encore en place aujourd'hui. En revanche, les blocs qui se sont libérés depuis, témoignent d'une part de la très probable influence du phénomène de 1986 et du vieillissement de cette section (voir photographies figure 18). On notera qu'à partir de cette galerie de liaison, deux fenêtres dans le versant sont encore ouvertes. Elles se trouvent à chaque extrémité, au sud elle est béante, au nord, elle est plus restreinte et n'est pas directement accessible depuis les éboulis de l'éroulement.

D'une façon générale, sans entretien, ces galeries (voir figure 18) subissent l'effet du vieillissement qui se traduit par des ruptures progressives dans le temps, notamment des chutes de toit et des déversements de remblais.

Aujourd'hui, les exploitations les plus récentes sont celles qui se trouvent dans le meilleur état, **les plus anciennement abandonnées sont au moins pour l'une d'entre elles très menaçantes et à proximité de l'éroulement de 1986, le massif apparaît très fortement disloqué donc instable.**

En marge des phénomènes qui se produisent dans l'environnement immédiat des galeries, il est probable que l'ensemble du massif ait été sollicité. En effet, durant la même période d'exploitation les vides ont été limités aux galeries, aux entrées et aux secteurs d'abattage en parallèle sur six exploitations. Le rapport ainsi calculé entre surface exploitée et surface totale (pseudo taux de dépilage) est très faible. En revanche, si l'on admet d'une part que les remblais n'ont pas toujours été parfaitement mis en place à l'avancement et d'autre part que dans les galeries les plus anciennes il y a eu détérioration progressive des toits, des parois et des remblais, il n'est pas impossible que des déformations différées se soient produites dans le temps (ajustement des appuis sur les remblais grâce à des déformations notables des premiers bancs). L'extension, la situation et le rôle des piliers rocheux laissés en place sont mal connus et l'on apprécie difficilement le comportement de l'ensemble constitué par les vides, les remblais, les piliers et les appuis latéraux rocheux. Si l'on admet par ailleurs que l'ensemble du massif a parfois été affecté par des sollicitations dynamiques liées à des tirs de surface (terrassement du chemin situé au dessus de la falaise, terrassement lors de la construction du réservoir), il convient d'admettre que les premiers niveaux au toit des galeries et au droit de la falaise peuvent être fragilisés.

De la même façon que les éroulements de surface ont affecté les galeries, la rupture des soutènements dans les galeries peut localement influencer à terme l'équilibre de masses rocheuses dans la falaise.

3. 3. MENACES LIEES AUX EXPLOSIFS

Dans la galerie exploitée par M. TROILLET Célestin, la réserve de poudre et de mèches est restée en place lors de l'éboulement accidentel de 1986. Il n'est pas possible aujourd'hui d'accéder à l'endroit de stockage puisque l'entrée de la galerie est obstrué.

Un avis de l'INERIS reproduit en annexe 2, montre que la poudre dans les conditions hydriques du site est vraisemblablement inerte. En effet, le massif apparaît relativement fissuré et au cours de l'examen des galeries en période pluvieuse, des venues d'eau étaient visibles.

Par ailleurs, selon les indications de M. TROILLET, le lieu de stockage se trouve assez loin dans la galerie et tout effet d'une réaction accidentelle, serait moindre que celui des tirs autrefois pratiqués.

4. DEFINITION DES TRAVAUX A METTRE EN OEUVRE

Le diagnostic montre que :

- le versant est exposé à des chutes de blocs et de masses rocheuses provenant de la falaise. Il est possible de nuancer, en indiquant que les menaces les plus notables proviennent de la partie qui se trouve au nord du "bec", c'est à dire au droit de l'éboulement de 1986.
- les galeries, même si leur état se révélait satisfaisant au moment de l'exploitation, avec le temps, se dégradent, ce d'autant qu'elles se trouvent à proximité de l'écroulement de 1986. Ici également, il est permis de nuancer le diagnostic car les menaces, de loin les plus importantes se situent au nord de l'exploitation de M. THOULE Jules.

Pour faire face à ces menaces, il est recommandé d'envisager les mesures suivantes :

Partie sud comprise entre la cascade et le "bec"

Pour assurer la sécurité vis à vis des menaces provenant de la falaise

- pratiquer une reconnaissance détaillée de la falaise.
- sous réserve que le premier diagnostic réalisé ici soit confirmé, mettre en place un système de repères simples au droit des fissures les plus importantes.
- purger les blocs les plus instables notamment à l'angle formé par la falaise et le "bec", au dessus des entrées des galeries de M. THOULE Jules.

Pour assurer la sécurité vis à vis des menaces provenant d'anciennes exploitations

- fermeture de l'entrée des galeries qui sont bien matérialisées, c'est à dire des carrières ex THOULE Joseph, VUARAND Robert, THOULE Jules et de l'entrée au tunnel de liaison.

Dans le principe, on profitera de la forme des ouvertures pour d'une part obturer à l'endroit où la section est la plus réduite et d'autre part, renforcer localement par des piliers les appuis de la cavité constituée par les ateliers et logements. Cette pratique nécessite de détruire pour les carrières VUARAND Robert et THOULE Jules les façades actuelles.

L'obturation pourra être réalisée de préférence à partir de profilés métalliques encastrés au mur et au toit, éventuellement à partir de blocs maçonnés recueillis dans les éboulis de l'écroulement ou encore d'un mur en béton armé. Un doublage des profilés par un mur maçonné peut également être effectué.

Avant d'engager toute action de fermeture, il sera nécessaire de sécuriser les plates-formes de circulation et de travail. Pour cela il est recommandé de :

Partie nord comprise entre le "bec" et le réservoir

Pour assurer la sécurité vis à vis des menaces provenant de la falaise

Ici également, il conviendra d'engager avant tout travail au pied de la falaise de sécuriser le site.

- examiner de façon détaillée la falaise et les blocs les plus menaçants.
- placer des repères simples mais résistants sur toutes les fissures suspectes des blocs instables identifiés.
- procéder aux opérations de purge qui se révéleront nécessaires.

Pour assurer la sécurité vis à vis des menaces provenant d'anciennes exploitations

La tâche est ici beaucoup plus complexe car non seulement la partie interne de certaines sections des galeries est dans un état de ruine mais en plus l'accès aux deux fenêtres est extrêmement difficile.

Dans le principe, on peut envisager les actions suivantes :

- mise en place d'un soutènement provisoire de protection destiné à assurer la sécurité du chantier sur toute la longueur du tunnel de liaison.
- fermeture de l'intérieur par un mur en blocs maçonnés tirés des éboulis, à l'extrémité éboulée côté nord et au niveau de la fenêtre côté sud.
- obturation de ces deux fenêtres de l'extérieur par réarrangement de blocs tirés des éboulis.

