



Document non public

## Village-refuge souterrain de Rumilly-en-Cambrésis (Nord)

Projet de valorisation touristique  
Etude géotechnique préliminaire

---

J.F. ALLARD  
avec la collaboration de  
E. THORVAL

Décembre 1992  
R 36 509 NPC 4S 92

Mots clés :

**J.F. ALLARD (1992) - VILLAGE-REFUGE SOUTERRAIN DE RUMILLY-en-CAMBRESIS  
(Nord) - Projet de valorisation touristique - Etude géotechnique préliminaire -  
R 36 509 NPC 4S 92 - 22 p., 2 fig., 2 annexes**

**VILLAGE-REFUGE SOUTERRAIN DE RUMILLY-en-CAMBRESIS (59)**

-----  
**PROJET DE VALORISATION TOURISTIQUE**

-----  
**ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE**  
-----

**RESUME**

A la demande de Monsieur le Maire de la commune de RUMILLY-en-CAMBRESIS (Nord), le BRGM Nord-Pas-de-Calais-Picardie a procédé à la reconnaissance géotechnique préliminaire d'anciennes carrières souterraines.

Ces anciennes carrières ont servi de refuge souterrain et portent des traces d'habitation collective de longue durée dont l'intérêt évident a suscité un projet de mise en valeur en vue de visites par le public.

La reconnaissance géotechnique préliminaire devait indiquer si le projet était réalisable vis-à-vis des contraintes géotechniques de stabilité.

L'étude a été réalisée à partir d'observations sur place et de relevés de fissuration, en l'absence de tout essai "in situ" ou en laboratoire.

La stabilité de l'ensemble vis-à-vis d'un affaissement généralisé ne semble pas compromise, mais les coefficients de sécurité paraissent faibles. La fissuration importante du toit et de quelques piliers et les décollements de toit nécessiteront des investigations complémentaires à base d'essais sur échantillons et en place.

A la suite de cette étude, la carrière pourra être divisée en zones à caractéristiques homogènes pour chacune desquelles des dispositifs de confortement ou de surveillance seront adaptés.

22 pages - 2 figures - 2 annexes

# TABLE DES MATIERES

|   | Pages     |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCTION.....</b>                                   | <b>5</b>  |
| 1.1 - Motivation.....   | 5         |
| 1.2 - But de l'étude.....                                     | 5         |
| 1.3 - Méthode d'étude .....                                   | 6         |
| <b>2. GENERALITES.....</b>                                    | <b>7</b>  |
| 2.1 - Situation géographique.....                             | 7         |
| 2.2 - Cadre géologique .....                                  | 7         |
| 2.3 - Hydrogéologie locale.....                               | 9         |
| <b>3. DESCRIPTION DU SITE .....</b>                           | <b>11</b> |
| 3.1 - Géométrie de la carrière.....                           | 11        |
| 3.2 - Description du matériau .....                           | 12        |
| 3.3 - Incidence de l'eau.....                                 | 12        |
| <b>4. DESCRIPTION GEOTECHNIQUE.....</b>                       | <b>13</b> |
| 4.1 - Relevé des fissures au toit de la carrière.....         | 13        |
| 4.1.1 - Les fissures "géologiques".....                       | 13        |
| 4.1.2 - Les fissures "mécaniques" .....                       | 14        |
| 4.1.3 - Aspects du toit.....                                  | 14        |
| 4.2 - Relevé des fissures sur les piliers et les masses ..... | 15        |
| <b>5. DESCRIPTION DE LA CARRIERE ENVIRONNANTE .....</b>       | <b>16</b> |
| <b>6. AVIS SUR LA STABILITE .....</b>                         | <b>17</b> |
| 6.1 - Stabilité des piliers.....                              | 17        |
| 6.2 - Stabilité du toit .....                                 | 17        |
| 6.3 - Stabilité globale.....                                  | 18        |
| <b>7. ETUDES COMPLEMENTAIRES A ENVISAGER .....</b>            | <b>20</b> |
| <b>8. DESCRIPTION DE TRAVAUX CONFORTATIFS.....</b>            | <b>21</b> |
| <b>9. CONCLUSION .....</b>                                    | <b>22</b> |

## **LISTE DES FIGURES**

|          | Pages  |
|----------|--|
| Figure 1 | Situation de la zone étudiée ..... 8         |
| Figure 2 | Variations piézométriques à MARCOING..... 10 |

## **LISTE DES ANNEXES**

|           |  |
|-----------|--|
| Annexe I  | Relevés géotechniques dans la carrière |
| Annexe II | Planches photographiques               |

# 1. INTRODUCTION

Dans le sous-sol de RUMILLY-en-CAMBRESIS, il existe un vaste espace souterrain, ancienne carrière souterraine de pierre à bâtir, qui, au cours des âges, a servi de refuge aux populations locales. Les vestiges de vie communautaire organisée sont très nombreux et assez exceptionnellement bien conservés car cette carrière n'avait aucun accès connu depuis un siècle au moins.

La découverte récente de ce site par le SDICS, à partir de l'examen d'archives historiques et de travaux d'exploration, a mis en lumière la richesse archéologique et l'intérêt particulier de cet espace pour mieux comprendre la vie de certains de nos ancêtres aux environs des 15<sup>e</sup>/16<sup>e</sup> siècles.

## 1.1 - MOTIVATION

Compte tenu de ces constatations, il a été formé le projet d'une ouverture de ce site souterrain au public. L'intérêt touristique y est évident et le site entrerait dans le circuit du Haut-Escout (Abbaye de VAUCELLES, site archéologique de LES RUES DES VIGNES, etc...).

Mais auparavant, il est important de s'assurer de la stabilité de ces anciennes carrières ; c'est pourquoi la commune de RUMILLY-en-CAMBRESIS, avec l'appui technique de Monsieur BIVERT, Ingénieur en Chef au Service Départemental d'Inspection des Carrières souterraines, a lancé un appel d'offres pour la réalisation d'une étude géotechnique préliminaire destinée à donner un avis sur la faisabilité du projet par rapport à la stabilité actuelle et d'indiquer s'il serait nécessaire d'y prévoir des renforcements.

Le présent rapport rend compte de l'étude effectuée au cours des mois de novembre et décembre 1992 par le BRGM Nord-Pas-de-Calais-Picardie.

