

R /

RP - 50300

***Ville de Marseille - 13 -
Route des Trois Lucs à la Valentine
Avis du BRGM sur la cartographie existante
des zones instables***

Juin 2000

RP-50300-FR



*Ville de Marseille - 13 -
Route des Trois Lucs à la Valentine
Avis du BRGM sur la cartographie existante
des zones instables*

*Rédigé sous la responsabilité de
R. Martin
avec la collaboration technique de
C. Mathon*

Juin 2000

RC-50300-FR



Mots clés : Marseille, Dissolution, Fontis, Gypse, Galerie, Aléa.

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

R. Martin, C. Mathon (2000) – Ville de Marseille (13) : Route des Trois Lucs à La Valentine – Avis sur la cartographie existantes des zones instables. Rapport BRGM RC-50300-FR, p.18, fig. 2.

© BRGM, 2000, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

En octobre 1995, Monsieur Jean-Marie Deschamps -Géologue- a dressé pour la ville de Marseille une cartographie des terrains instables sur un secteur s'étendant de la Valentine jusqu'au Trois Lucs et approximativement centré sur la route des Trois Lucs. Ce travail réalisé à l'échelle du 1/5000 propose également des mesures de prévention. La zone cartographiée en rouge (inconstructible) correspond, en l'élargissant, au tracé de la galerie souterraine qui desservait en eau, depuis la grotte Monard, la brasserie Phénix.

Avant d'intégrer ce zonage aux documents d'urbanisme la ville de Marseille, Service Etude et Grands Travaux, a souhaité que le BRGM -Service Géologique Régional Provence Alpes Côte d'Azur- lui fasse part de son avis quant à la pertinence de cette cartographie.

Il ressort de l'étude des documents auxquels fait référence le travail de Jean-Marie Deschamps que, dans le cas d'espèce, nous n'aurions pu procéder qu'à une approche globale et qualitative de l'aléa se traduisant par un zonage préliminaire à l'échelle du 1/25 000. En effet, en regard de l'étendue du secteur considéré, de l'hétérogénéité des terrains en présence, de la complexité apparente des écoulements souterrains, de l'existence de fontis d'origines douteuses survenus avant la construction de "la galerie Phénix" comme de fontis plus récents sans relation avec cette dernière, les quelques études et expertises géotechniques disponibles, dans lesquelles manque un véritable volet hydrogéologique, sont beaucoup trop localisées pour permettre une compréhension du site aussi détaillée que le 1/5000. La cartographie établie par Monsieur Deschamps doit donc être considérée comme le fruit d'une démarche d'expert, au sens où l'expérience se substitue au manque de données objectives.

Sommaire

SYNTHÈSE	3
INTRODUCTION.....	5
1 CONTEXTES	6
1.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE.....	6
1.2 SITUATION GÉOLOGIQUE.....	7
2 VISITE DES GALERIES	8
2.1 CONTEXTE.....	8
2.2 PRINCIPALES REMARQUES.....	8
2.2.1 <i>Existence d'un deuxième niveau de galerie</i>	8
2.2.2 <i>Etat général</i>	9
2.2.3 <i>Zone à l'aplomb de La Marionne</i>	9
3 CARTOGRAPHIE DE LA ZONE D'INSTABILITÉ	10
3.1 RAPPORT DE JM DESCHAMPS (1995)	10
3.1.1 <i>Les bases de la cartographie</i>	10
3.1.2 <i>Le zonage proposé</i>	10
3.2 ANALYSE DES ÉTUDES ANTÉRIEURES.....	11
3.2.1 <i>Reconnaissance géologique et géotechnique</i>	11
3.2.2 <i>Mécanismes d'effondrement</i>	14
3.3 LES ÉTUDES RÉCENTES/CONCLUSIONS.....	14
4 CONCLUSIONS	16
LISTE DES FIGURES.....	17
LISTE DES TABLEAUX	17
LISTE DES ANNEXES	17

Introduction

En octobre 1995, Monsieur Jean-Marie Deschamps -Géologue- a dressé pour la ville de Marseille une cartographie des terrains instables sur un secteur s'étendant de la Valentine jusqu'au Trois Lucs et approximativement centré sur la route des Trois Lucs. Ce travail réalisé à l'échelle du 1/5000 propose également des mesures de prévention.

La présente note a pour objet d'apporter un avis circonstancié sur la pertinence du zonage de l'aléa mouvement de terrain proposé par JM Deschamps. Elle synthétise les remarques formulées vis à vis des données exploitées (12 références d'études), des méthodes adoptées et des résultats obtenus.

Ce travail a été complété par une visite d'une partie de la "galerie Phénix".

1 Contexte

1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La zone d'instabilité de la route des Trois Lucs, à La Valentine, suit le fond de vallée depuis La Valentine jusqu'au Trois Lucs. La zone cartographiée en rouge (inconstructible) correspond, en l'élargissant, au tracé de la galerie souterraine qui anciennement desservait en eau la Brasserie Phénix depuis le lac des grottes Monard.

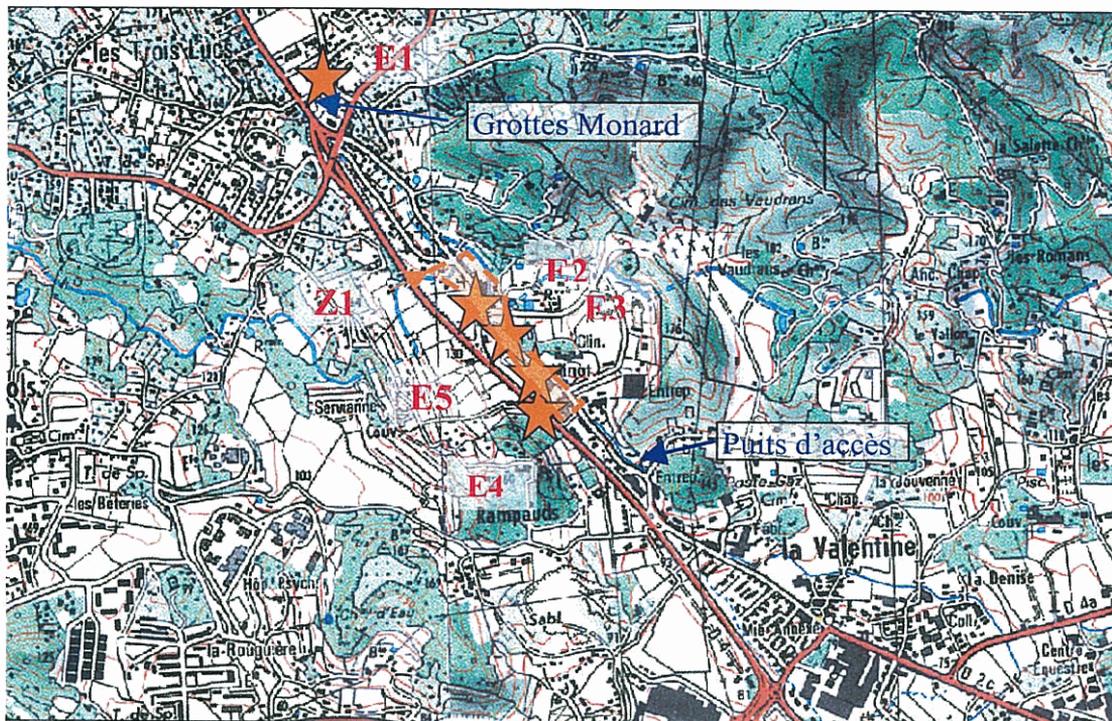


Figure 1 : Situation de la zone d'étude et des principales études (tableau 1)

1.2 SITUATION GEOLOGIQUE

La route de Trois Lucs, qui constitue l'axe de la zone d'étude, repose sur des alluvions récentes : graviers fluviatiles, et des remblais divers. Ceux-ci recouvrent dans l'axe dépressionnaire des formations triasiques tectonisées.

Le Muschelkalk (orange sur la carte et repéré t6) comporte des calcaires et marnes dolomitiques, des calcaires compacts fréquemment cargneulisés avec présence de Gypse.

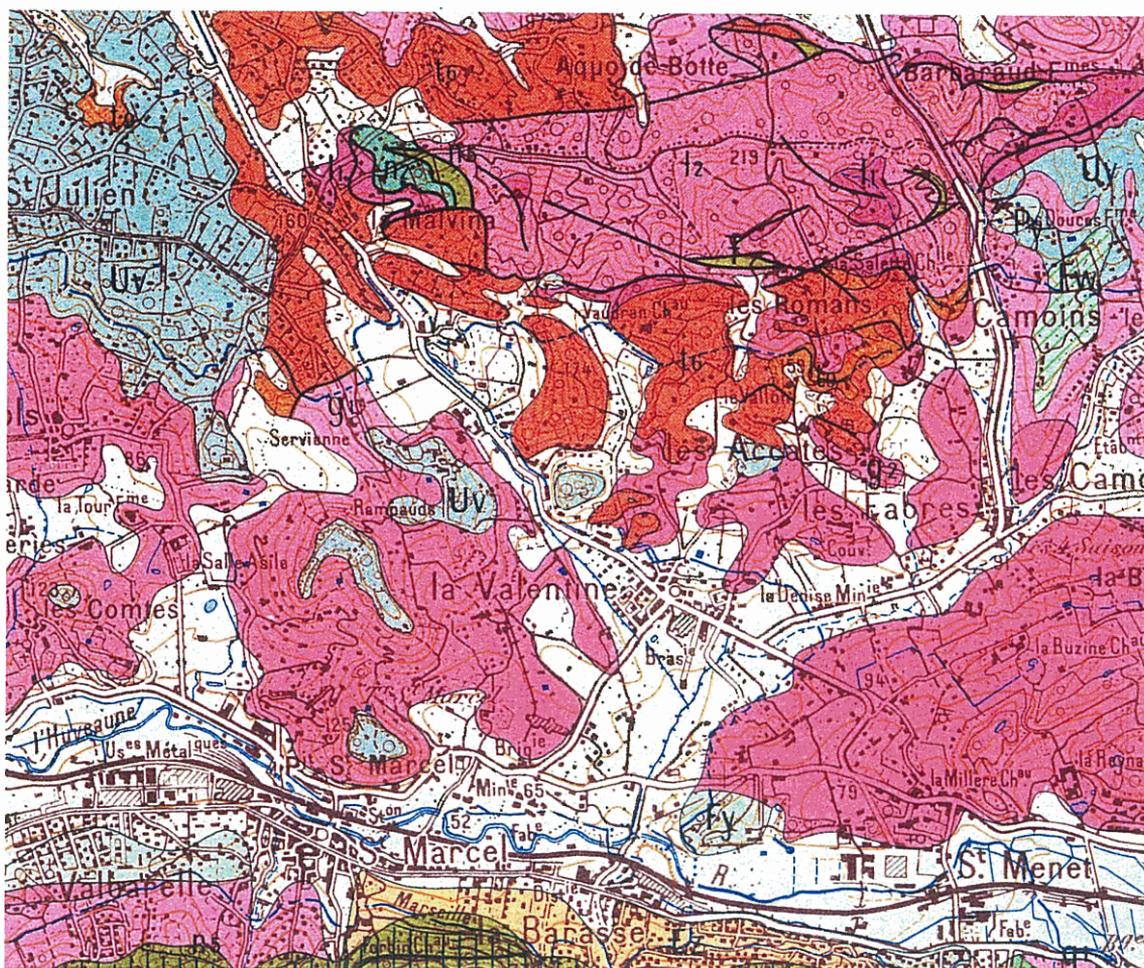


Figure 2 : situation géologique du secteur d'étude (1/50 000 agrandi à 1/25 000)

2 Visite de la galerie

2.1 CONTEXTE

La visite de la galerie PHENIX a eu lieu le 18/05/2000. Monsieur Chastel des services de la ville de Marseille accompagnait M.M Mathon et Martin du BRGM.