Sur la base des travaux ainsi définis, il conviendra **d'interdire l'accès du site à toute personne dans le périmètre compris entre la falaise, la cascade, le ruisseau de Sous les Nants et l'ouvrage pare-blocs de pieds de versant (situation figure 2)**. Toutes les indications relatives à l'existence de menaces et à l'interdiction d'accès seront signalées très visiblement. Les deux accès principaux seront aménagés de façon à être plus dissuasifs, au niveau de la route en condamnant le parking situé sous le merlon, en partie haute, en limite du chemin d'accès en rehaussant les blocs présents actuellement.

Un suivi périodique des repères et de l'état général des installations devra être assuré.

Par ailleurs, il sera nécessaire de :

- vérifier à la suite de l'observation détaillée si l'ouvrage de protection de pied de pente reste compatible avec la morphologie du site et les masses de référence identifiées.
- éventuellement renforcer l'ouvrage.

Il s'agit là des actions qui conviendra d'engager pour parvenir à une mise en sécurité définitive du site.

Si l'ensemble de ces mesures ne peut être engagé à court terme et en continuité, il conviendra de procéder à un phasage des travaux qui visera à se rapprocher au plus près de ce qui a été défini précédemment. Ainsi le phasage suivant pourrait être entrepris.

- action 1 : mise en place d'une signalisation efficace aux deux accès haut et bas, neutralisation du parking en bordure de route et renforcement des remblais qui obstruent le chemin d'accès au niveau du réservoir.

- action 2 : diagnostic détaillé de la falaise.

- action 3 : sécurisation du site de surface et des accès. On pourra distinguer ici, une sécurisation de chantier, pour une occupation temporaire par des professionnels et sous surveillance, d'une sécurisation définitive qui pourrait se révéler plus lourde.

- action 4 : mise en place de fermetures provisoires des galeries souterraines, dispositions qui physiquement n'autoriseront pas leur pénétration.

- action 5 : sécurisation définitive de la falaise si cela s'avère nécessaire.

- action 6 : exécution des travaux de fermeture définitive des entrées de galeries.

Pour ce qui concerne la **récupération des ardoises encore stockées**, il conviendra d'attendre et de profiter de la protection qui sera mise en oeuvre au moment des travaux de fermeture provisoire pour assurer l'acheminement des matériaux

5. EVALUATION DES COUTS ET CONTRAINTES D'EXECUTION

La réalisation de travaux dans l'environnement des carrières présente plusieurs difficultés notables :

- **accès difficiles.** Aujourd'hui, pour acheminer du matériel il est nécessaire d'avoir recours à des techniques d'héliportage dans conditions difficiles puisqu'il n'existe que peu de débordement par rapport au plan de la falaise pour constituer des plates-formes de dépose. Il conviendra d'avoir recours à un élingage long pour une approche délicate. D'autres solutions peuvent éventuellement être envisagées, d'une part, la constitution d'une piste dans les éboulis, dans le prolongement du chemin qui mène au réservoir, d'autre part, la mise en place d'un câble de chantier.
- **maîtrise des menaces provenant de la falaise. C'est un préalable à tous travaux.** Toutes les masses menaçantes ne pourront pas être purgées, de ce fait un suivi très strict devra être assuré.
- **rétablissement de conditions de sécurité provisoires** dans les travaux souterrains. Ceci sera particulièrement délicat dans le tunnel de liaison.

Une estimation primaire du coût des travaux conduit aux valeurs suivantes :

Partie sud

- Travaux liés à la présence de masses instables en falaise (reconnaissance, pose de repères et purges) 80 kF
- Travaux de fermeture des galeries (installation de chantier, fourniture de matériel, pose des protections, héliportage, suivi du chantier par un BE spécialisé) 350 kF

Partie nord

- Travaux liés à la présence de masses instables en falaise (reconnaissance, pose de repères, purges et études trajectographiques) 200 kF
- Travaux de fermeture des galeries (installation de chantier, fourniture du matériel, soutènements provisoires, pose des protections, héliportage, obturation des fenêtres) 300 kF

Globalement et pour tenir compte des imprécisions d'une estimation de ce niveau, le coût global est évalué à 1 million de francs.

A cette évaluation, il convient d'ajouter un poste de suivi des repères et de l'état des installations de 20 kF environ par an à pratiquer de façon moins fréquente si les résultats obtenus l'autorisent.

6. CONCLUSION

L'historique des travaux relatifs aux anciennes ardoisières de Châtel depuis le début du siècle permet de reconstituer approximativement l'extension du site exploité. Aujourd'hui tout n'est cependant pas connu puisqu'une bonne partie des galeries a été détruite ou bouchée au cours de l'éboulement qui s'est produit en 1986.

La reconnaissance effectuée sur le site a permis d'identifier à la fois les menaces provenant de la falaise et des galeries souterraines.

Dans l'environnement proche de l'éroulement de 1986, subsistent d'importantes masses suspectes.

Dans les galeries, les plus anciennes, les entrées ou les premiers mètres sont généralement assez mal conservés surtout dans les secteurs proches de l'éroulement.

Pour mettre en sécurité le site il convient notamment de :

- procéder à un examen plus détaillé de la falaise ce qui doit conduire à exécuter des travaux de purge, de surveillance et à neutraliser l'espace compris entre les ruisseaux, la falaise et le merlon pare-blocs.
- obturer les entrées de galeries pour s'opposer à toute pénétration.

Globalement l'ensemble des travaux est évalué à 1 MF environ.

Si les travaux devaient être effectués en plusieurs étapes, il conviendrait tout d'abord de sécuriser la falaise (après étude détaillée), notamment dans une phase de chantier, pour engager des travaux de fermeture provisoire. Ensuite les travaux de mise en sécurité définitifs pourraient être entrepris.