## 1.2 - BUT DE L'ETUDE

Le but de l'étude engagée était de donner un premier avis sur le degré de stabilité de l'ensemble souterrain, de définir les études complémentaires à réaliser et de donner un aperçu des techniques de confortement à mettre éventuellement en place.

### **1.3 - METHODE D'ETUDE**

L'étude a été réalisée à partir d'observations sur place et de l'analyse des documents géologiques et hydrogéologiques existant sur la région.

Il n'a été effectué aucune mesure "in situ", ni prélèvements, ni essais sur échantillons en laboratoire.

Le repérage sur place a été réalisé à partir d'un levé détaillé exécuté à 1/200 par le Cabinet S. DEREGNAUCOURT, géomètre expert à CAMBRAI.

## 2. GENERALITES

### 2.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE (figure 1)

La carrière étudiée se trouve au lieu-dit "Mont sur l'Oeuvre", à 1 km au Nord-Ouest de l'église de RUMILLY-en-CAMBRESIS (4 km au sud de CAMBRAI).

C'est une zone de plateaux entaillés par le réseau hydrographique : Escaut, Esnes, Eauette, vallée de Marcoing.

Les plateaux culminent à la cote + 90 NGF, le fond des vallées se trouve entre + 50 et + 55 NGF. Les pentes sont peu accentuées, l'ensemble des terrain est couvert par la culture intensive.

### 2.2 - CADRE GEOLOGIQUE

La région au Sud de CAMBRAI est modelée par la structure crayeuse du sous-sol. Un manteau de limons recouvre presque partout la craie qui n'affleure que sur les flancs de vallée.

Les différents terrains observés autour de RUMILLY-en-CAMBRESIS sont :

- **les limons des plateaux**, dont l'épaisseur varie de quelques mètres jusqu'à 10 m. Ce sont des limons fins argilo-sableux, de couleur jaune à ocre ; ils sont chargés en silex et en débris de craie à la base ;
- **les assises du Landénien**. Cette formation tertiaire ne subsiste qu'en lambeaux ; elle est présente sur le Mont sur l'Oeuvre (autrefois exploitée en carrière) ; ce sont des sables et des sables très fins, légèrement argileux ; leur épaisseur ne dépasse pas 10 m.
- **la craie blanche du Sénonien** est présente dans l'ensemble de la région ; son épaisseur est de l'ordre de 50 m. Cette craie contient des silex et a été exploitée pour la pierre de taille et pour la pierre à chaux, en carrières à ciel ouvert ou souterraines.

Sous ces formations se trouvent des assises crayeuses du Turonien dont la base est constituée par des marnes. Ce sont ces marnes relativement imperméables qui forment le mur de la nappe de la craie ; au droit de la zone étudiée, ces marnes sont à la cote + 20 NGF.

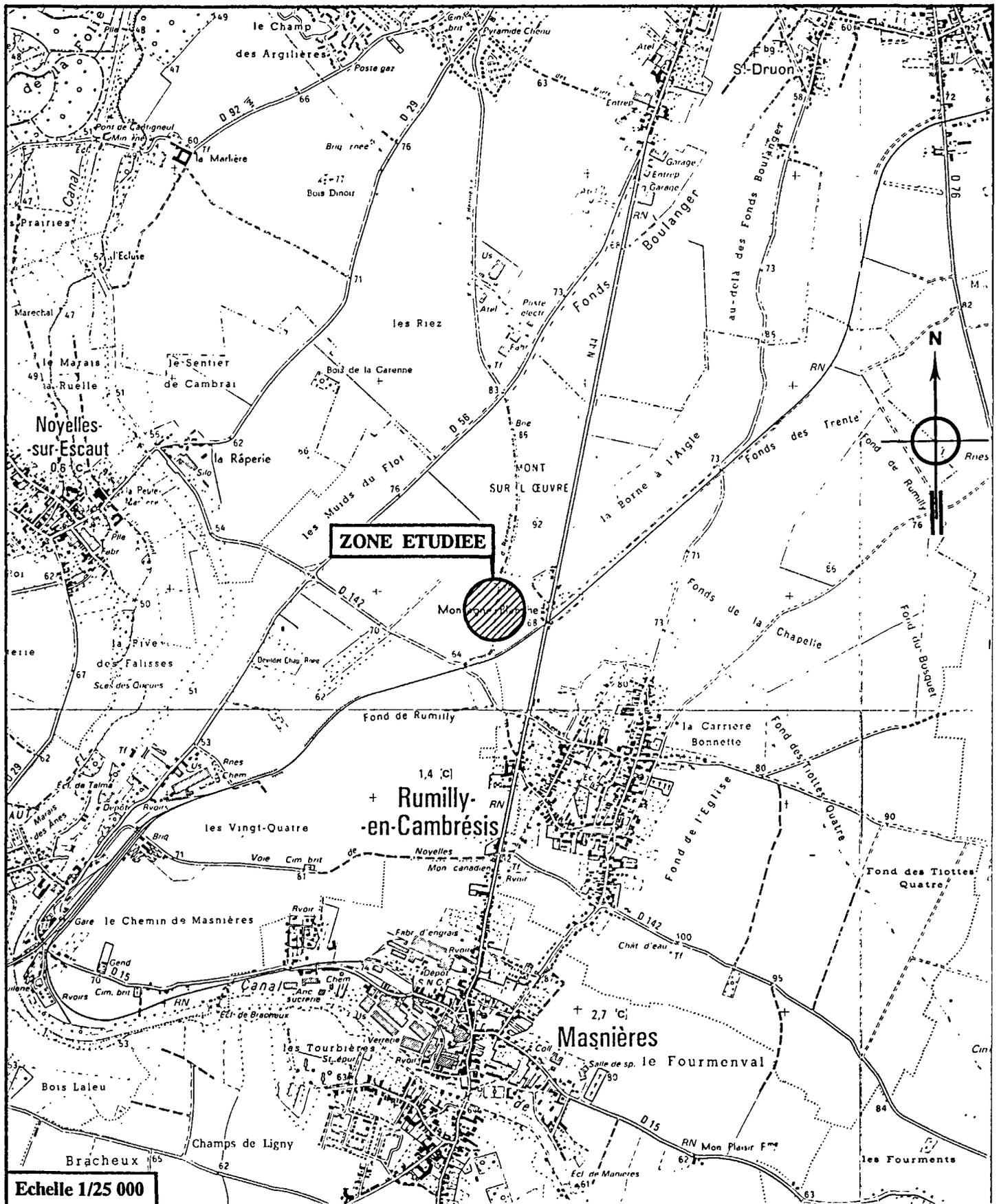


Figure 1 - Situation de la zone étudiée.