Il n'a pas été effectué de relevés détaillés, cela n'entraient pas dans le cadre de la présente étude. Il s'agissait d'apprécier l'évolution de l'état de la galerie et d'apporter des éléments de jugement des études déjà réalisées, tout en présentant les phénomènes évolutifs au représentant de la mairie de Marseille.

Nous avons accédé à la galerie par un puits sis au 180 route des 3 Lucs à la Valentine. Nous avons alors pu parcourir environ 800 m en remontant vers les Trois Lucs jusqu'à ce que le niveau de boue occupant le fond de la galerie soit trop important pour permettre notre progression.

2.2 PRINCIPALES REMARQUES

En annexe 2 sont jointes différentes photos prises au cours de cette visite ainsi que quelques unes de celles déjà prises par le BRGM en 1990.

Dans la suite est désigné comme parement droit, le parement se trouvant à notre droite lors de la progression vers les Trois Lucs depuis La Valentine.

2.2.1 Existence d'un deuxième niveau de galerie.

Une dizaine de mètres après le puits d'accès, nous avons constaté la présence d'une autre galerie surmontant la galerie principale dont elle est séparée par un plancher de ourdis (25 cm d'épaisseur, photo 1). Nulle part, il n'est fait mention de l'existence de cette galerie.

Cette galerie double la galerie principale sur une longueur de 100 m. Sa partie Sud est obstruée par un effondrement nettement marqué (trace de bitume, photo 1) et elle s'arrête vers le nord au niveau d'un ancien puits d'accès qui a été obturé. (photos 5, 6 et 8).

Le revêtement de ce niveau est en maçonnerie de pierres. Elle comporte une zone de 3 m de long, débutant à une soixantaine de mètres de l'entrée qui a été revêtue de ciment (photo 2). L'état global de la galerie est bon. On note cependant à une cinquantaine de mètres une zone où les infiltrations sont fortes, ainsi qu'en plusieurs endroits des traces de mouvements des ourdis (photos 3 et 4).

2.2.2 Etat général.

Il est préoccupant. La galerie présente des signes tangibles d'instabilité. Ceux-ci se concentrent tout d'abord sur le parement droit, avec des zones de forte poussée en pied de parement et des venues d'eau importantes pour ensuite se généraliser à l'ensemble du parement.

Depuis le point d'accès plusieurs secteurs dégradés à très dégradés se succèdent :

- à partir d'environ 130 m et sur une cinquantaine de mètres : des traces de poussée en pied de parement droit ainsi que des venues d'eau, et concrétions de calcite se développant le plus souvent à partir de fissures mécaniques;
- à partir d'environ 190 m, la galerie recommence à être dégradée, tout d'abord dans des proportions similaires au secteur précédent, puis après le puits du moulin Maurel (en parement gauche, à environ 255 m de l'entrée) des zones très dégradées apparaissent. (fissuration mécanique au toit et sur les pieds droits, bombement des pieds droits, débousses karstiques, ...).

Le revêtement montre des fissures récentes (photo 13) comme le prouve l'absence pour l'instant de concrétion blanche dans les fissures ouvertes. Des bombements en pied de parement traduisent les fortes poussées de terrain avec des phénomènes de décompression importants (photos 9 et 12). En deux points nous avons pu constater la présence de vides karstiques, avec des venues d'eau claire, derrière le parement totalement détruit en ces endroits.

Nous avons pu constaté que des travaux d'injection et de doublage du revêtement avaient été réalisés; le ciment utilisé a cependant très mal résisté aux eaux agressives qui circulent autour de la galerie (il est devenu pulvérulent).

Par rapport à la visite d'inspection faite par le BRGM en 1990, l'évolution est très nette sur les photographies 14 (2000) et 15 (1990) et les photographies 16, 17 (2000) et 18, 19 (1990).

2.2.3 Zone à l'aplomb de La Marianne.

Ayant parcouru environ 800 m, nous sommes passés à l'aplomb du site de La Marianne où s'est concentrée la plupart des études. Aucun effondrement n'est constaté, cependant il s'agit d'un secteur fortement dégradé (bombement et fissuration) et affecté par de fortes venues d'eau (photos 16 et 17).

3 Cartographie de la zone d'instabilité

3.1 RAPPORT DE JM DESCHAMPS (1995)

3.1.1 Les bases de la cartographie

Ce rapport s'appuie sur :

- des observations de terrain (pas de visite des galeries),
- une étude bibliographique,
- de la photo-interprétation.

L'étude bibliographique analyse des études géotechniques pour des projets de fondations ou bien de constats et de reconnaissances de sinistre, ainsi que de documents d'archives (le tableau 1 est un récapitulatif des études dont nous avons pu avoir copie). Il est cité par deux fois un rapport d'expertise diligenté par le Tribunal Civil de Première Instance de Marseille (1954) auxquels nous n'avons pas eu accès.

L'auteur indique que l'analyse des photo-aériennes n'apporte rien pour le repérage et la délimitation des zones instables.

L'établissement de la délimitation des zones potentiellement instables résulte donc :

- d'une synthèse des informations recueillies (vides souterrains connus, vides karstiques reconnus, événements historiques etc...),
- d'une interprétation géomorphologique.

3.1.2 Le zonage proposé

Il comporte trois zones.

Une zone « rouge », inconstructible, pour laquelle le risque d'effondrement est directement lié aux vides souterrains naturels et à l'existence de la galerie. Les critères de zonage sont les recensements historiques, et essentiellement des critères topographiques et géologique globaux.

Une zone « bleu foncé », constructible sous conditions, pour laquelle est prise en compte une évolution latérale possible à moyen et long terme ainsi que l'ensemble des zones du fond de vallée topographiquement basses et potentiellement suspectes (car proche des galeries ou riche en gypse).

Une zone « bleu clair », constructible sous conditions, pour laquelle sont pris en compte l'évolution à long terme des phénomènes et leur extension supérieure aux deux zones précédentes possibles. De plus cette zone intègre un secteur d'incertitude résultant de la

méconnaissance des volumes et de la géométrie exacte des cavités souterraines à l'extrémité Nord de la zone (grottes Monard).

3.2 ANALYSE DES ETUDES ANTERIEURES

3.2.1 Reconnaissance géologique et géotechnique

Le tableau 1 suivant récapitule les études qui ont permis de proposer ce zonage. La figure 1 montre les zones concernées.

En première approche on peut signaler une lacune d'étude globale. Le secteur le plus étudié est celui de La Marionne qui a fait l'objet de multiples reconnaissances. On peut retenir essentiellement :

- la grande hétérogénéité des terrains en surface et en profondeur,
- le nombre réduit de sondages carottés,
- le nombre réduit de forages ou sondages qui ont atteint la galerie Phénix ou le substratum marno-gypseux.

Sur la base des investigations concernant essentiellement la zone de La Marionne, les terrains désignés comme instables sont :

- Les formations superficielles sur une épaisseur variable de 1 à 10 m, constituées de :
 - limons et d'argiles sableux et graveleux ($C < 0,8$ bar, $\phi \approx 20^\circ$, $R_c < 1,5$ bar)
 - une zone altérée argileuse, caillouteuse et localement gravelo-gypseuse ($C \approx 0,5$ bar, $\phi \approx 20^\circ$, $R_c \approx 1$ bar);
- Les terrains encaissants de la galerie : Argile et Gypse ($C \approx 0,5$ bar, $\phi \approx 40^\circ$, $R_c \approx 2,5$ bar).

Les terrains désignés comme stables sont les horizons cargneulés à une profondeur variant de 5 à 10 m pour les quelques zones étudiées.

Il n'existe aucune étude hydrogéologique approfondie. Les différents rapports font état de circulations d'eaux souterraines peu profondes dans les cargneules et la couverture. Elles sont temporaires ou pérennes et plus au moins abondantes aux contacts des formations marno-gypseuses. La présence d'une nappe pérenne n'est attestée que dans les grottes Monard.