FIGURES

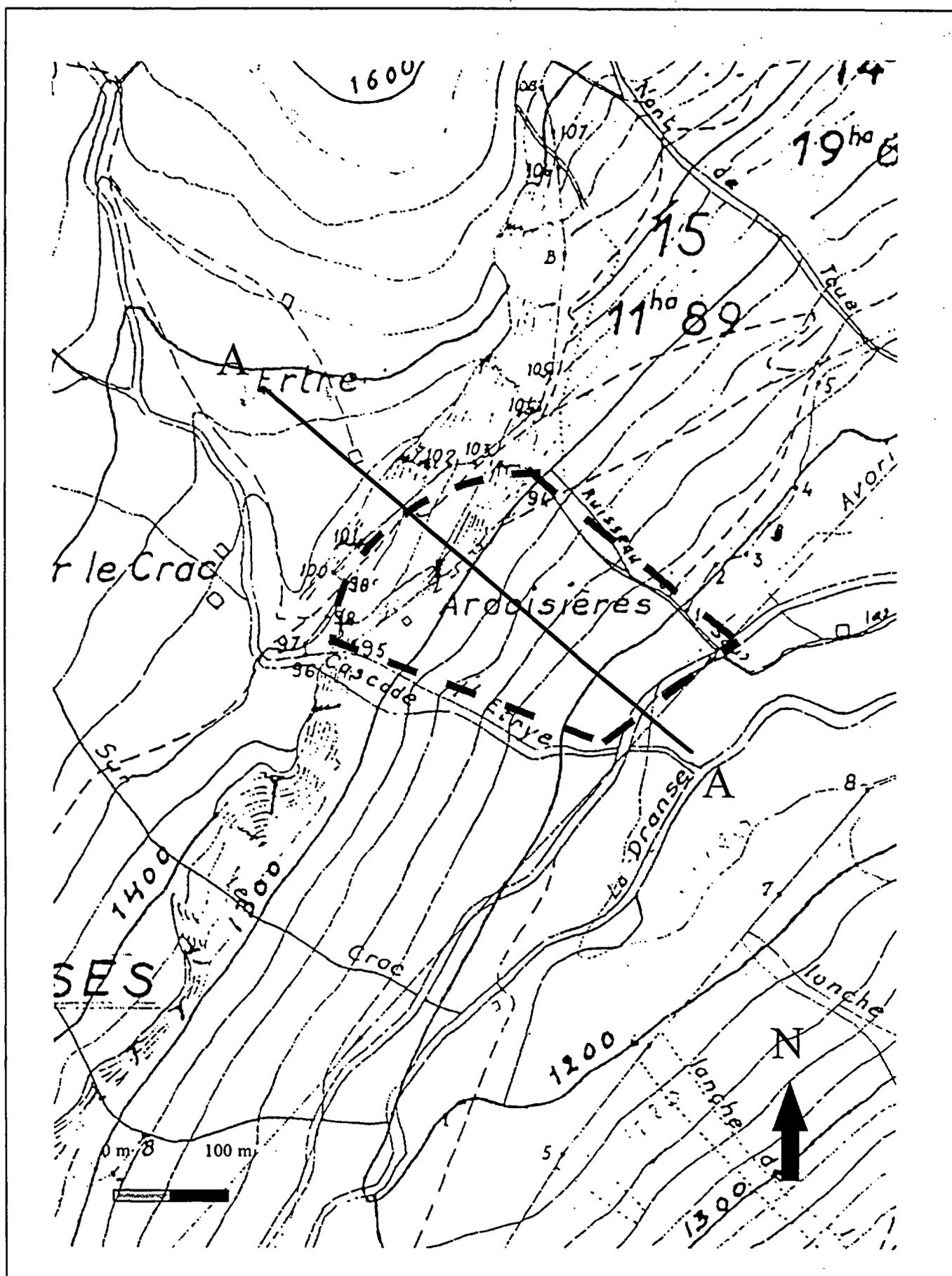
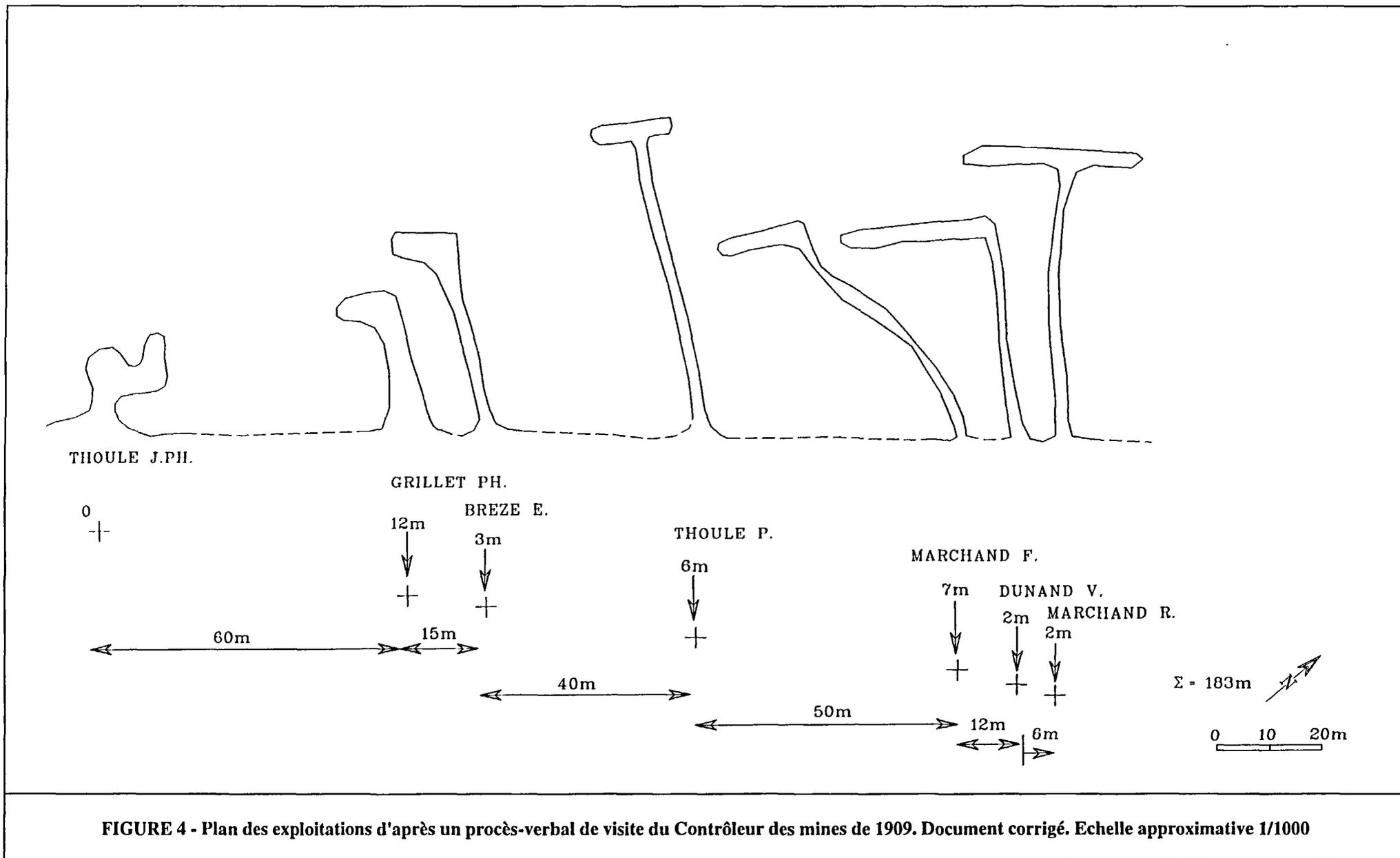


FIGURE 2 - Situation des carrières. Echelle 1/5 000. (A-A, trace de la coupe sur la figure 8, ---- limites du secteur exposé)