## **2.3 - HYDROGEOLOGIE LOCALE**

Les assises crayeuses sont le siège d'une nappe très importante qui alimente les populations et les industries.

Cette nappe est alimentée par les eaux météoriques qui s'accumulent au-dessus des marnes pour former une nappe continue.

La nappe est drainée par les grandes vallées et s'écoule du Sud vers le Nord avec un gradient de 0,4 %. Aux environs de RUMILLY-en-CAMBRESIS, le toit de la nappe se trouve à la cote + 55 NGF environ. Mais la position de la nappe par rapport au sol varie également en fonction des saisons et de la pluviométrie. Ainsi un enregistrement de niveau effectué à MARCOING (figure 2) (Maison Forestière) depuis 30 ans, montre qu'il y a des variations annuelles avec des années plus "basses" et des années plus "hautes". L'amplitude de variation est de 3 à 4 m. Connaissant la nappe de la craie, les résultats observés à MARCOING (5 km au Sud-Ouest) peuvent être transposés à RUMILLY-en-CAMBRESIS.

# PIEZOMETRIE 1962 - 1991

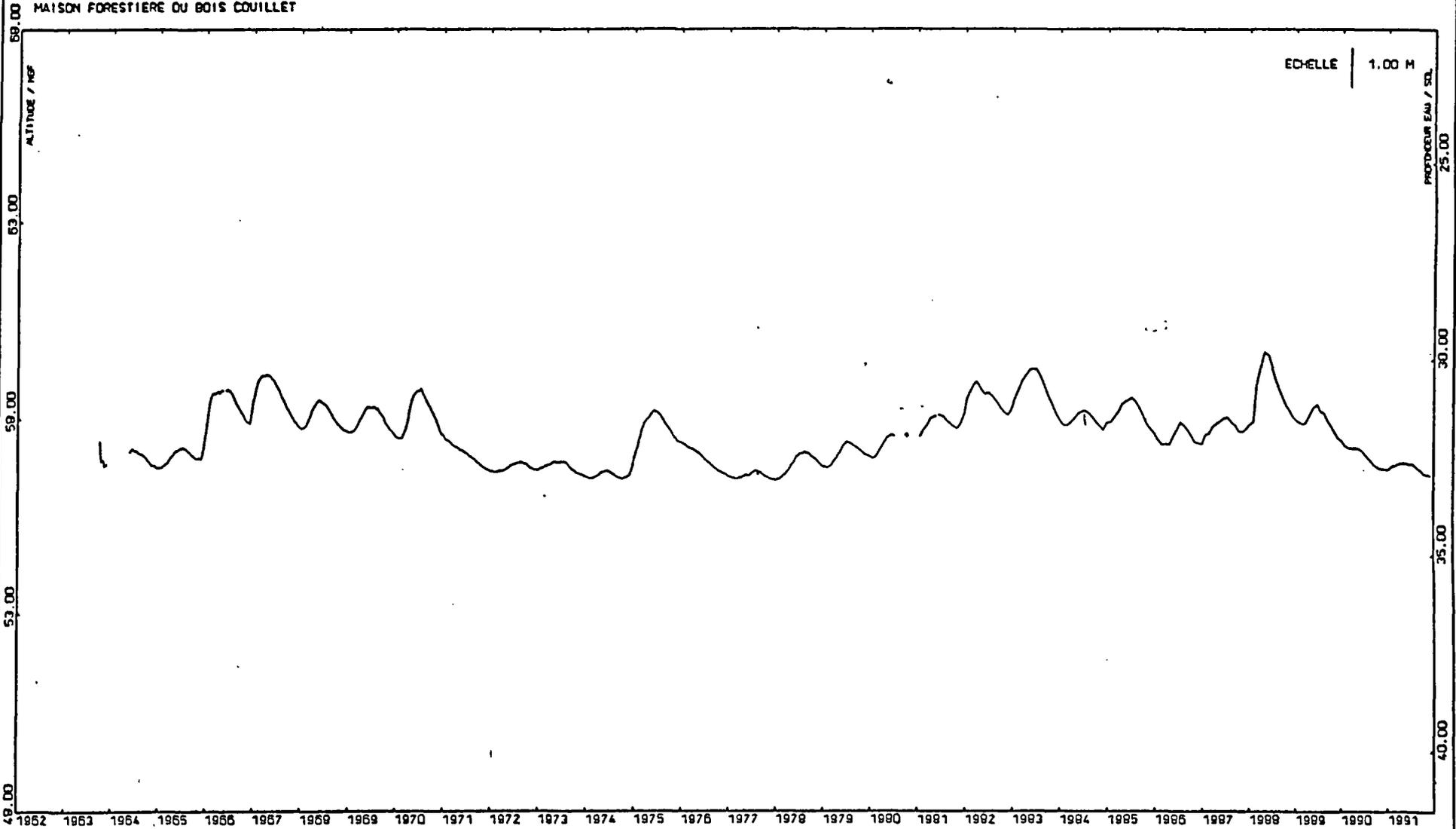
59 SGR/NPC

INDICE B.R.G.M. 0036-8X-0045

DESIGNATION P1

058 MARCOING  
MAISON FORESTIERE DU BOIS COUILLET

ECHELLE 1.00 M



NAPPE ART/02...../+-L CRAIE 1-NAPPE DE LA CRAIE  
RESEAU R3 PROFONDEUR OUVRAGE 34.10 M.  
COTE DU REPERE PIEZOMETRIQUE 90.60 M.  
COTE DU SOL 89.50 M.

Figure 2 - Variations piézométriques à MARCOING.

## 3. DESCRIPTION DU SITE

### 3.1 - GEOMETRIE DE LA CARRIERE

Les limites de la carrière sont difficiles à déterminer car leur ancienneté et les occupations successives ont fait qu'un volume important de déblais ou de déchets a été poussé dans les fonds ou dans les zones inoccupées, obstruant peut-être certains accès.