Titre	Client/Auteur	Date	Objectifs	Type d'investigations	Caractéristiques géotechniques	Principales conclusions	Points remarquables	Réf. plan
Note sur la galerie des 3 Lucs à la Valentine	Brasserie Phérix/ Castagner	04/06/26	Examen des revêtements de la galerie, des venues d'eau, et propositions d'interventions	- visite de la galerie - analyse chimique des eaux		Décomposition parement par eaux séléniteuses Réalisation d'une étanchéité par un revêtement en ciment et des injections à partir du pm 300	- présence au niveau du pm 910 (scierie Collat) d'une galerie en partie remblayée après des incidents. A ce niveau venue d'eau importante dans la galerie - Existence de « marmite », cavité karstique apparemment étanche - Les importantes venues d'eau se concentrent sur le parement gauche du pm 910 à 1100 (8 à 10 m3/h) - Tassement des eaux du moulin Maurel lors de la construction	
Etude géotechnique des spécifications détaillées- Terrain Monard	Union des Brasseries/ Géotechnica/06/71	Etude préliminaire de fondation pour immeubles	- 9 sondages carottés - essais mécaniques superficiels	Rc substratum de 20 à 45 bars	- existence d'une faille Ouest Est autour de laquelle se localisent les grottes - pas de gypse signalé - Au nord de la faille RAS - Au sud précautions pour construction jusqu'à l'interdiction à l'Est à l'aplomb du canal		E1
Construction de silos, étude géotechnique préliminaire	Moulins Maurel/ BEG	27/02/76	Etude de fondations pour silos	- 5 sondages sismiques - 2 forages carottés - 2 sondages à la tarière - 2 pénétromètre statique - essai de compressibilité et de perméabilité à l'oedomètre	Sable gris bigarrée argileux grossier : C≈0.3 bar, φ≈30/40°, Rc≈1.5-2bars Argile noire, sable limoneux : C≈0.35 bar, φ≈45°, Rc≈1.5-3bars Sable argileux bigarré très caillouteux : C≈0.35 bar, φ≈45°, Rc≈1-2bars	Site peu favorable, des compléments d'étude concernant notamment l'emplacement et l'étendue de fontis sont conseillés		E4
Canal de Marseille/Dérivation de la Valentine Expertise géotechnique de stabilité	SEM/BEG	04/07/79	Expertise géotechnique de stabilité / étude préliminaire de fondation	- 4 sondages sismiques - 6 sondages à la tarière		Deux vides karstiques sont signalés. Difficulté à fonder l'ouvrage en profondeur en raison d'un substratum défavorable et hétérogène Le remblaiement des vides est conseillé	Localisation de deux vides karstiques	E3
Canal de Marseille/Dérivation de Montebello Etude géotechnique, spécifications détaillées	SEM/BEG	12/03/80	Etude géotechnique détaillée de fondation	- 5 sondages sismiques - 12 sondages à la tarière		Suite de la précédente avec des spécifications techniques de fondations par pieux forés ancrés entre 8 et 20 m, ou confortement de la semelle du canal. Le remblaiement des karst est à nouveau précisé		E3
Usine de la Marianne Expertise géotechnique de fondations	SEM/BEG	19/10/81	Etude d'effondrement et proposition de réparation	- 12 sondages sismiques - 5 sondages tarière mécaniques - essai de laboratoire	Substratum décomposé, argile à efflorescences calcaires et gypseuses : C≈0.5 bar, φ≈0°, Rc≈1bars Substratum altéré : - Argile gypseuse : C≈0.1 bar, φ≈0°, Rc≈0.2bars - marne et gypse : C≈0.6 bar, φ≈40°, Rc≈3bars	Sous-sol hétérogène, en notable partie gypseux Un affaissement à l'est naturel, un éboulement au NW du à la galerie	- rappel de l'existence d'une partie de galerie désaffecté lors des travaux dont la localisation est inconnue description d'un fontis : surface, ellipse de 1.5 * 2 m cloche de 10 mètre de diamètre et de 1 à 2,5 m de haut (du à la galerie ?)	E3
Route des 3 Lucs à la Valentine Expertise géotechnique générale	Ville de Marseille IGST /BEG	04/11/81	Etude globale des effondrements, conclusion sur les instabilités et les précautions à mettre en œuvre	- analyse des eaux de la grotte Monard et dans la galerie - reconnaissance visuel de la grotte eu pm 300 et du pm 800 à l'extrémité. - rappel d'une expérience de traçage (1956) rôle de drain de la galerie.		Six zones d'éboulements. Cinq sont situés au droit de zone d'arrivée d'eau dans les galeries (pm 800-850, pm 900-930, pm 1200 et pm 1350) Une du côté des moulins Maurel pourrait être dus à un réseau hydraulique abandonné	- rappel de la déviation en cours d'exécution - entre le pm 300 et 800 la galerie n'est pas visitable en raison d'une hauteur de boue importante	Z1

Tableau 1 a : Synthèse et principales remarques sur les études ayant servies à l'élaboration du zonage

Titre	Client/Auteur	Date	Objectifs	Type d'investigations	Caractéristiques géotechniques	Principales conclusions	Points remarquables	Réf. plan
Desserte d'assainissement Reconnaissance géotechnique des sols	SOMICA/ CEMEREX	20/01/82	Réalisation de la desserte d'assainissement CD4 ; reconnaissance géotechnique sur 4.5 m.	- 12 forages carottés de 4.5 m de profondeur maximum - essais de laboratoire	- limons argileux sableux C≈0.25 bar, φ≈16°, Rc<0.5bars - limons sableux argileux caillouteux C≈0.1 bar, φ≈28°, Rc≈90bars - calcaires fracturés Rc>400 bars	Compléments d'informations sur l'historique des effondrements et de la galerie	Le rapport signale des affouillements sous le canal de la SEM sur une vingtaine de mètres	E2
Accès ouest à la nécropole Vaudran à Marseille Zone instable de la Marianne Etude géotechnique d'avant projet détaillé de terrassements	SOMICA/ BEG	30/06/82	Mise en place de remblaiement et assainissement pour une plate-forme routière qui longe un fontis déclaré	- 39 points à 1 mesure de traîné électrique - 4 sondages électriques - 5 sondages sismiques - 4 forages à la tarières mécaniques	- Couverture : limons graveleux sableux C≈0.7 bar, φ≈20°, Rc≈1.5bars - Substratum altéré : argile caillouteuse à efflorescences gypseuses C≈0.5 bar, φ≈20°, Rc≈2.5bars - Substratum compact : Marne à gypse C≈0.5 bar, φ≈40°, Rc≈2.5bars	- drainage des eaux au niveau du fontis (galerie Phénix) - faible probabilité d'extension vers le nord du fontis	- localisation sur plan du fontis - tracé d'une galerie désaffectée	E2
Démolition et reconstruction d'un local sur le terrain de la Marianne. Expertise géotechnique de fondations	SEM/ BEG	26/05/88	Travaux de rénovation après apparition d'un fontis le 22/02/88 sous un bâtiment de la SEM	- 25 points à 1 mesure de traîné électrique - 6 sondages sismiques - 9 forages à la tarières mécaniques - 6 pressiomètres	- Couverture : limons graveleux sableux Rc≈1.5bars, raideur k=4 bar/cm - Substratum altéré : argile caillouteuse à efflorescences gypseuses Rc≈0.5bars, raideur k= 2 bar/cm - Substratum compact : Marne à gypse Rc≈3bars, raideur k=6 bar/cm	- drainage des eaux par la galerie (baisse du niveau de l'aquifère) - la reconstruction d'un bâtiment doit plutôt se faire en limite SW où le substratum est plus favorable (cargneules)	- remontée de substratum entre les deux galeries (la galerie Phénix et la partie désaffectée) - le fontis est plus à mettre en relation avec la zone désaffectée	E3
Eboulement sur la route des Trois-Lucs, à la Valentine, Carrefour Traverse de La Pauline Expertise Géotechnique de terrassements	Ville de Marseille EGT/ BEG	23/01/89	Reconnaissance d'un fontis actif sous le carrefour et proposition d'intervention	- 15 points à 3 mesure de traîné électrique - 6 sondages sismiques - 4 forages à la tarières mécaniques - 12 essais de compressions simples	- Couverture : limons graveleux sableux C≈0.8 bar, φ≈20°, Rc≈2bars	Zone allant du carrefour de Vaudran aux moulins Maurel, dangereuse pour la circulation lourde et les réseaux enterrés	Signale l'existence d'ancien fontis « réactif » par le creusement de la galerie.	E2
Zone instable de la Marianne, fontis au carrefour de l'accès à la nécropole Vaudran Expertise géotechnique globale	Ville de Marseille/ BEG	08/06/90	Reconnaissance d'un fontis actif sous le carrefour et proposition d'intervention	- 5 sondages sismiques - 7 forages à la tarières mécaniques		L'affaissement de mai 1990 est d'extension réduite, il se trouve dans une zone gypseuse entourée de cargneule	Lors du creusement de la tranchée de l'assainissement de Vaudran, une cavité ne débouchant pas en surface avait été découverte et comblée sans précaution particulière.	E2
Rapport de reconnaissance par microgravimétrie et sondages	Ville de Marseille EGT/ CETE	18/09/90	Analyse des résultats de mesure de microgravimétrie et interprétation de sondages	- microgravimétrie, 3 stations, profils espacés de 5 m - 9 sondages destructifs		Pas de résultats concluants	Repérage de zones de basse fréquence correspondant souvent à d'anciens fontis avec des pics de haute fréquence qui peuvent correspondre à des fontis de faible volume	Z1
Rapport de reconnaissance par microgravimétrie et sondages	Ville de Marseille EGT/ CETE	08/11/90	Complément de l'étude précédente avec forages supplémentaires	- 6 sondages carottés - sondages destructifs (6 m de prof.)	5 à 8 m de couverture colluviale reposant soit sur des marnes sableuses soit sur du gypse, soit sur des cargneules fracturées	Section du CD4 très perturbée par des zones décomprimées. Pas de fontis franc.	Les sondages destructifs ont mis en évidence 3 zones décomprimées et deux zones de vide avec remplissage Absence des coupes de sondages et des annexes	Z1
Résultats d'investigations	Ville de Marseille EGT/ ERG	03/94 et 06/94	Reconnaissance d'un fontis (28/04/94) et surveillance	- 7 sondages destructifs - 1 sondage carotté - 1 sondage pressiométrique			Absence de rapport	E5

Tableau 1 b : Synthèse et principales remarques sur les études ayant servies à l'élaboration du zonage

3.2.2 Mécanismes d'effondrement

Les mécanismes d'effondrement sont connus. L'effondrement partiel ou total de vides souterrains se propage vers la surface et donne naissance à des fontis lorsque le foisonnement des formations déstabilisées est insuffisant pour assurer l'auto-colmatage des vides résiduels. Avec ses imperfections de réalisation, la galerie (sa périphérie) constitue un drain naturel pour la nappe phréatique. Indépendamment du rabattement induit dans la nappe, les circulations rapides autour de la galerie sont un facteur d'érosion régressive et de dissolution dans les formations encaissantes. Auparavant les processus de dissolution ne pouvaient s'initialiser qu'au toit de la nappe, dans sa zone de battement (frange non saturée en éléments dissous sur place). Les fontis, comme les divers réseaux de surface, sont maintenant également des points d'engouffrement des eaux superficielles vers les formations solubles.