FIGURE 1 - Situation des carrières. Echelle 1/25 000



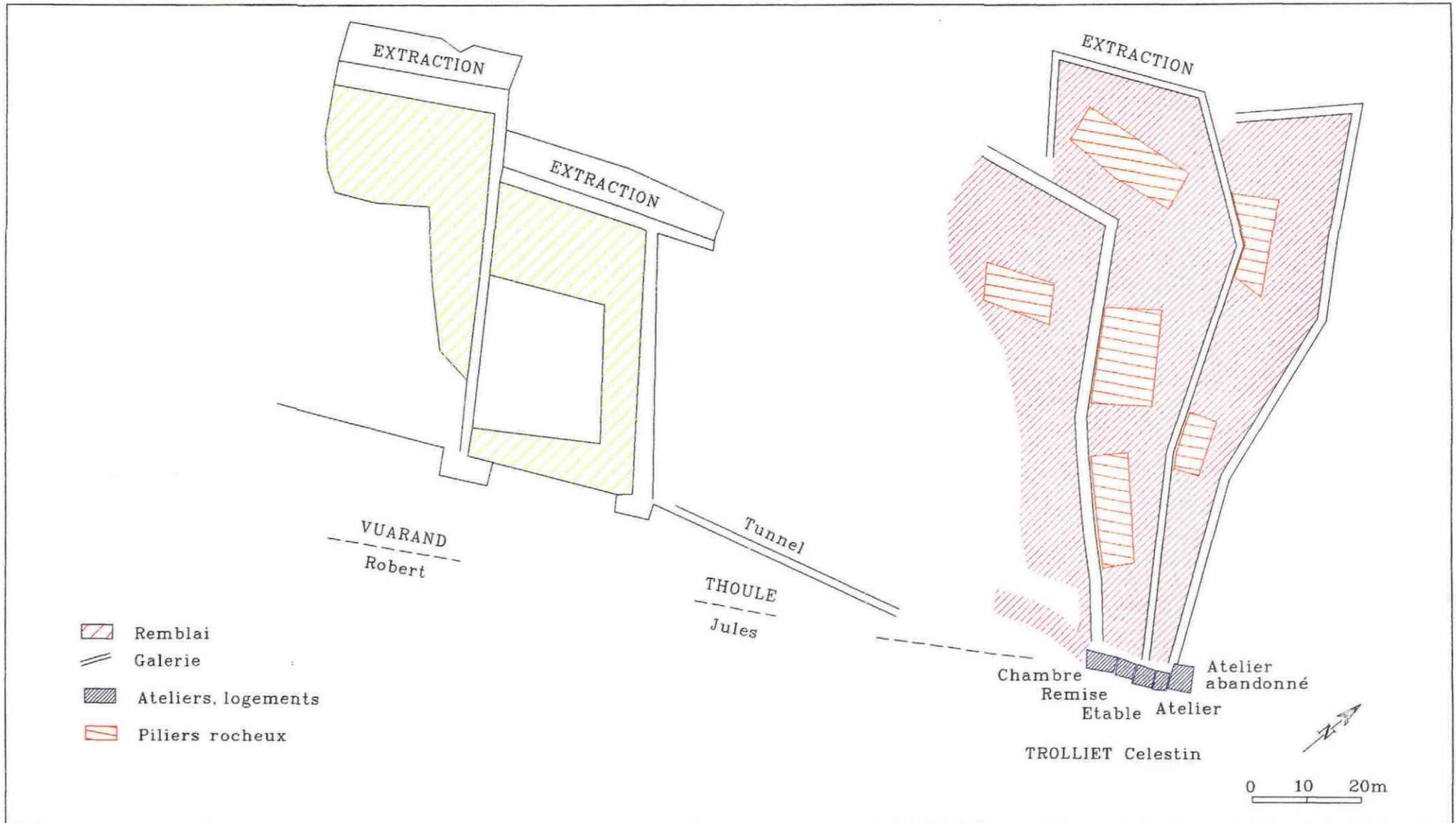


FIGURE 5 - Schéma des exploitations d'après les dossiers de demande d'autorisation de 1971. Echelle approximative 1/1000