Le levé topographique s'est limité à la partie présentant des traces d'occupation ; c'est donc de cette partie là que nous parlerons, sachant qu'il peut y avoir des prolongements de galeries ou d'exploitation.

Le levé détaillé a été effectué sur une zone de 1,5 hectare environ s'inscrivant dans un parallélogramme dont les bases auraient 120 m de longueur et dont la hauteur serait de 100 m (environ).

Un cheminement beaucoup plus étendu a été effectué par le SDICS en phase exploratoire, dans une carrière d'aspect plus récent et accessible par les mêmes galeries ; son examen ne fait pas l'objet de la présente étude, mais des observations y ont été effectuées.

En ce qui concerne la profondeur de la carrière, les levés altimétriques montrent que le toit de l'ancienne carrière s'abaisse de l'entrée ouest, salle 1, de + 54/55 NGF à + 51/52 NGF à la sortie est, vers la nouvelle carrière. En surface, entre ces mêmes repères, les terrains passent de + 71 NGF à + 75 NGF.

L'épaisseur de terrain au-dessus du toit varie donc entre 16 et 23 m.

L'exploitation a été effectuée par la méthode des chambres et piliers sans que l'on puisse y distinguer un ordonnancement logique pour la répartition entre les vides et les masses laissées en place. Globalement, les piliers ont 3 à 4 m de côté et ils sont séparés par des vides de 3 à 5 m. Mais dans la zone étudiée, l'exploitation est souvent perturbée par la présence de grandes diaclases sur lesquelles les exploitants se sont arrêtés. La hauteur du vide actuel est de l'ordre de 2 m, mais l'exploitation s'est probablement effectuée sur une hauteur de l'ordre de 4 m, la "remontée" du sol étant due à la présence des déchets de coupe laissés en place.

L'accès actuel des souterrains se fait par un puits vertical d'une quinzaine de mètres qui a été creusé spécifiquement par le SDICS, car il n'y avait aucun accès connu. Ce puits débouche au Sud de la carrière dans une zone où il n'existe qu'une galerie de liaison.

Entre la salle 10 et la salle 12, une galerie circulaire remonte vers la surface (photo n° 8). Elle est obstruée par un éboulement et s'arrête une vingtaine de mètres plus loin après avoir remonté de 12 m (pente de 3/5).

### 3.2 - DESCRIPTION DU MATERIAU

Le matériau qui a été exploité en carrière souterraine est de la craie blanche à grise, de faible résistance mécanique (pour une roche) et présentant peu de niveaux caractéristiques différenciés. On peut établir les remarques suivantes :

- il s'agit d'un matériau peu résistant, homogène dans la masse exploitée où l'on observe quelques silex noirs dont la dimension est de l'ordre du décimètre ;
- dans certaines zones, la masse exploitée apparaît en bancs de 0,6 à 0,8 m d'épaisseur et, semble-t-il, avec des caractéristiques mécaniques différentes (différenciation par la fissuration) ;
- au toit, la nature du matériau est différente ; il s'agit de craie à silex en bancs de 0,2 à 0,5 m d'épaisseur, très forte proportion de silex noirs cornus de 1 à 10 cm de dimension maximale. Les bancs de craie à silex sont parfois séparés par des lits de 1 à 2 cm d'épaisseur de silex noir continus ;
- la base de l'exploitation n'est pratiquement pas visible à cause des remblais ; il semble qu'il s'agisse du même matériau sans discontinuité d'ordre stratigraphique.

### 3.3 - INCIDENCE DE L'EAU

Comme cela a été indiqué au § 2.3, la nappe de la craie se trouve loin en-dessous du niveau de la carrière ; or cette nappe est alimentée par les eaux météoriques, ce qui signifie que les eaux de pluie doivent traverser le niveau de la carrière pour rejoindre la nappe. D'où une certaine humidité du matériau (teneur en eau) qui est microporeux. Toutefois, on remarquera que l'atmosphère de la carrière est peu chargée d'humidité (pas de condensation). Par temps de forte pluviosité, il a été observé des écoulements à l'intérieur de la carrière (suintement et goutte-à-goutte).

Le toit de la nappe est estimé à la cote + 50 NGF avec une variation de 3 à 4 m. Or le relevé du fond des puits indique une cote à + 49,4 NGF. Ceci est tout à fait cohérent et l'absence d'eau dans le fond des puits est due au fait que la nappe est encore relativement basse par rapport aux valeurs habituelles (sécheresse de plusieurs années consécutives menant à un étiage de la nappe).

Nota : les puits sont partiellement comblés. Leur profondeur d'origine permettait d'atteindre la nappe en toutes saisons.

## **4. DESCRIPTION GEOTECHNIQUE DE LA CARRIERE**

La description géotechnique de la carrière est effectuée à partir des observations faites sur place au cours desquelles tous les indices de fracturation ont été relevés. Ces indices ont été reportés sur le plan de l'annexe I.

### **4.1 - RELEVÉ DES FISSURES AU TOIT DE LA CARRIERE**

#### **4.1.1 - Les fissures "géologiques"**

Elles sont d'origine naturelle ; elles sont généralement rectilignes et de grande extension. Ces fissures sont ouvertes avec remplissage argileux ; les parois de craie en limite de ces fissures sont striées verticalement montrant que des mouvements ont eu lieu de part et d'autre d'une façon différentielle (photos n° 7 et 7 bis).

On observe également des secteurs où deux fissures de ce type se rencontrent ; il y a alors forte perturbation de la craie avec petits lits argileux en réplique, massif crayeux fortement diaclasé et poches d'argile.

Lorsque l'exploitation rencontrait ces zones, la mauvaise qualité du matériau en provoquait souvent l'arrêt et les manifestations de désordre y sont nombreuses : chutes de toit, blocs tombés, coulées argileuses.

Le levé systématique des traces de ces manifestations géologiques dans la carrière a permis d'identifier quelques grandes fissures :

1. Fissure bordant la limite nord-est de la carrière visible au fond des salles 33, 30, 32, station 140 et entrée de la "nouvelle carrière".
2. Fissure coupant la carrière en limite sud, visible dans les salles 12 et 13 et qui diverge en plusieurs branches à partir du départ de la galerie d'accès (rampe) pour former un ensemble de fissures entre les salles 30 et 26.
3. Cette fissure part du même front que la précédente (station 213) et se dirige vers la salle 32.
4. Fissure recoupant la totalité de la carrière à son extrémité est ; la coupure dans le massif a engendré moins de manifestations que les fissures précédentes.