Le rapport de l'année 1926 fait état lors des reconnaissances et du creusement de la galerie de l'existence d'un vide important (« marmite ») rempli d'eau et « *en apparence imperméable* ». Des études plus récentes conduites par le CETE ont localisé 3 vides situés au niveau supérieur de l'horizon marno-gypseux entre 15 et 18 m (voir annexe 3). En 1990, lors du creusement de la tranchée Vaudran, une cavité est rencontrée dans les terrains de couverture.

Les dégâts en surface sont soit dus à la propagation souvent brutale d'un effondrement ou bien à l'évolution d'un ou plusieurs anciens effondrements comme c'est le cas au croisement de la Marionne.

Comme pour tous les phénomènes de dissolution, les circulations d'eau sont un facteur aggravant. Le rôle de la galerie PHENIX comme drain est avéré. Il s'agit donc d'un facteur aggravant au même titre que le canal de la SEM, l'ancienne galerie abandonnée située sous La Marionne ou l'ancien réseau d'assainissement des moulins Maurel (voir étude du 04/11/81). Les moyens mis en œuvre jusqu'à présent pour combler les effondrements ne sont pas connus, néanmoins il faut redouter l'utilisation de matériaux perméables qui permettent l'infiltration des eaux superficielles vers le gypse, en profondeur.

3.3 LES ETUDES RECENTES/CONCLUSIONS

D'autres investigations ont été réalisées sur le site depuis que JM Deschamps a proposé sa cartographie des zones instables. Il s'agit essentiellement de reconnaissances microgravimétriques et APL le long du profil routier. Ces études confirment la grande hétérogénéité du site ainsi que l'existence de vides (annexe 3) et de terrains décomprimés. Cependant les zones d'investigation sont réduites à une bande d'une vingtaine de mètres centrée sur la route.

La cartographie des zones instables sur la route des Trois Lucs doit donc tenir compte :

- de l'hétérogénéité des terrains,
- de l'existence de fontis déclarés non liés à la galerie,
- de l'absence de reconnaissance hydrogéologique.

Dans de telles conditions, les critères de cartographie ne peuvent s'appuyer que sur une approche globale à l'échelle des documents de base que sont la carte géologique (échelle 1/50 000) et le fond topographique (carte IGN 1/25 000) en y intégrant les événements historiques. Tout travail relevant d'une telle approche ne peut conduire qu'à une cartographie à l'échelle du 1/25 000.

4 Conclusion

Il ressort de l'étude des documents auxquels fait référence le travail de Jean-Marie Deschamps que, dans le cas d'espèce, nous n'aurions pu procéder qu'à une approche globale et qualitative de l'aléa se traduisant par un zonage préliminaire à l'échelle du 1/25 000. En effet, en regard de l'étendue du secteur considéré, de l'hétérogénéité des terrains en présence, de la complexité apparente des écoulements souterrains, de l'existence de fontis d'origines douteuses survenus avant la construction de "la galerie Phénix" comme de fontis plus récents sans relation avec cette dernière, les quelques études et expertises géotechniques disponibles, dans lesquelles manque un véritable volet hydrogéologique, sont beaucoup trop localisées pour permettre une compréhension du site aussi détaillée que le 1/5000.

La cartographie établie par Monsieur Deschamps doit donc être considérée comme le fruit d'une démarche d'expert, au sens où l'expérience se substitue au manque de données objectives.

Quelle que soit l'utilisation que l'on fera du zonage de J. M. Deschamps, il faut garder à l'esprit qu'il n'a de valeur qu'à un moment donné et qu'il est donc nécessairement évolutif. Sa remise en cause nécessitera :

- d'homogénéiser la connaissance géologique du sous-sol. C'est à dire sur une épaisseur suffisante (jusqu'aux marnes gypseuses non altérées et/ou aux cargneules) et sur un nombre de points régulièrement répartis sur la zone concernée ;
- de dresser une carte hydrogéologique fiable du secteur.

Liste des figures

FIGURE 1 : SITUATION DE LA ZONE D'ÉTUDE ET DES PRINCIPALES ÉTUDES (TABLEAU 1).....	6
FIGURE 2 : SITUATION GÉOLOGIQUE DU SECTEUR D'ÉTUDE (1/50 000 AGRANDI AU 1/25 000).....	7

Liste des tableaux

TABLEAU 1 A : SYNTHÈSE ET PRINCIPALES REMARQUES SUR LES ÉTUDES AYANT SERVIES À L'ÉLABORATION DU ZONAGE.....	12
TABLEAU 1 B : SYNTHÈSE ET PRINCIPALES REMARQUES SUR LES ÉTUDES AYANT SERVIES À L'ÉLABORATION DU ZONAGE.....	13

Liste des annexes

ANNEXE 1 : CARTOGRAPHIE DES ZONES INSTABLES, ROUTE DE TROIS LUCS (1995)	
ANNEXE 2 : REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE	
ANNEXE 3: SCHÉMA GÉOLOGIQUE DE LA SECTION VAUDRAN-TRAVERSE DE LA SERVIANE (CETE, 1997)	