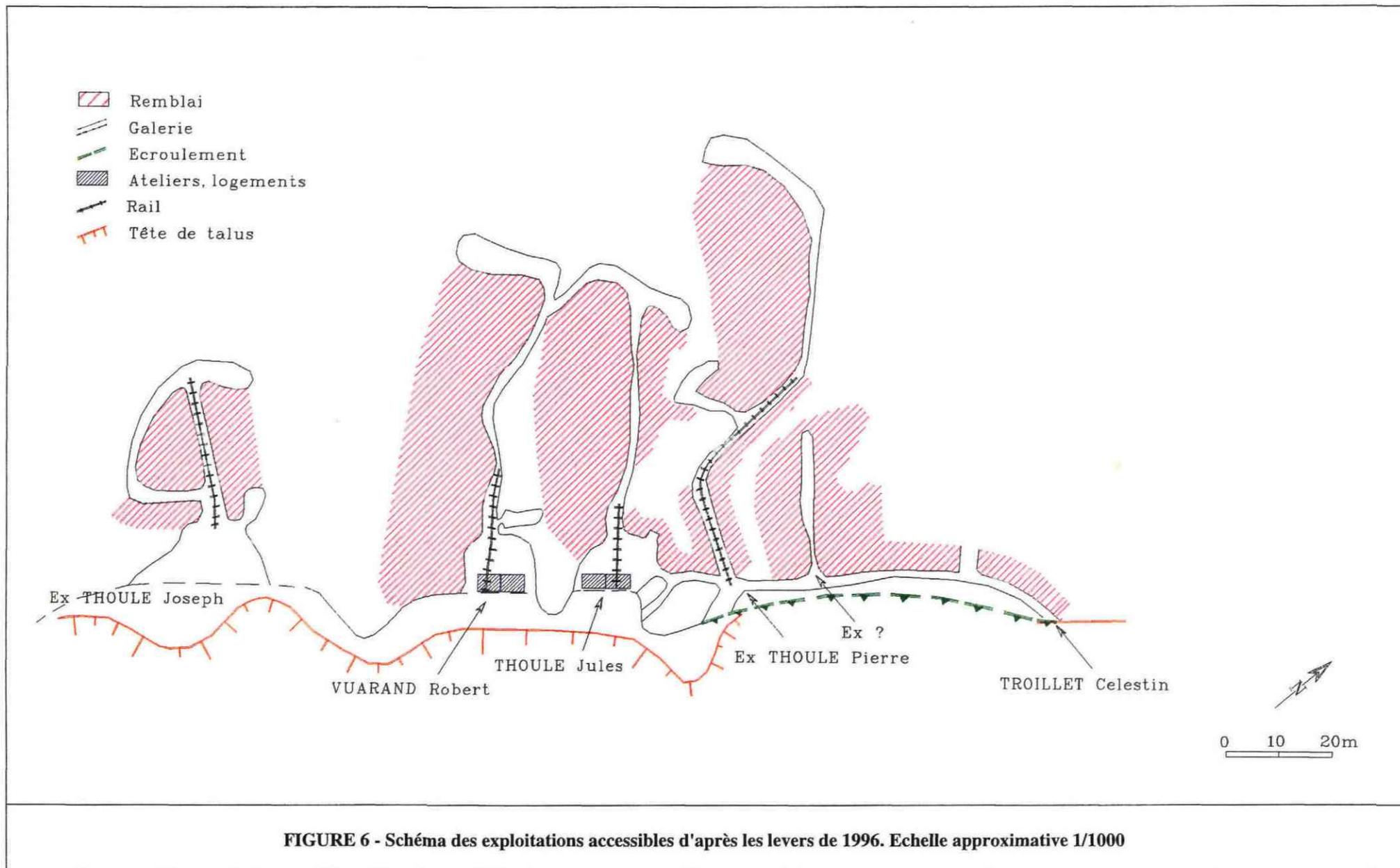
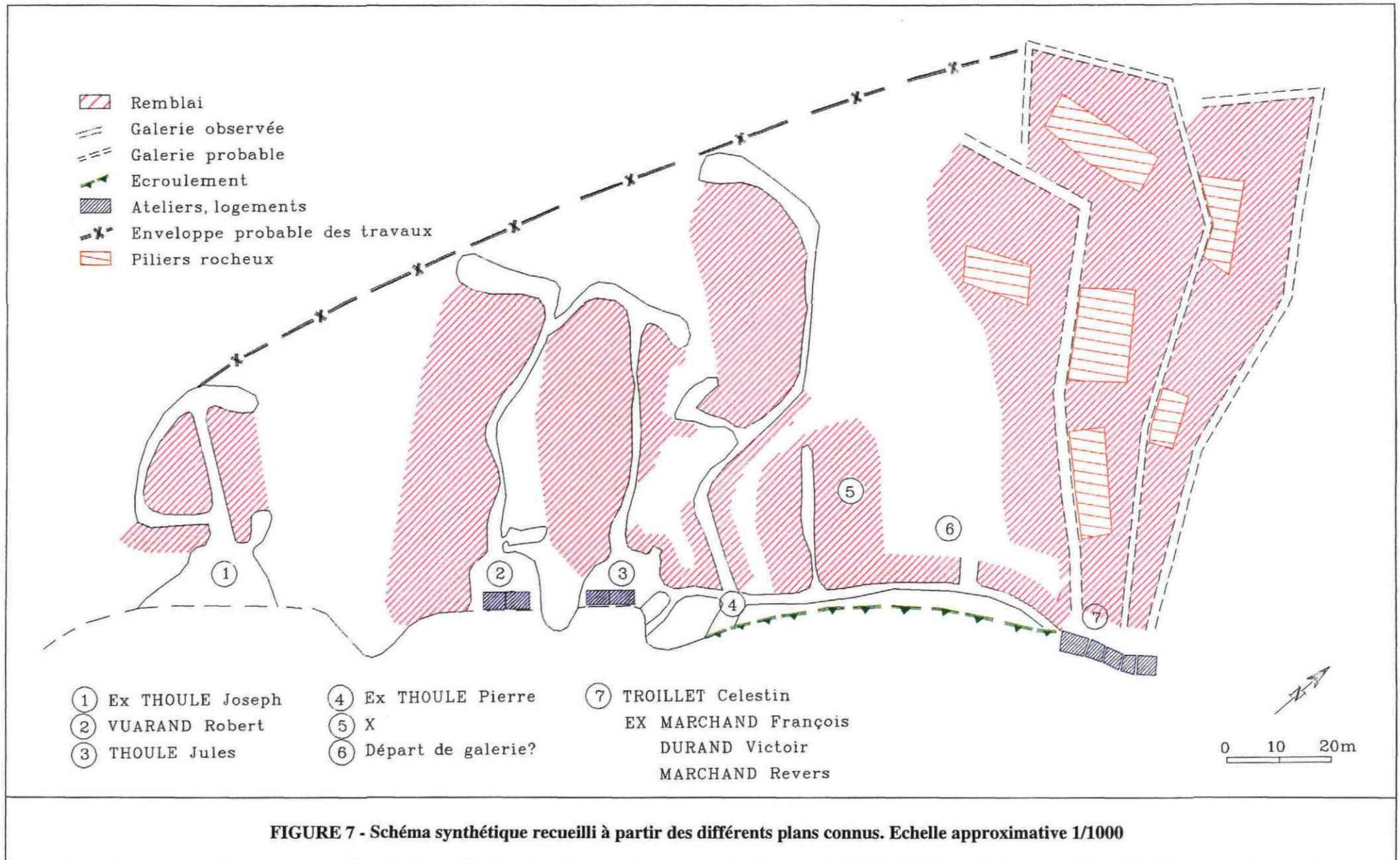


FIGURE 6 - Schéma des exploitations accessibles d'après les levés de 1996. Echelle approximative 1/1000