#### 4.1.2 - Les fissures "mécaniques"

Ce sont les fissures qui sont apparues après l'ouverture de la carrière et qui se manifestent au toit sous forme de cassures plus au moins sinueuses. Elles sont souvent discontinues, mais elles sont représentées sur le plan de façon continue car elles se relaient les unes les autres.

On observe principalement des fissures verticales qui affectent le toit entre 2 appuis, sans pouvoir indiquer si ces fissures remontent au-delà du premier banc du toit.

Lors du relevé géotechnique, on a différencié les fissures mécaniques qui paraissaient anciennes des cassures fraîches.

Les fissures anciennes sont d'origine mécanique, mais leur aspect indique une rupture très ancienne repérée par une patine à l'intérieur des fissures ; elles seraient apparues en cours d'exploitation (photo n° 3).

Les fissures mécaniques anciennes sont présentes au toit dans la quasi-totalité de la carrière ; on ne peut pas considérer qu'elles présentent une direction privilégiée ; elles s'observent principalement dans le sens du plus grand allongement des salles.

Les cassures "fraîches" sont également des ruptures mécaniques, mais leur aspect "frais" serait révélateur d'un mouvement récent (photo n° 2).

Les cassures "fraîches" sont localisées en certaines zones particulières, salle 10, Sud de la salle 20, zone ouest de la carrière ; elles ne sont généralement pas associées aux autres fissures anciennes.

#### 4.1.3 - Aspects du toit

Le toit de la carrière se présente de plusieurs façons :

- **toit taillé** : c'est alors un aspect régulier où l'on peut apercevoir les traces des outils de taille ; parfois dans certaines salles, le toit présente un aspect arrondi en voûte inversée (salle 31 - salle 18) ; il s'agit probablement d'une méthode de taille ;
- **toit "naturel"** : très souvent, le toit de la carrière est formé par une limite entre deux bancs, la partie inférieure étant tombée toute seule au moment de la taille (ou après) ; dans ce cas, le toit est très irrégulier et contient généralement une grande quantité de silex décimétriques ;
- **chute de toit**. Sur le plan de l'annexe I, les chutes de toit observées sont indiquées, mais nous y avons associé les zones où le premier banc du toit est décollé et donc où le toit est en passe de s'établir sur un lit naturel (photo n° 1). Ces bancs ont entre 20 et 40 cm d'épaisseur et si l'on en juge par les nombreux exemples, leur chute par portions de plusieurs dizaines de m<sup>2</sup> est fréquente (photo n° 4).

## **4.2 - RELEVÉ DES FISSURES SUR LES PILIERS ET LES MASSES**

La présence de 15 à 20 m de terrain au-dessus de la carrière exerce une contrainte permanente sur les piliers. L'observation des piliers apporte partiellement une réponse sur la capacité de résistance du système ; l'apparition de fissures sur les faces des piliers (comme pour un échantillon testé entre les deux plateaux d'une presse) peut être l'indice du dépassement de la limite de rupture.

Comme pour les fissures observées au toit, les fissures anciennes et les cassures fraîches ont été distinguées.

Les faces de pilier présentant des fissures sont indiquées sur le plan de l'annexe I.

Ces fissures sont généralement verticales et affectent plus particulièrement le coin des piliers. On peut en observer également au milieu d'une face lorsqu'il y a présence à proximité d'une fissure importante au toit (photos n° 5 et 6).

Les piliers présentant des fissures anciennes sont répartis à peu près dans toute la carrière tandis que ceux qui ont des cassures fraîches sont plutôt en groupe (zone ouest, non loin de la salle 15, salle 22 et quelques points dispersés dans le secteur est).

Dans certaines parties de la carrière, on peut observer un phénomène lié à des différences de composition des bancs de craie. Par exemple, autour de la salle 15 on remarque une "tranche" de craie plus tendre de 0,8 à 1,0 m d'épaisseur au milieu des piliers ; le fait que cette couche soit moins résistante engendre une importante fracturation, un écaillage et même parfois une mise en porte à faux du banc supérieur qui, de ce fait, est également fissuré (photo n° 6).

## 5. DESCRIPTION DE LA CARRIERE ENVIRONNANTE

Au Nord-Ouest des salles 23 et 24, un passage donne accès à une carrière souterraine qui paraît plus récente et qui a gardé l'aspect d'une exploitation de pierre de taille, avec des piliers réguliers, des galeries et du remplissage par des débris de carrière de part et d'autre des zones de circulation (photo n° 9).

Cette ancienne exploitation s'étend sur 1 à 2 ha.

Les observations montrent que tous les piliers (ou presque) présentent des signes d'écrasement avec larges fissures et parois détachées du reste du pilier (photos n° 10 et 12). Les piliers sont souvent éclatés sous la pression provoquant un affaissement des terrains sus-jacents et on peut indiquer que l'affaissement se poursuit, car des blocs détachés des parois et inclinés sont broyés à leur partie supérieure (photo n° 11).

L'affaissement par rapport au vide d'origine est de l'ordre de 10 % (soit environ 20 cm), mais il semble que cet affaissement soit encore en cours.

Une visite de l'ensemble n'a pas permis de délimiter des secteurs qui pourraient être d'aspect plus sain. Tout au plus avons-nous pu distinguer des zones de piliers écrasés et éclatés, des zones de piliers très fissurés et partiellement écrasés, des secteurs où les piliers ne sont que fissurés.

Dans cette carrière, il y a aussi présence de fissures géologiques, mais il n'a pas été possible d'en préciser la direction et la continuité.

Une autre carrière située au Sud-Ouest de la carrière étudiée, au-delà de la galerie (stations n° 150 et suivantes) se présente sous l'aspect d'une ancienne exploitation dont les piliers et le toit ne semblent pas présenter de traces de fissuration.