Annexes

ANNEXE 1 : CARTOGRAPHIE DES ZONES INSTABLES DE LA ROUTE DES TROIS LUCS À LA VALENTINE (MARSEILLE, 13)..... A2

ANNEXE 2 : EXTRAITS DES PHOTOGRAPHIES PRISES LORS DE LA VISITE DES GALERIES LE 18/05/2000..... A4

ANNEXE 3 : SCHÉMA GÉOLOGIQUE DE LA SECTION VAUDRAN – TRAVERSE DES TROIS LUCS (CETE 1997) A15

**Annexe 1 : Cartographie des zones instables de
la route des Trois Lucs à La Valentine (Marseille,
13)**

**Annexe 2 : extraits des photographies prises lors
de la visite des galeries le 18/05/2000**

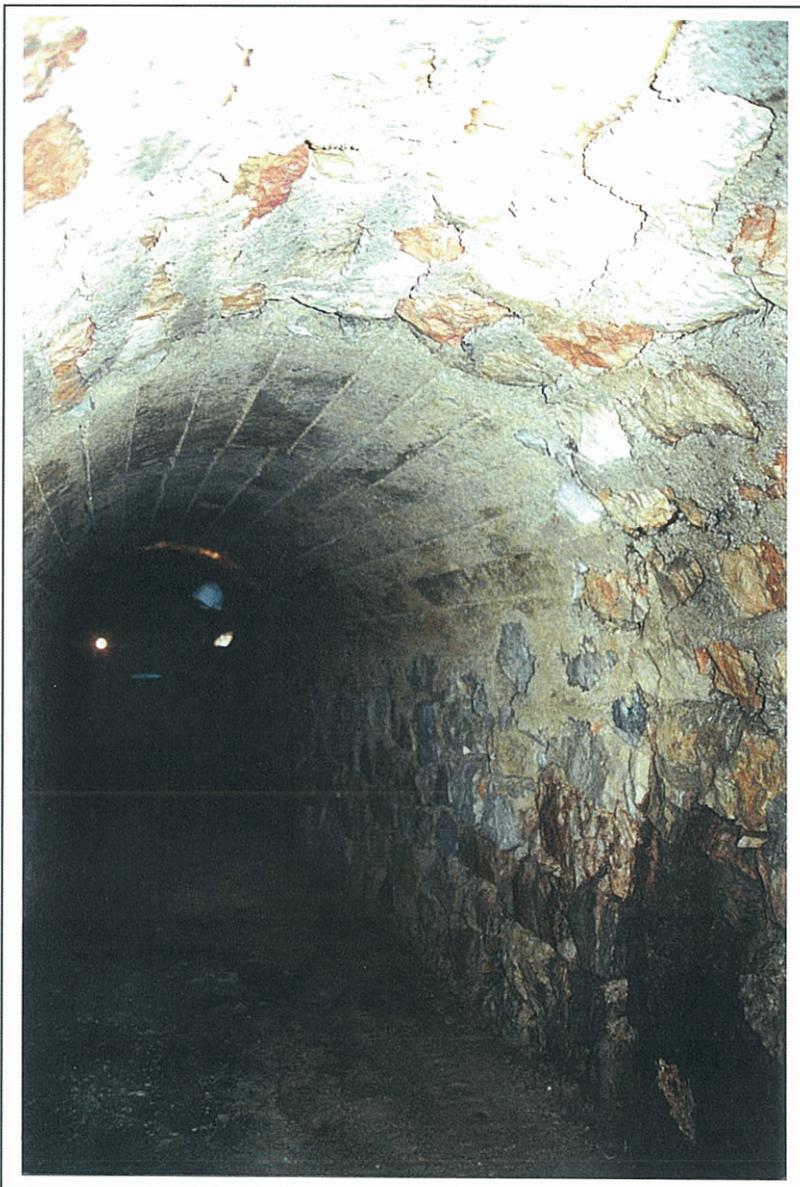


Photo 2 : partie rénovée (ciment en voût) de la galerie supérieure

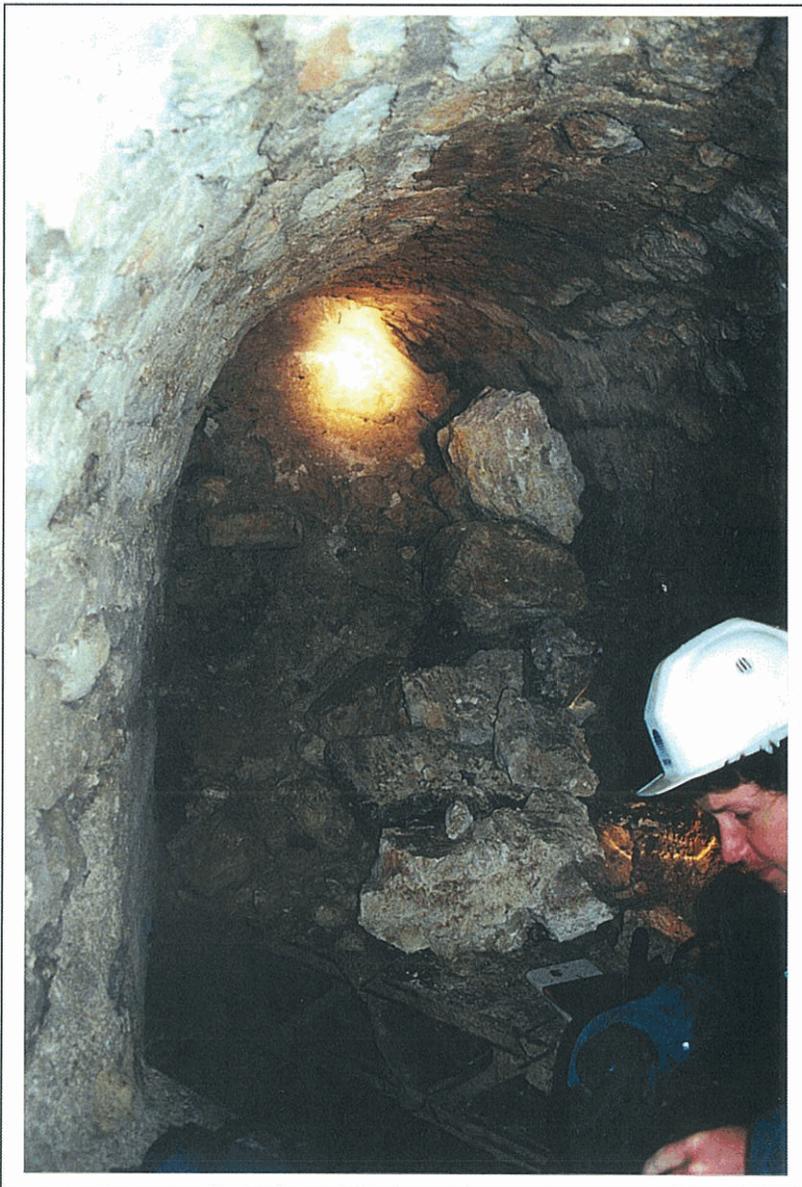


Photo 1 : début de la galerie supérieure bouchée au sud par un effondrement.



Photo 3 : maçonnerie en pierres de la galerie supérieure Trace d'instabilité (fissure ouverte) sur le sol.

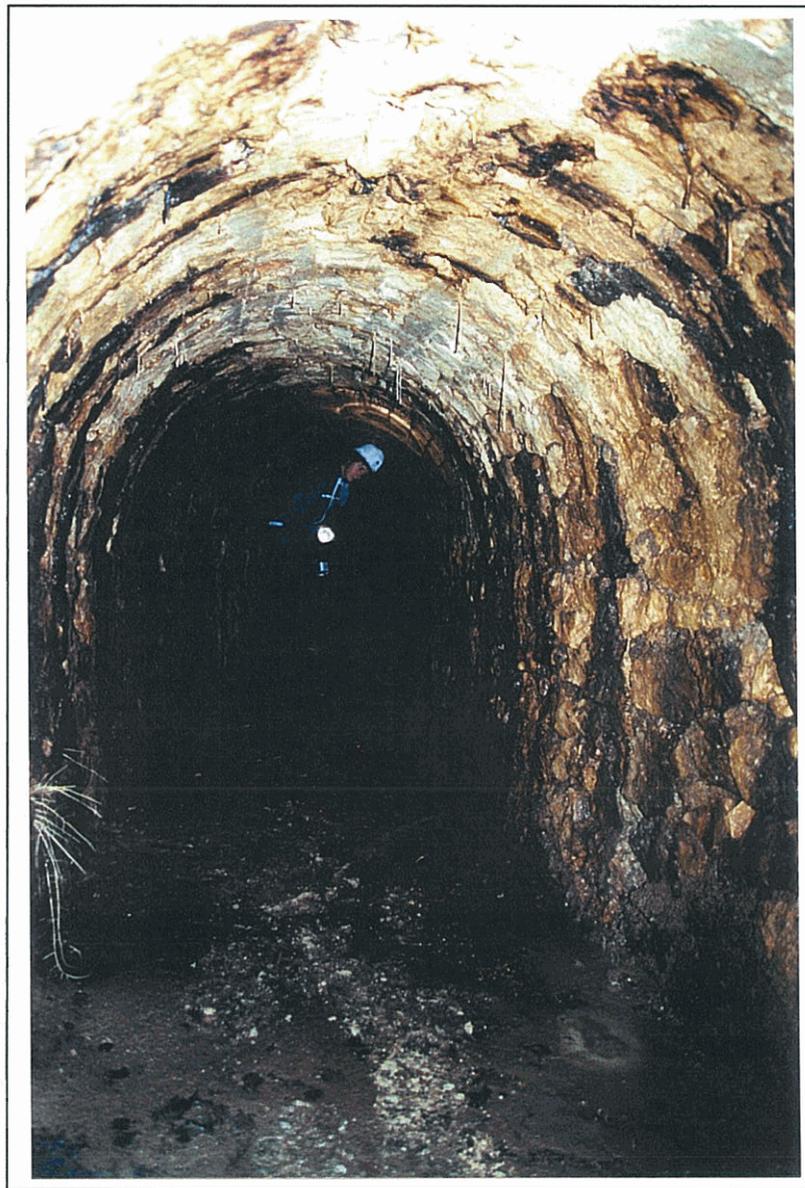


Photo 4 : zone d'infiltration d'eau usée dans la galerie supérieure

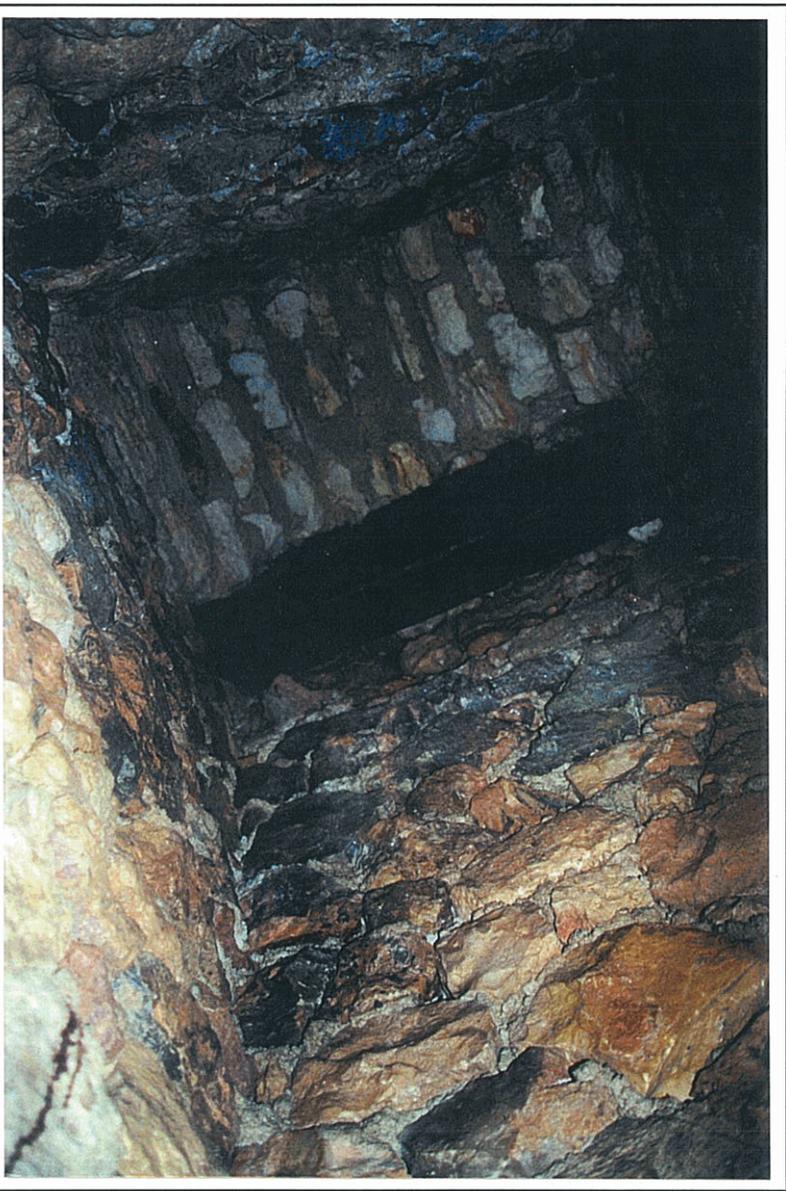


Photo 6 : extrémité N-W de la galerie supérieure (ancien puits d'accès condamné).



Photo5 : extrémité N-W de la galerie supérieure (ancien puits d'accès condamné).



Photo8 : première partie à section rectangulaire de la galerie avec à l'extrémité un ancien puits d'accès (condamné.).

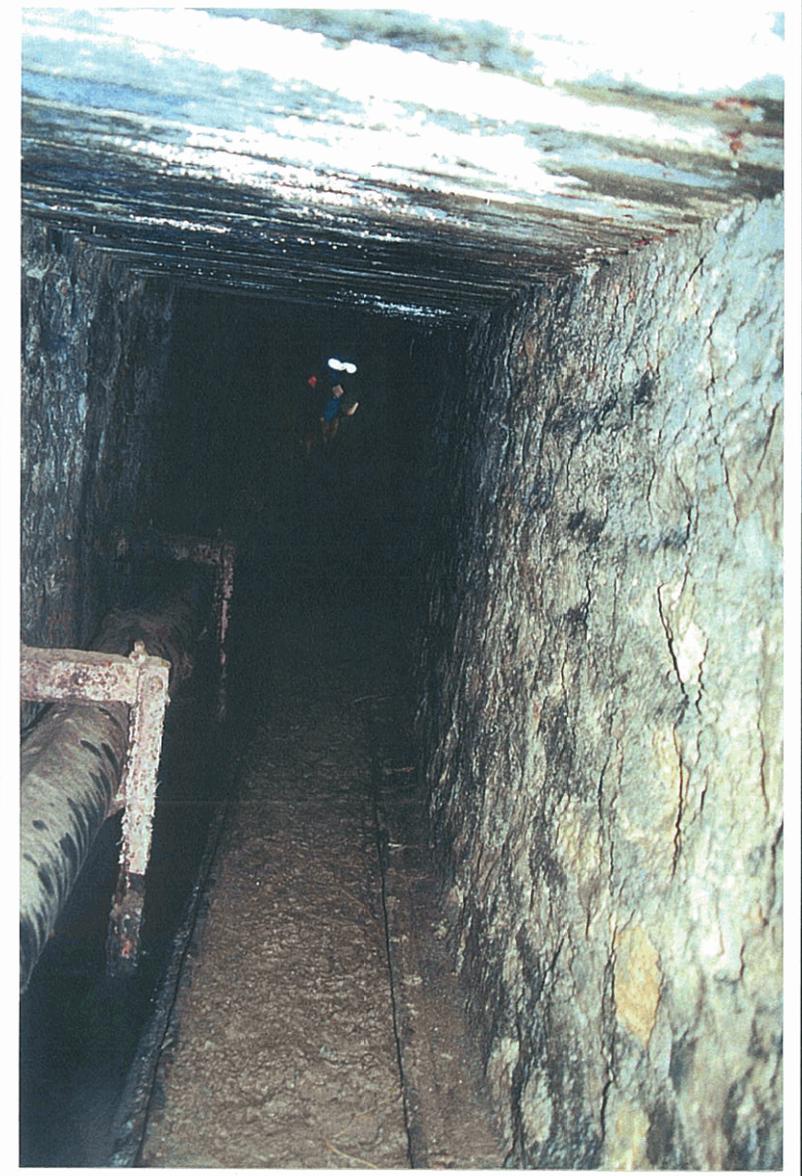


Photo7 : première partie à section rectangulaire de la galerie avec à l'extrémité un ancien puits d'accès (condamné.).