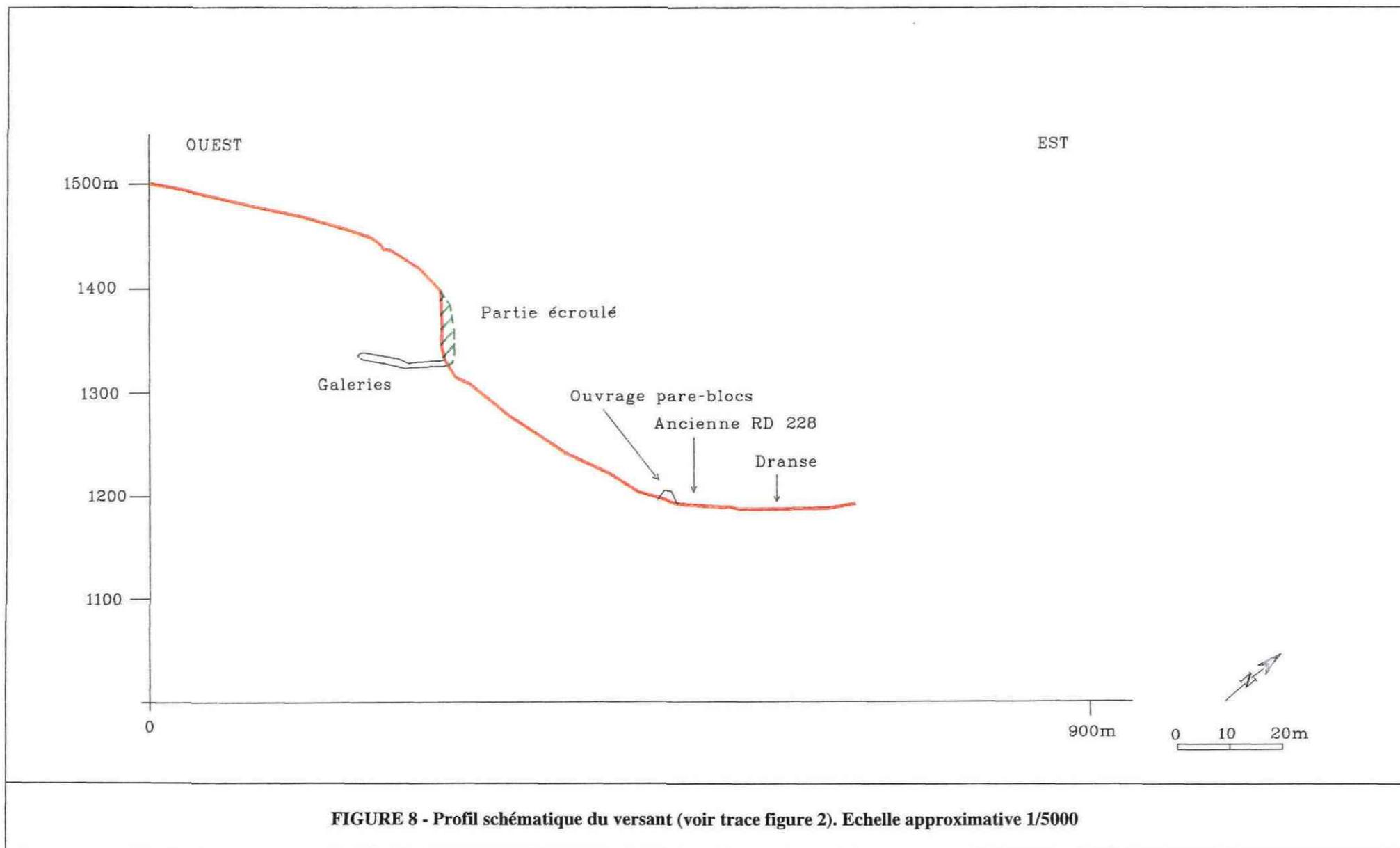


FIGURE 8 - Profil schématique du versant (voir trace figure 2). Echelle approximative 1/5000



FIGURE 9 - Vue générale du site (photo du haut : * de gauche à droite, cascade, exploitations de MM. THOULE Joseph, VUARAND Robert, THOULE Jules, TROILLET Célestin, réservoir; photo du bas : --*-- limites de l'éroulement de 1986, ↙ masses instables ou suspectes)



FIGURE 10 - Vue partie sud et de profil (↖ masses instables ou suspectes, ★ "bec")

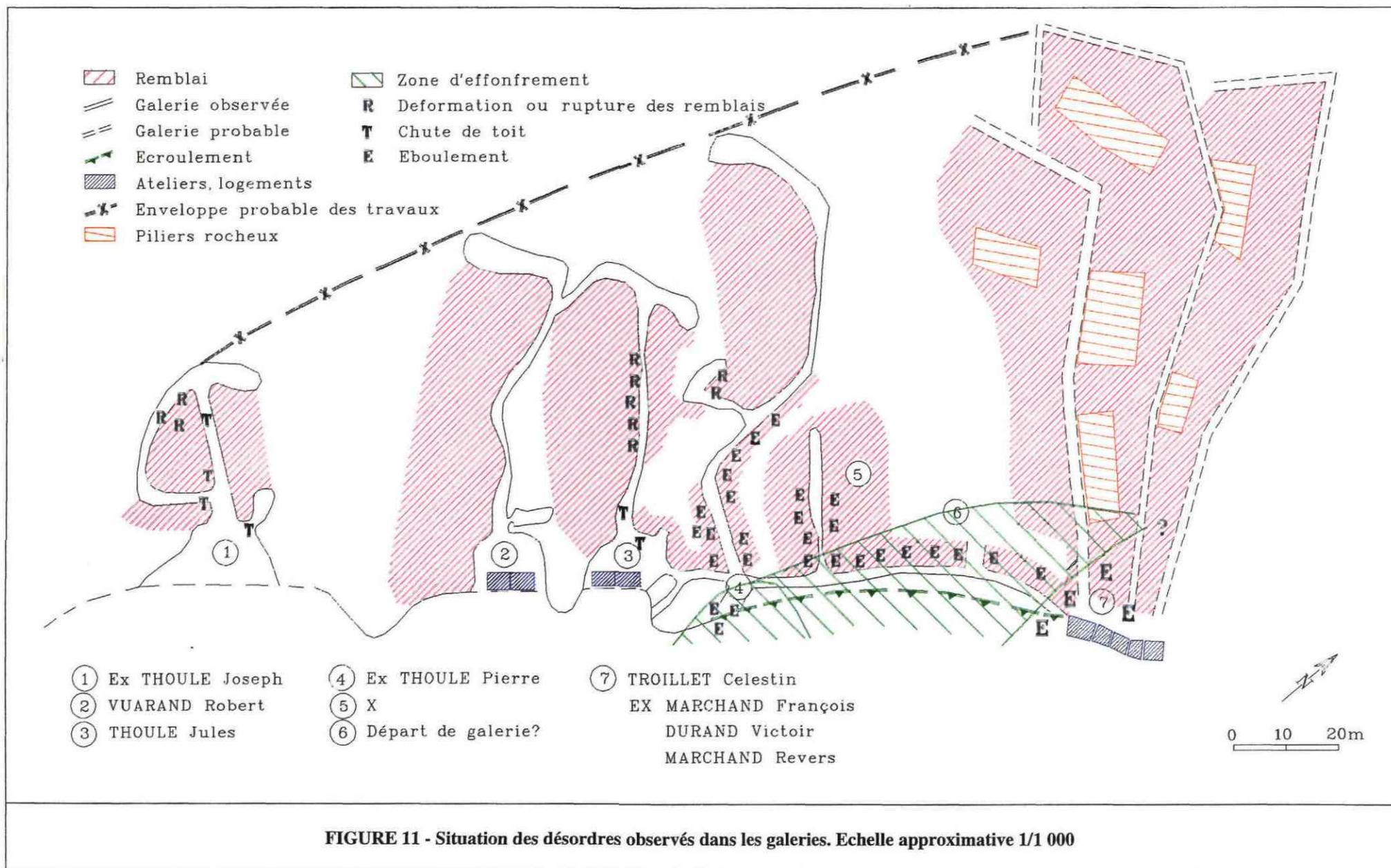


FIGURE 11 - Situation des désordres observés dans les galeries. Echelle approximative 1/1 000