## 6. AVIS SUR LA STABILITE

### 6.1 - STABILITE DES PILIERS

La stabilité des piliers vis-à-vis d'un écrasement est estimée en comparant la résistance du matériau à la contrainte verticale qu'il supporte. La contrainte moyenne est donnée par la formule :

$$\sigma = K \gamma H \frac{t00}{100 - t}$$

où <sup>(1)</sup> :

- $\gamma$  poids volumique des terrains de couvertures pris égal à 20 N/m<sup>3</sup>
- H hauteur maximale de couverture : 23 m
- t taux de défilage de l'exploitation qui est de 20 % (rapport de la surface des piliers à la surface totale de la carrière)
- K terme correctif qui tient compte de différents facteurs de concentration des contraintes. On a pris K = 1,2

on obtient :  $\sigma = 0,6$  MPa.

Pour une résistance à la compression simple qui serait de l'ordre de 2,5 MPa, on obtient un coefficient de sécurité de 4 vis-à-vis de l'écrasement. Ce coefficient est relativement faible car on admet généralement un coefficient compris entre 6 et 9 pour tenir compte de la fracturation des piliers qui réduit leur résistance et de la fracturation du toit qui concentre les contraintes vers des secteurs préférentiels.

### 6.2 - STABILITE DU TOIT

La stabilité des dalles du toit peut être appréciée en comparant le moment de flexion ultime caractérisé par la résistance à la traction et le moment de flexion réel d'une dalle encastrée.

On a :

$$M_{ult} = \frac{1}{6} R_t h^2 \quad \text{en prenant } R_t = 0,5 \text{ MPa}$$

on obtient :  $M_{ult} = 0,02$  MPa (banc de 0,5 m d'épaisseur)

---

<sup>(1)</sup> Les valeurs chiffrées dans les paragraphes 6.1 et 6.2 sont issues d'études antérieures réalisées dans des matériaux similaires. Ces valeurs ne sont qu'indicatives.

et 
$$M = \gamma \frac{hl^2}{12} \quad l = 4 \text{ m} \quad h = 0,5 \text{ m}$$

$$M = 0,013 \text{ MPa}$$

Dans ce cas théorique, le coefficient de sécurité vis-à-vis de la rupture en flexion d'une dalle continue du toit serait de 1,5, ce qui est un coefficient très faible qui pourrait encore être diminué par la prise en compte des surcharges dues au recouvrement.

### 6.3 - STABILITE GLOBALE

Pour ce qui concerne la carrière étudiée (il ne s'agit pas de la zone environnante), il ne semble pas que la stabilité d'ensemble soit compromise vis-à-vis d'un affaissement généralisé. Mais des effondrements partiels sont à craindre.

Nous avons observé peu de manifestations récentes de fracturation (pas de petits blocs au sol), ce qui est un élément favorable, mais tout n'est pas accessible dans la carrière et beaucoup de cheminements s'arrêtent sur des éboulis ou des remplissages qui peuvent cacher parfois d'anciens effondrements.

Par ailleurs, l'ancienneté de la carrière ne peut être considérée comme un gage de longévité, car, pour être arrivés jusqu'à nous, les piliers n'en ont pas moins été soumis à une charge constante qui peut entraîner des phénomènes de fluage.

*En premier avis, on peut considérer que l'étude de la stabilité mérite d'être poursuivie et que pour affiner et étayer un avis définitif il convient de procéder à des investigations géotechniques plus complètes et à décrire les travaux de confortement qu'il y a lieu de prévoir.*

En particulier, il faudra s'assurer de la stabilité de la carrière par zones élémentaires définies par des fins d'exploitation ou des fissures géologiques de grande extension. Dans ces zones géographiquement et géotechniquement bien délimitées, on évaluera les différentes contraintes et la capacité de résistance des soutènements et des dalles de répartition.

Ce sont les résultats de ces essais et calculs qui permettront de définir les zones visitables ou non et les zones ou les dalles qu'il faudra renforcer.

Selon chaque secteur, une étude fine servira à préciser le type de renforcement à prévoir, celui-ci pouvant être modulé selon que l'on se trouve en zone de passage ou à proximité d'une zone instable ou en zone de faiblesse du toit ou en zone de piliers fissurés.

Nous émettons des doutes sérieux sur la stabilité générale de la carrière plus récente qui jouxte le village souterrain au Nord. En effet, l'aspect des piliers semble indiquer un écrasement permanent et qui n'est pas arrêté. Il y a donc une forte probabilité pour que cette partie de carrière évolue vers sa ruine.

Tout le problème est de savoir si un effondrement dans ce secteur risque d'entraîner la ruine du village souterrain.

De ce point de vue, il faudra examiner les zones dans le détail et probablement prévoir des dispositifs de renforcement pour que l'effondrement ne se propage pas.

Toutefois, deux arguments semblent en faveur de la stabilité du village souterrain par rapport à cette carrière (mais il faudrait en vérifier le bien-fondé) :

- présence d'une faille géologique Est-Ouest qui séparerait l'ancienne et la nouvelle carrière en massifs indépendants ;
- la nouvelle carrière ne s'approche pas à moins de 30 m de l'ancienne, sauf par une zone étroite (stations 50 à 53), tout au moins d'après les levés que nous avons à notre disposition.

## 7. ETUDES COMPLEMENTAIRES A ENVISAGER

Il sera nécessaire :

- de déterminer des zones élémentaires par une étude de détail basée sur les levés de la présente étude ;
- dans chaque zone, de mesurer des caractéristiques de la craie par prélèvements d'échantillons (cubes de 15 cm d'arête, orientés), sur lesquels on mesurera en laboratoire les valeurs de teneur en eau, poids volumique, vitesse du son et valeurs de résistance à la compression et à la traction ;
- de mesurer la vitesse du son "in situ" directement sur les piliers, de façon à comparer avec les valeurs obtenues en laboratoire et à déceler si des piliers ne sont pas fissurés mécaniquement sans qu'il y ait apparition de fissures visibles ;
- d'examiner en détail les secteurs fracturés et en particulier, là où une première observation a indiqué cassure "fraîche", il sera nécessaire

**pour le toit** : de faire des observations à l'endoscope dans des petites forages de façon à vérifier que la fracturation ne se prolonge pas au-delà du premier banc du toit,

**pour les piliers** : de vérifier la compacité des zones fissurées par des mesures de la vitesse du son "in situ" ;

- de procéder à un relevé précis des zones de toit décollées dont il faudra déterminer si la mise en sécurité relève du "boulonnage" des premiers bancs du toit. A partir de cette détermination, le mode de "boulonnage" sera défini et le nombre de points à prévoir sera déterminé.