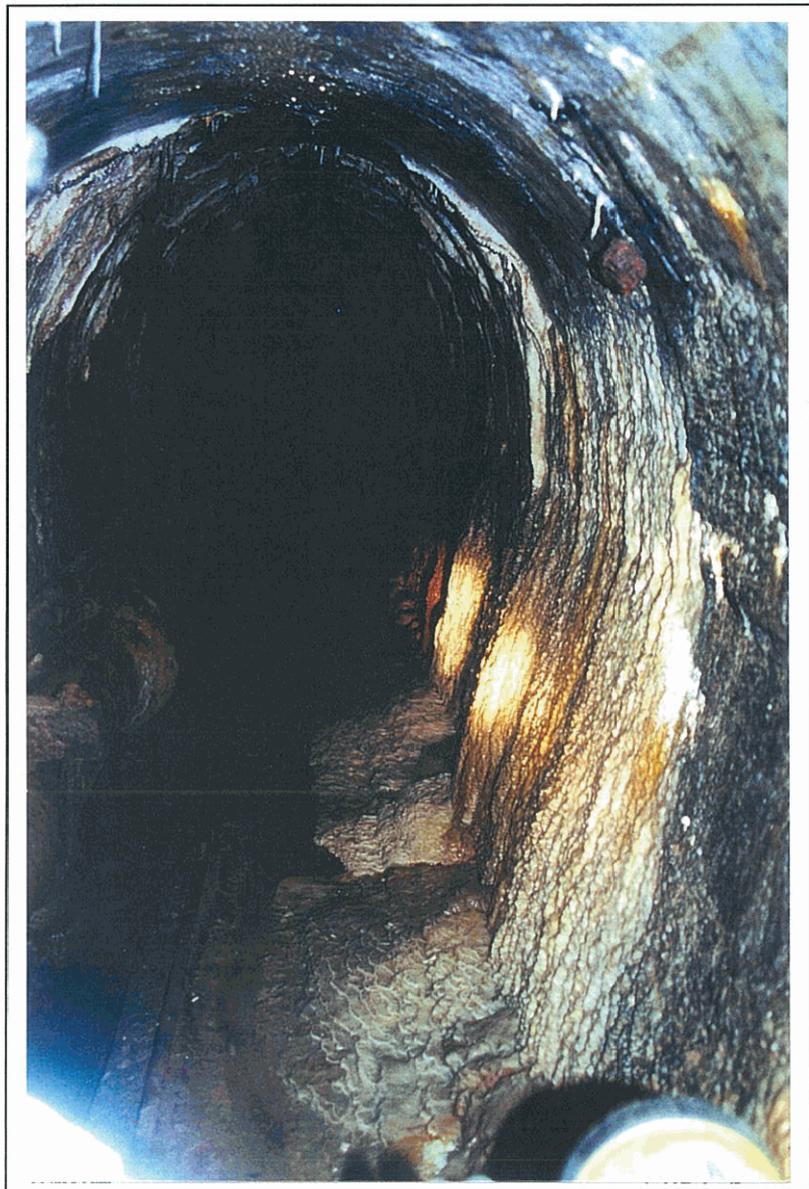


Photo9 : bombement du pied-droit avec concrétionnement.
Tubage d'injection de la voûte à droite.

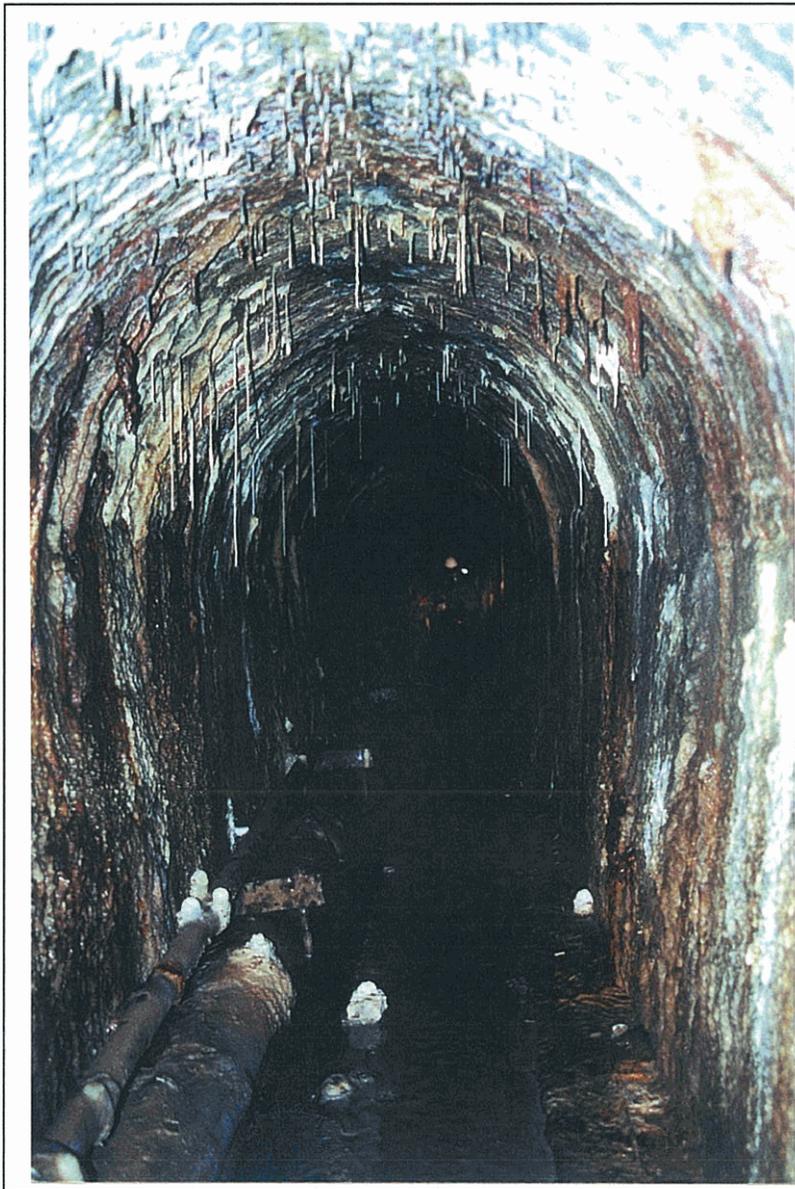


Photo10 : zone de concrétionnement et de venues d'eau en
parement N-E.

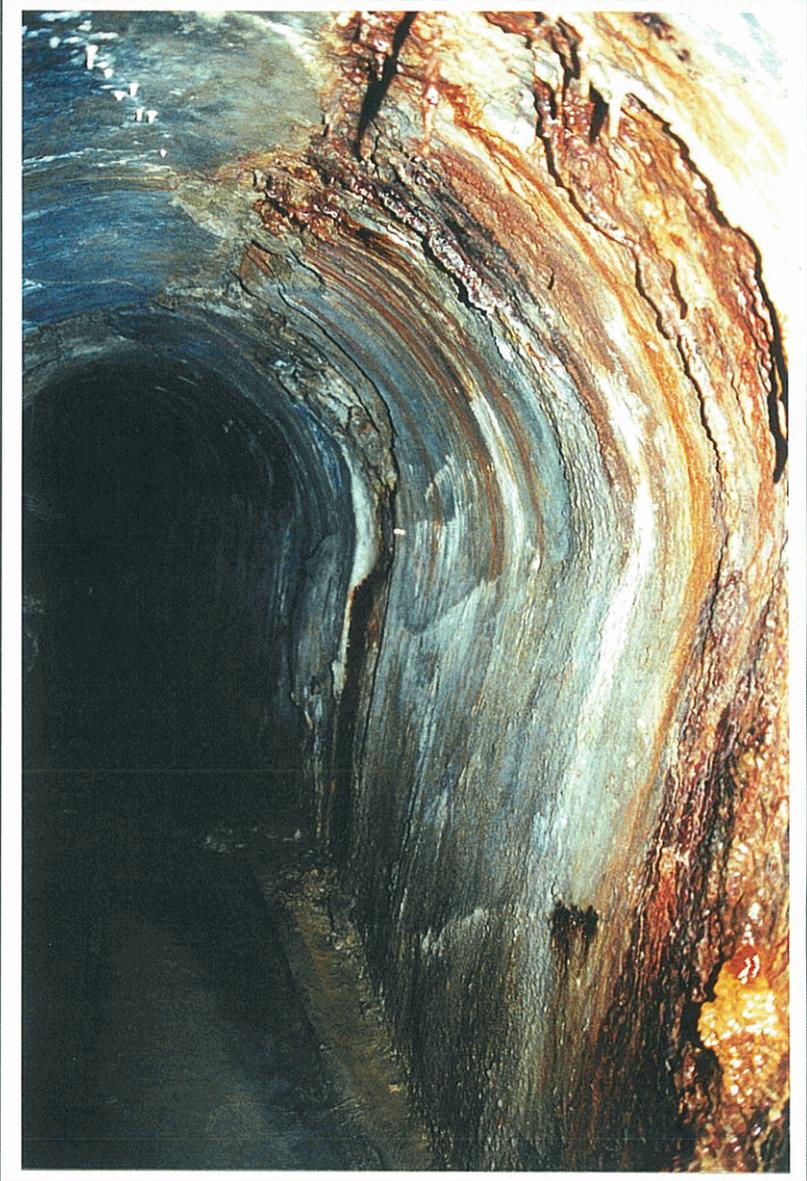


Photo12 : toit de la galerie fissuré avec infiltration d'eau et concrétions. Décompression des terrains et bombements en pied de parement droit