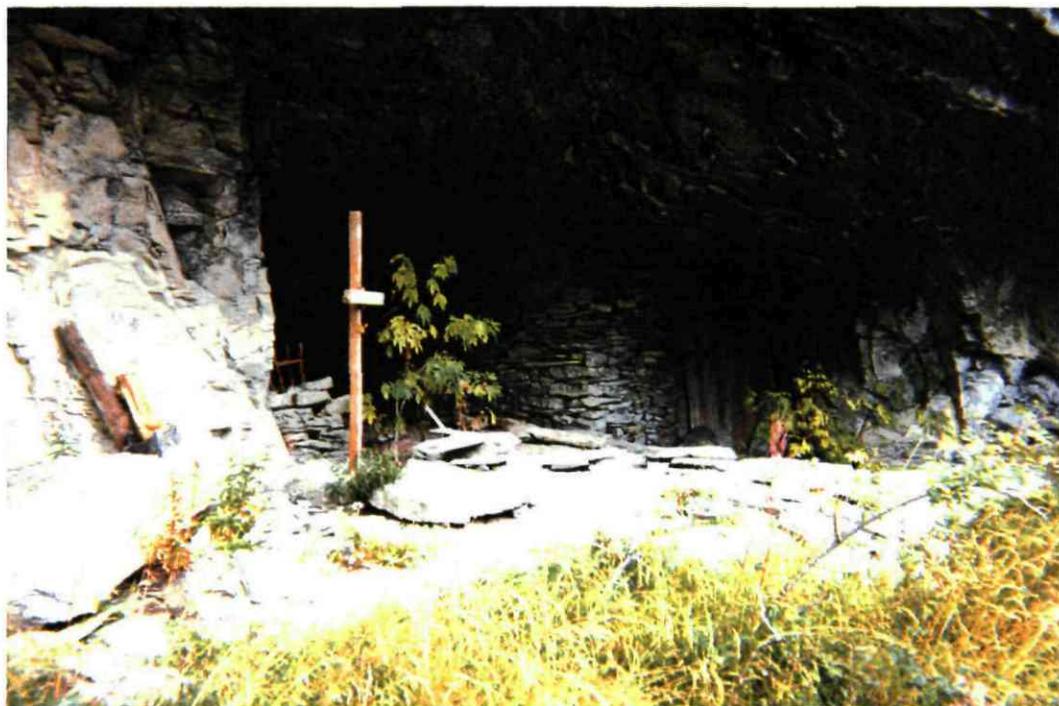


FIGURE 12 - Vue des entrées des carrières ex THOULE Joseph, VUARAND Robet et THOULE Jules



FIGURE 13 - Détail des entrées de la carrière ex THOULE Joseph

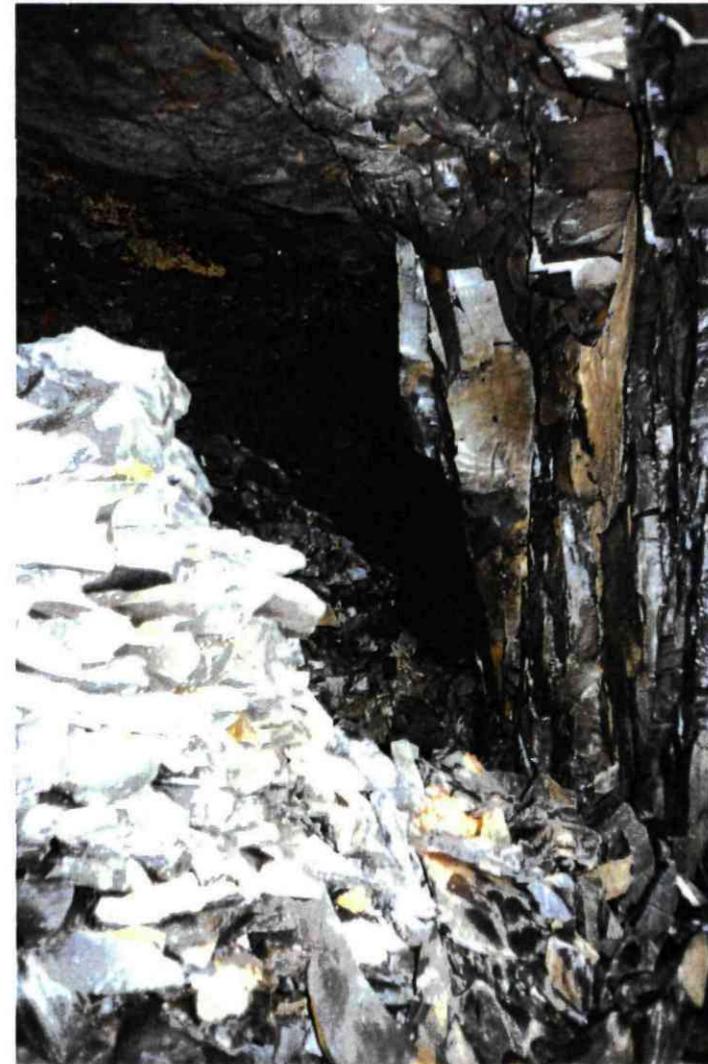
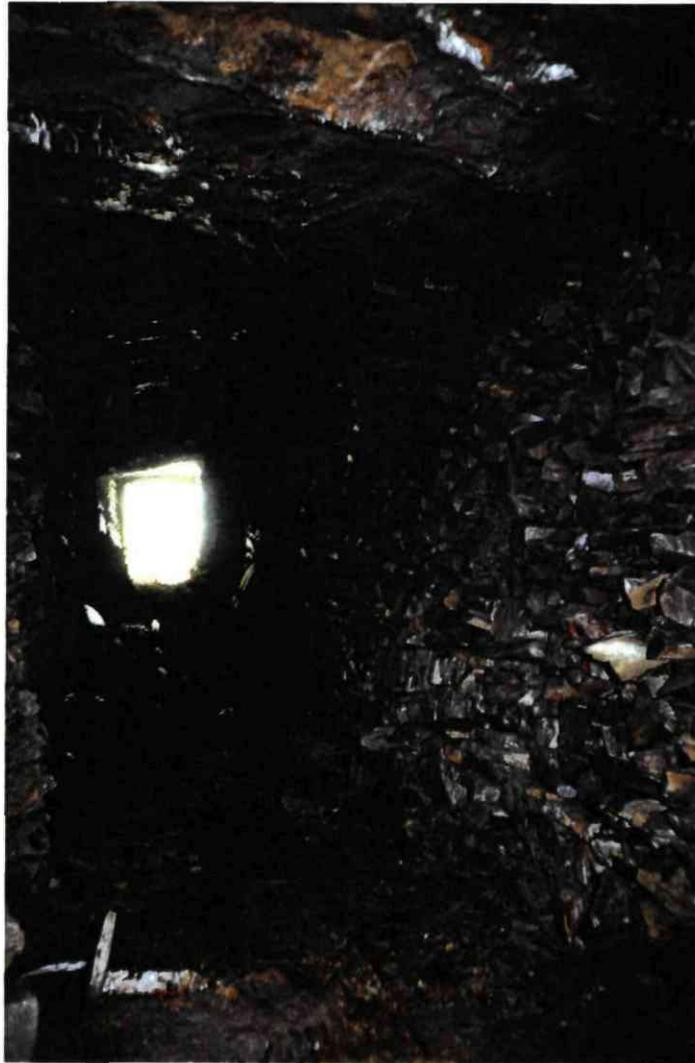