De même, pour les secteurs où des renforcements semblent nécessaires, la méthode à mettre en oeuvre sera décrite ainsi que les emplacements et les volumes.

- dans certaines zones où les renforcements ne paraissent pas de première urgence ou bien dans les zones mises à disposition pour la visite, il pourra être préconisé un système de surveillance. Les appareils mis en place sont très sensibles aux déplacements relatifs et leur suivi permet d'évaluer un mouvement éventuel d'écrasement des piliers. Les emplacements de ces appareils et leur description seront indiqués ainsi que la méthode de mise en place.
- enfin, il faudra s'assurer des limites de la carrière plus récente en voie d'effondrement, par des explorations et des levés afin d'évaluer la présence et l'importance d'une zone "tampon" entre cette carrière et le village souterrain.
- une auscultation et une surveillance devront également être entreprises dans la carrière "nouvelle".

## 8. DESCRIPTION DE TRAVAUX CONFORTATIFS

A la suite de l'étude détaillée décrite ci-avant, il est fort probable qu'il y aura des travaux de mise en sécurité à réaliser :

- **Renforcement du soutènement.** Ce renforcement pourra être effectué avec des piliers de béton armé de section appropriée, clavés au toit et ancrés dans la roche. Pour garder un aspect ancien, ces piliers pourraient être habillés d'un parement de moellons de craie.

Eventuellement, si des voûtes sont nécessaires pour un renforcement laissant le libre passage, elles pourront également être réalisées en béton armé et revêtues d'un parement en moellons de craie.

- **Renforcement du toit.** Il ne sera pas possible partout de faire tomber les éléments décollés du toit. Aussi dans certaines zones, faudra-t-il avoir recours à un "clouage" du premier banc du toit. Le "clou" est constitué par un boulon de plusieurs dizaines de centimètres de longueur (à déterminer) scellé dans les bancs supérieurs du toit (scellement à la résine dans un petit forage) et bloqué au toit par une plaque de répartition. Ce système a l'avantage de pouvoir multiplier les points d'ancrage tout en restant très discret et ne gênant pas la circulation en-dessous.
- Enfin, si nécessaire, dans des zones très fissurées où il risque d'y avoir des chutes de petits blocs, on pourra procéder à la mise en place d'une résine projetée (ou d'un ciment projeté) qui bloque les éléments de petite taille (ne dépassant pas 10 cm).

Tous ces travaux seront décrits et quantifiés à la fin de l'étude de détail, leur choix fera l'objet d'une concertation avec le Maître d'Ouvrage et le Bureau d'étude chargé de la coordination de la mise en valeur du projet.

Enfin, parmi les travaux à envisager, on pourra procéder au dégagement de la galerie qui rejoint la surface depuis la carrière.

## 9. CONCLUSION

La reconnaissance géotechnique préliminaire réalisée dans la carrière souterraine de RUMILLY-en-CAMBRESIS a permis de se faire une première idée de la stabilité.

Cet examen semble indiquer que la stabilité de l'ensemble, vis-à-vis d'un affaissement général, ne paraît pas compromise, mais le coefficient de sécurité est faible en première approximation.

Les observations montrent une fissuration importante du toit et de quelques piliers, ainsi que de nombreux décollements du banc de craie qui forme le "ciel" de carrière. Il sera donc nécessaire de procéder à des investigations géotechniques détaillées pour préciser l'avis sur la stabilité et préconiser, si nécessaire, des dispositifs de renforcement.

Cette étude complémentaire devra comprendre des essais de mécanique des roches sur échantillons et "in situ" et des relevés très précis par zones homogènes de façon à adapter les moyens de confortement à mettre en oeuvre en fonction des impératifs géotechniques et de la valorisation esthétique du site.

Vu par J.C. PINTE  
Chargé de la section géotechnique  
BRGM Nord-Pas-de-Calais-Picardie