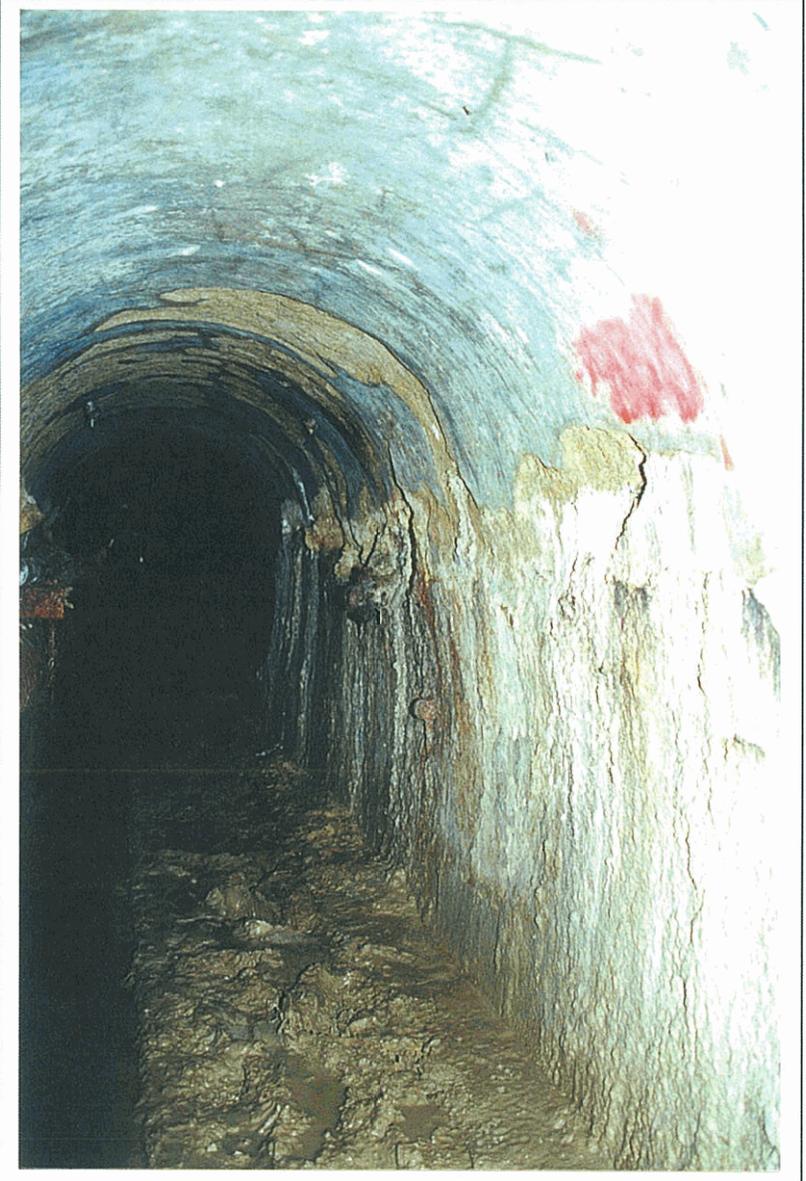


Photo11 : forte dégradation du revêtement en ciment de la galerie et oxydation des tubes d'injection.

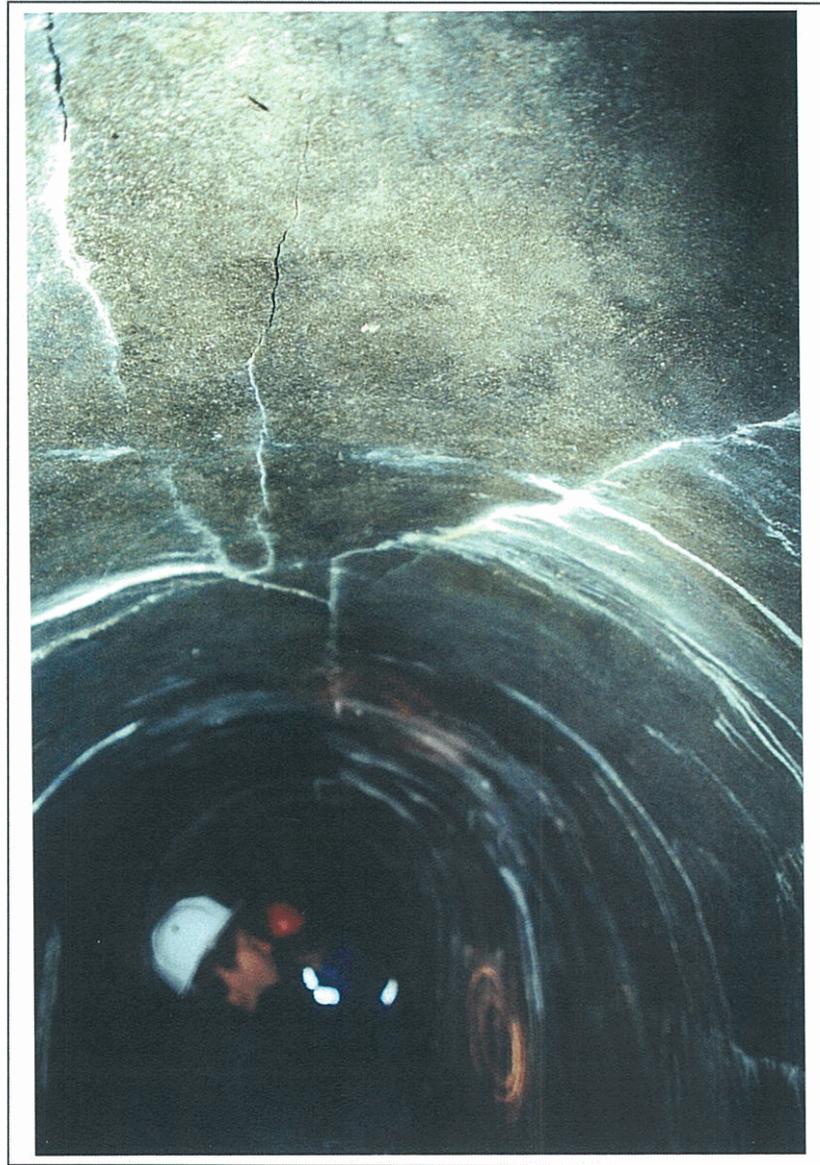


Photo 13 : fissuration du revêtement de la galerie avec progression récente (fissures non blanchies).

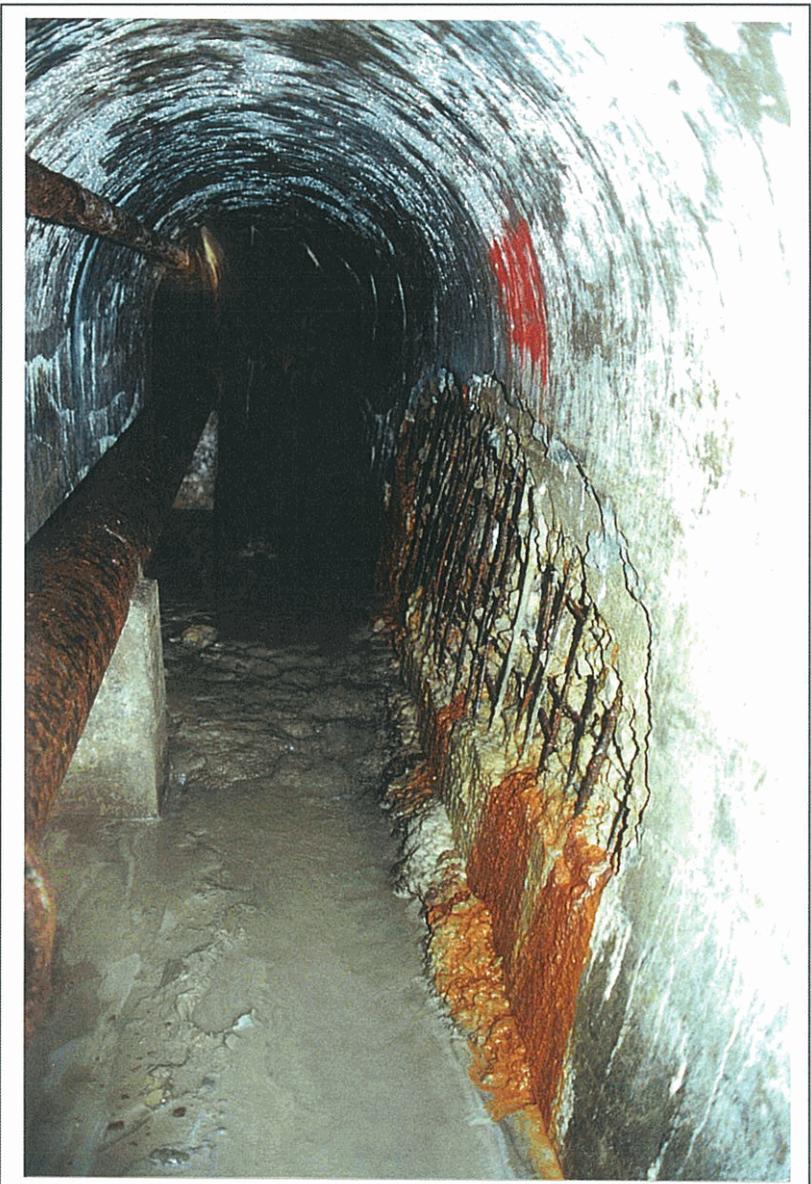


Photo 14 : pied-droit N-E fortement endommagé
(18/05/2000).



Photo 15 : idem photo 14 mais en 1990 (photo prise par le BRGM).



Photo16 : venue d'eau au tympan gauche. Rupture des pieds-droits sous la poussée des terrains.