FIGURE 14 - Vue de l'intérieur de la galerie ex THOULE Joseph



FIGURE 15 - Vue de l'intérieur des galeries de MM. THOULE Jules (haut) et VUARAND Robert (bas)



FIGURE 16 - Vue de l'entrée des galeries THOULE Pierre et X

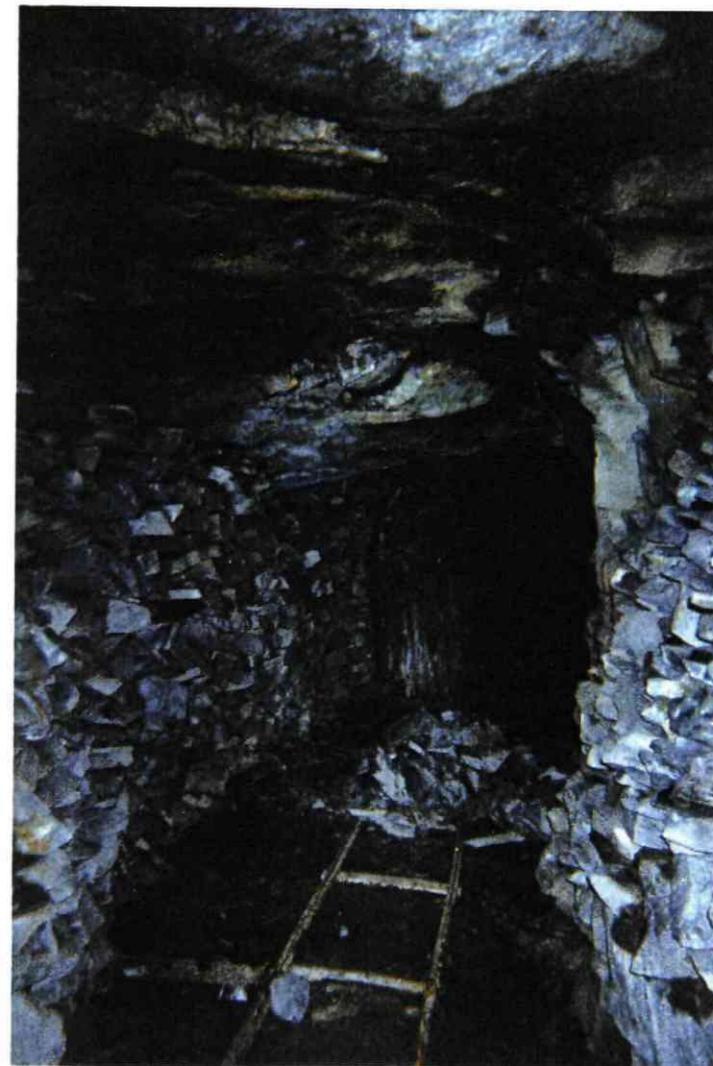


FIGURE 17 - Vue de l'intérieur de la galerie THOULE Pierre



FIGURE 18 - Vue de l'entrée du tunnel et de la fenêtre sud

ANNEXE 1 - EVOLUTION DES EXPLOITATIONS

Ardoisières de Châtel - Mise en sécurité

Année	THOULE Joseph	GRILLET Philippe	BREZE Eugène	THOULE Pierre	MARCHAND François	DUNAND Victor	MARCHAND REVERS
1907	"	"	"	"	"	"	"
1909	"	"	"	"	"	"	"
1910	"	"	suspension	suspension	"	"	suspension
1911	"	"	éboulements	THOULE Pierre	"	"	DUNAND. Victor
1912	"	"	"	"	"	"	"
1913	"	"	"	"	"	"	"
1914	suspension	"	"	"	"	"	"
1915	"	"	"	"	"	"	"
1919	"	"	"	"	"	"	"
1920	"	"	"	"	"	VUARAND Jérôme	"
1921	"	"	"	"	"	VUARAND Victor	"
1922	"	"	VUARAND Maurice	suspension	"	"	"
1923	THOULE Maurice	suspension	suspension	THOULE Pierre	"	VUARAND François	"
1924	THOULE Martin	"	"	"	"	"	"
1925	suspension	VUARAND Maxime	?	"	suspension	"	"
1926	"	"	VUARAND Anselme	"	"	"	"
1927	"	"	"	"	VUARAND Jérôme	VUARAND Maurice	abandon
1928	"	"	"	"	"	"	"
1938	THOULE Martin	"	"	"	MARCHAND Eugène	"	"
1942	"	"	suspension	"	"	"	"
1946	"	"	VUARAND Anselme	"	TROILLET Célestin	"	"
1949	GRILLET Max et Jean	"	THOULE Jules	"	"	VUARAND Robert (fils)	"
1971	abandon	VUARAND Robert	"	abandon	"	abandon (?)	"
1976	"	"	"	"	"	"	"
1986	abandon	VUARAND Robert	THOULE Jules	abandon	TROILLET Célestin	abandon	abandon

ANNEXE 2 - EXTRAIT DE L'AVIS INERIS SUR LES EXPLOSIFS

Si la poudre est inertisée, l'effet d'une réaction de la mèche seule, par suite du même type de sollicitation, resterait insignifiant.

Dans le doute, nous conseillons :

- d'interdire tout accès à l'ardoisière ;
- si possible, de noyer la partie de galerie concernée ou de laisser faire les eaux d'exhaure.

La poudre noire peut présenter à sec une durée de vie très longue (supérieure au siècle) dans de bonnes conditions de stabilité. Elle offre par contre une médiocre résistance à l'eau. La poudre dont il est question est conditionnée à l'intérieur de sacs en papier et d'un fût métallique non hermétique dans une galerie estimée très humide (par comparaison à l'état de chantiers voisins). On peut donc penser qu'elle est suffisamment dégradée pour avoir été rendue inerte par l'humidité ambiante, mais ceci ne semble pas vérifiable aux termes de votre courrier.

Il n'en est peut être pas de même pour la mèche, si celle-ci est étanche.

Si la poudre n'est pas inertisée, elle a fort peu de risques de réagir autrement que par suite de l'effet d'un acte volontaire, peu probable compte tenu de la difficulté d'accès, ou bien d'un impact. Ce dernier pourrait se produire, puisque l'ardoisière est abandonnée, par suite de l'effondrement de la partie correspondante du reste de la galerie. Dans ce cas, l'effet produit resterait probablement inférieur à celui des tirs qui étaient pratiqués dans l'ardoisière en exploitation et pourrait même être moindre que l'effet de l'effondrement lui-même, à l'exception de la production de fumées toxiques.

Impression et façonnage:
SERVICE REPROGRAPHIE
BRGM

BRGM
SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL
CENTRE THEMATIQUE AMENAGEMENT ET RISQUES
Savoie-Technolac BP 221 73374 LE BOURGET DU LAC Cedex - France - Tél. : (33) 04.79.25.31.32