J.F. ALLARD  
Ingénieur géotechnicien  
BRGM Nord-Pas-de-Calais-Picardie





BRGM

**VILLAGE-REFUGE SOUTERRAIN DE RUMILLY-en-CAMBRESIS (59)**

-----  
**PROJET DE VALORISATION TOURISTIQUE**

-----  
**ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE**  
-----

**ANNEXE II**

**PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES**

ASPECTS DU TOIT



Photo n° 1 : 1 er banc décollé

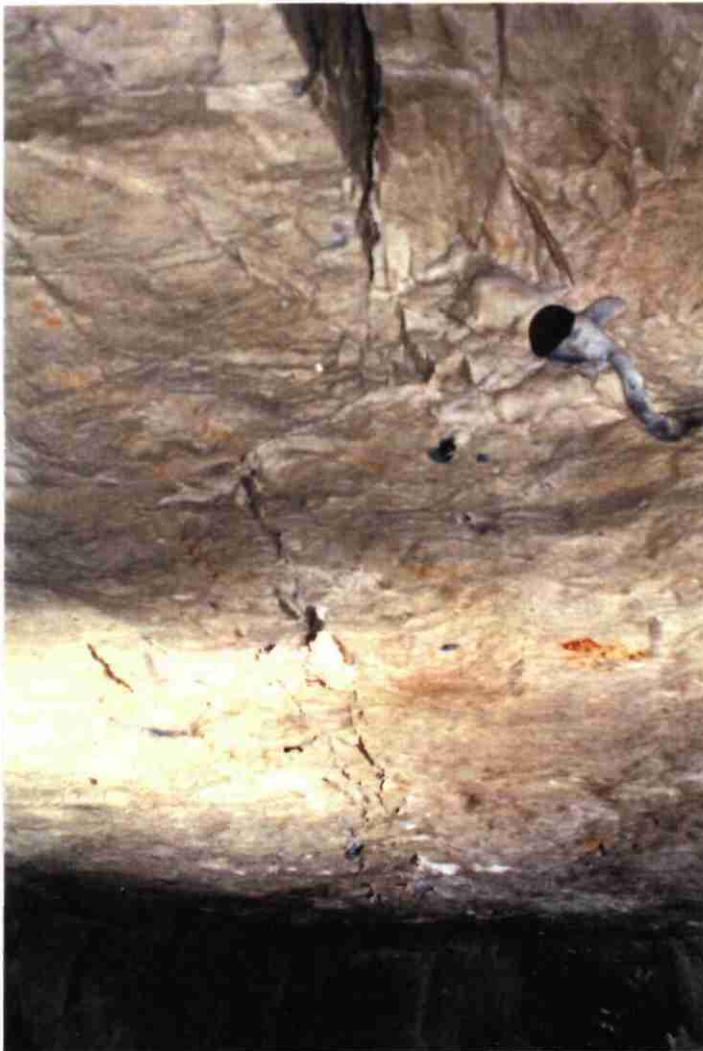


Photo n° 2 :  
Cassure au toit



Photo n° 3 :  
Fissure ancienne



Photo n° 4 : Chute de toit

ASPECTS DES PILIERS



Photo n° 5 : Fissures au coin

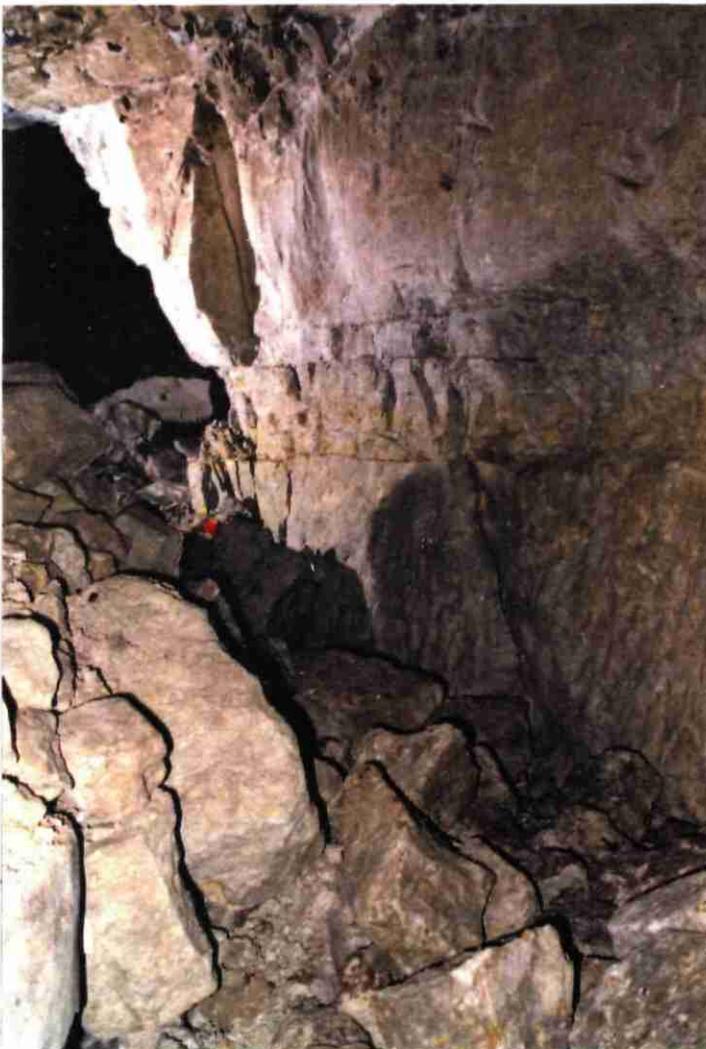


Photo n° 6 :  
Fissures au coin  
et sur une face  
Banc intermédiaire plus tendre

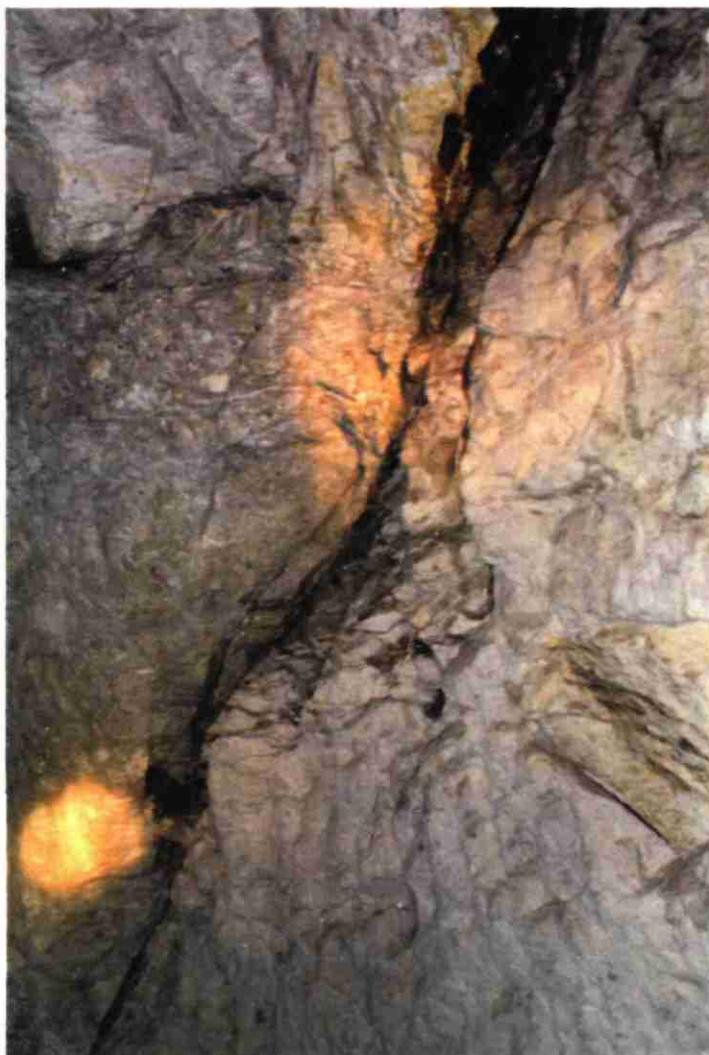


Photo n° 7 : Fissure géologique



Photo n° 7 bis : Désordre provoqué par le passage d'une fissure géologique



Photo n° 8 : Départ du plan incliné



Photo n° 9 : Aspect de la carrière plus récente

ASPECTS DE LA CARRIERE  
(Hors zone d'étude)



Photo n° 10 : Piliers éclatés et écrasés



Photo n° 11 :  
Détail d'un coin de pilier

ASPECTS DE LA CARRIERE  
(Hors zone d'étude)



Photo n° 12 : Ce qu'il reste d'un pilier



Photo n° 13 :  
Pilier en cours d'écaillage