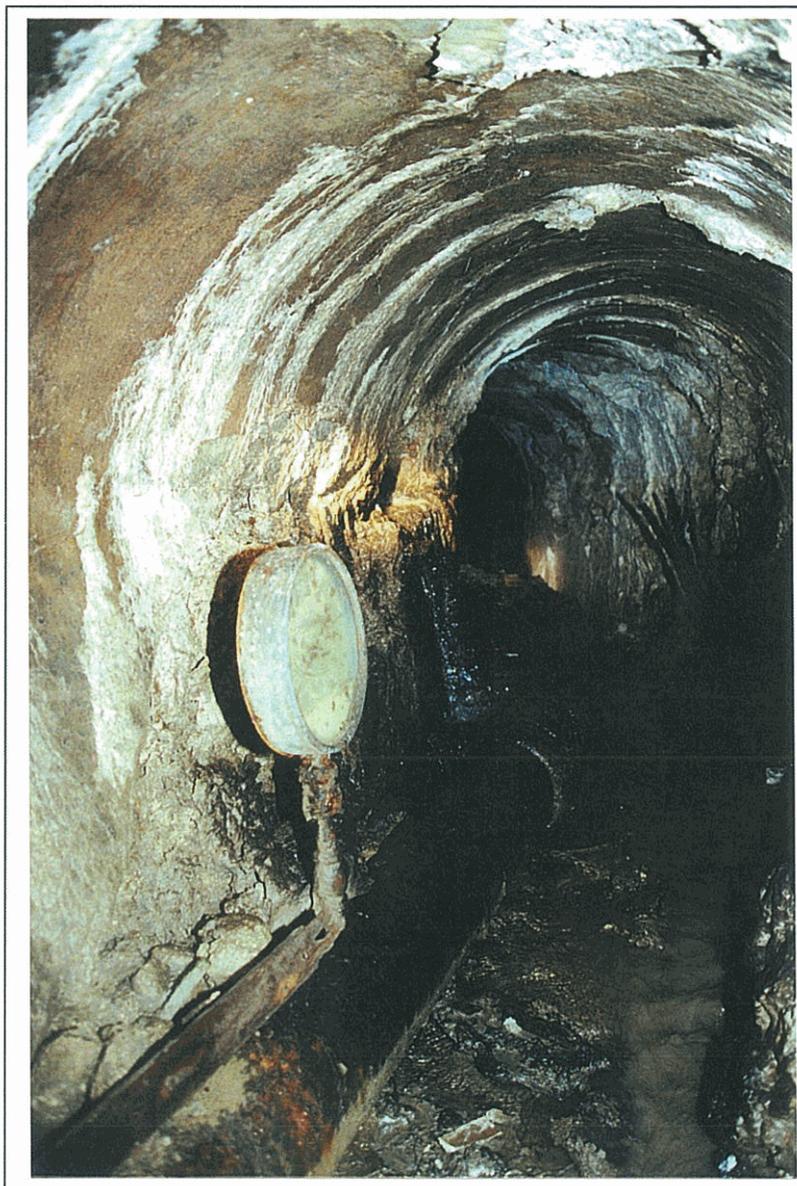


Photo17 : venue d'eau au tympan gauche. Rupture des pieds-droits sous la poussée des terrains.



Photo19 : idem photos 16 et 17 enn1990.

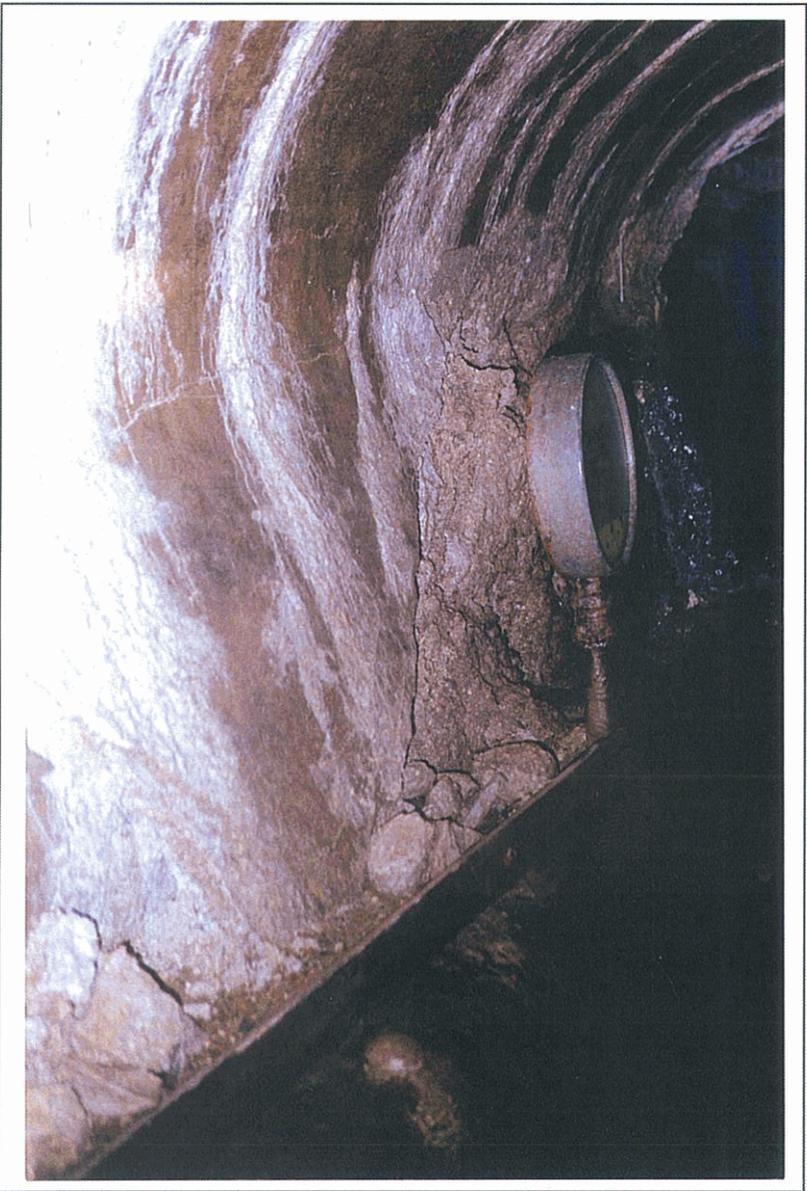


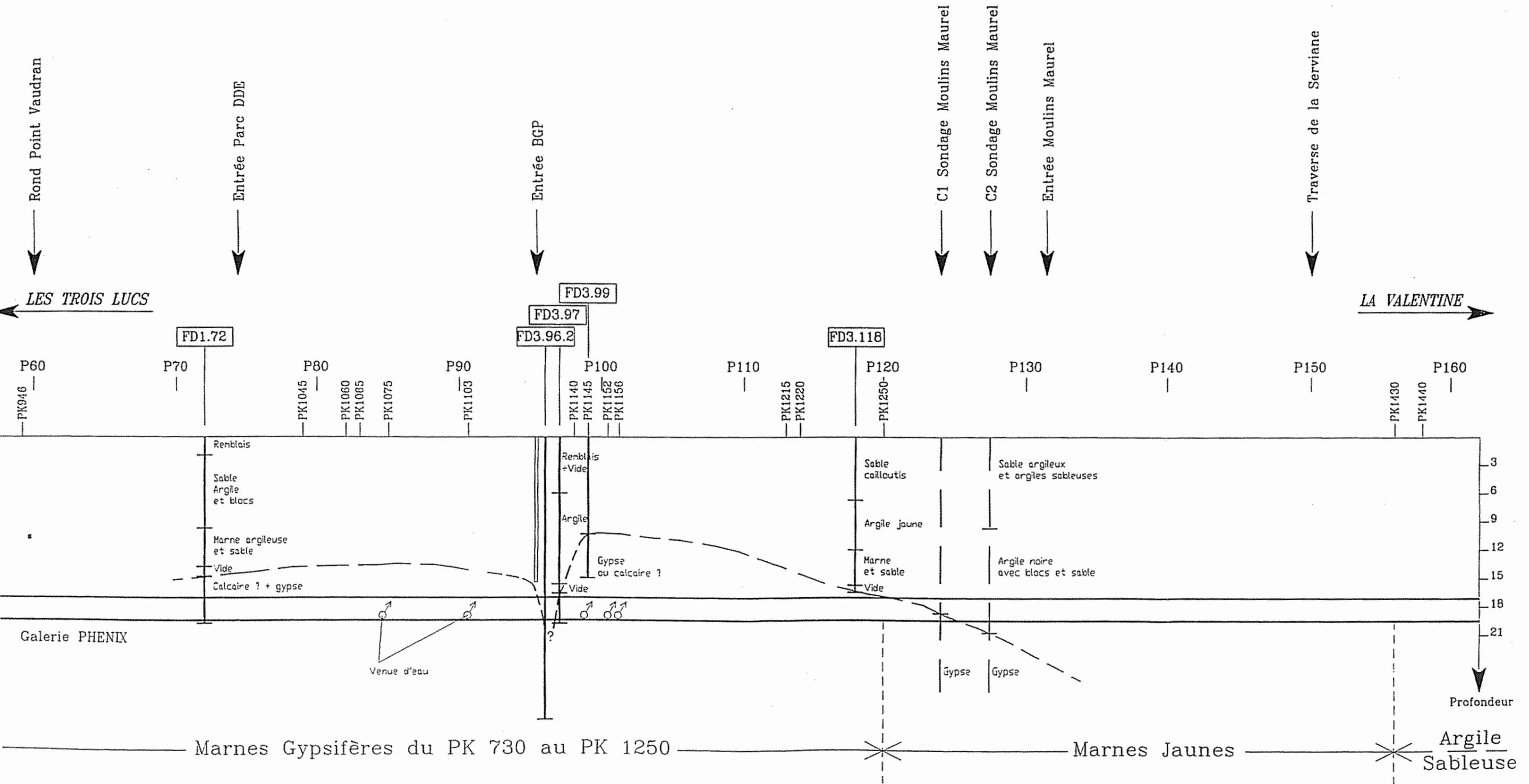
Photo18 : idem photos 16 et 17 enn1990.

Annexe 3 : Schéma géologique de la section Vaudran – Traverse des Trois Lucs (CETE 1997)

ROUTE DE LA VALENTINE AUX LES TROIS LUCS

Section Vaudran - Traverse de la Serviane
Etude de faisabilité du trafic poids lourds

Schéma Géologique



BRGM
SERVICE DES ACTIONS REGIONALES
Service géologique régional Provence-Alpes-Côte d'Azur
BP168 - 13276 MARSEILLE Cedex 09 - France - Tél : 04.91.17.74.77. Fax : 04.91.17.20.40.