

Galleries souterraines de Pfastatt

Phase 2 - Diagnostics des ouvrages souterrains

Rapport final

BRGM/RP-55663-FR
Juillet 2007



Préfecture du Haut-Rhin





Galeries souterraines de Pfastatt Phase 2 - Diagnostics des ouvrages souterrains

Rapport final

BRGM/RP-55663-FR
Juillet 2007

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 07RISB06

D. Cruz Mermy
Avec la collaboration de
C. Mathon

Vérificateur :

Nom : Signé par C. Mathon

Date : 31/07/2007

Signature :

Approbateur :

Nom : Signé par P. Elsass

Date : 29/08/2007

Signature :

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Préfecture du Haut-Rhin



Mots clés : Alsace, Haut-Rhin, Pfastatt, Mulhouse, galerie souterraine, cave, effondrement, affaissement, fontis, risque naturel, prévention, loëss

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : Cruz Mermy D. et Mathon C. (2007) – Galeries souterraines de Pfastatt – Phase 2 : Diagnostics des ouvrages souterrains. Rapport final. BRGM/RP-55663-FR, 116p. 148 fig. 1 ann.

© BRGM, 2007, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La commune de Pfastatt se situe sur une petite colline de loess, siège de réseaux de galeries souterraines d'origine artisanale, industrielle et militaire, probablement creusées entre le 18^{ème} et le 20^{ème} siècle.

Suite à de nombreux effondrements survenus depuis 2002, la préfecture du Haut-Rhin a demandé au BRGM de réaliser, dans un premier temps, un inventaire et une cartographie des galeries souterraines situées sous la commune de Pfastatt. Ce travail fut achevé en 2006.

Après cette première phase, il est apparu nécessaire d'informer les propriétaires de l'état de leurs galeries souterraines et, au besoin, de la nécessité, ou de l'urgence d'engager des travaux de confortement.

Pour ce faire, le BRGM a été chargé d'établir un diagnostic de chaque ouvrage souterrain connu, accessible et préalablement cartographié, à partir duquel les services de la mairie pourront informer les propriétaires.

Le projet a été cofinancé par la ville de Pfastatt, la dotation de service public du BRGM et les fonds Barnier, attribués par les services du Ministère alors en charge de l'Environnement et de la Prévention des Risques Naturels – MEDD.

11 réseaux ou galeries ont donc fait l'objet de visites de contrôle sanctionnées par la rédaction d'une note technique du Service Géologique Régional Alsace ; toutes ces notes sont compilées dans le présent rapport.

La présente étude a permis de proposer une liste des actions prioritaires à mener, selon l'état du site et la nature des enjeux concernés. 4 types de priorités ont été établis :

- Priorité 1 : travaux de confortement et mise en sécurité à très court terme ;
- Priorité 2 : travaux de confortement et mise en sécurité à court et moyen terme ;
- Priorité 3 : travaux de confortement et mise en sécurité à moyen et long terme ;
- Priorité 4 : travaux de confortement et mise en sécurité à long terme.

La première concerne le site de la rue de Richwiller, le réseau RA03 du Quartier des Tuileries, celui de la maison de retraite Hirschler, la galerie MM02 – secteur du Monument aux Morts – et une partie du réseau sous l'école maternelle Waltz.

Le deuxième axe de priorité vise à la mise en sécurité du site résiduel sous le n°1 de la rue des Ancêtres (MM01), les deux derniers réseaux du quartier des Tuileries (réseaux RA01 et RA02) et une seconde partie de l'école maternelle Waltz.

A moyen et long terme (priorité 3) la galerie de la rue du Château, celle de la rue de l'Irrigation et une dernière tranche de l'école maternelle Waltz pourront faire l'objet de travaux de mise en sécurité.

Concernant le réseau partant de la Place des Poilus et la galerie technique de l'Hôpital, il n'y a pas en l'état d'urgence à la réalisation de travaux de confortement ; seules des visites régulières sont recommandées.

L'accent devra également être mis sur l'information du public, notamment des propriétaires, qui seront dépositaires du rapport ou des notes techniques concernant leurs terrains.

Le réseau situé sous le bâtiment de l'APF « IEM les Acacias » demeure hypothétique. Son extension supposée, l'importance des enjeux qu'il pourrait menacer et la difficulté d'accessibilité imposent la mise en œuvre d'un programme spécifique de reconnaissance. Il est proposé comme une troisième phase de ce projet.

Sommaire

1. Introduction.....	13
1.1. GÉNÉRALITÉS	13
1.2. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	14
2. Diagnostics	15
2.1. GALERIES SOUS L'ÉCOLE MATERNELLE JJ. WALTZ	15
2.1.1. Localisation - Enjeux à proximité.....	16
2.1.2. Nature de l'ouvrage et accès.....	16
2.1.3. Description et dimensions de l'ouvrage.....	16
2.1.4. Calcul des remontées de vide potentielles	29
2.1.5. Conclusions et recommandations	31
2.2. RÉSEAU DE GALERIES DE L'HÔPITAL.....	35
2.2.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité.....	35
2.2.2. Description et dimensions de l'ouvrage.....	36
2.2.3. Conclusions et recommandations	40
2.3. GALERIES DE LA RUE DU CHÂTEAU.....	41
2.3.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité.....	41
2.3.2. Nature de l'ouvrage et accès.....	42
2.3.3. Description et dimensions de l'ouvrage.....	43
2.3.4. Évaluation des remontées de vide potentielles.....	53
2.3.5. Conclusions et recommandations	53
2.4. GALERIES FILANTES - SECTEUR DU MONUMENT AUX MORTS	55
2.4.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité.....	55
2.4.2. Description et dimensions de l'ouvrage.....	56
2.4.3. Les autres galeries du secteur du Monument aux Morts	59
2.4.4. Calcul des remontées de vide potentielles	60
2.4.5. Conclusions et recommandations	61
2.5. GALERIES DE LA MAISON DE RETRAITE HIRSCHLER	63
2.5.1. Rappel	63
2.5.2. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité.....	65
2.5.3. Description et dimensions de l'ouvrage.....	66
2.5.4. Calcul des remontées de vide potentielles	71

2.5.5. Conclusions et recommandations.....	73
2.6. GALERIE DE LA PLACE DES POILUS.....	75
2.6.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité.....	75
2.6.2. Description et dimensions de l'ouvrage	76
2.6.3. Observations et signes évolutifs	77
2.6.4. Calcul des remontées de vide potentielles	80
2.6.5. Conclusions et recommandations.....	80
2.7. GALERIE RUE DE RICHWILLER.....	81
2.7.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité.....	81
2.7.2. Description de l'ouvrage.....	82
2.7.3. Observations et signes évolutifs	84
2.7.4. Calcul des remontées de vide potentielles	85
2.7.5. Conclusions et recommandations.....	89
2.8. GALERIE RUE DE L'IRRIGATION.....	91
2.8.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité.....	91
2.8.2. Description et dimensions de l'ouvrage	91
2.8.3. Calcul des remontées de vide potentielles	96
2.8.4. Conclusions et recommandations.....	96
2.9. GALERIES DU SECTEUR ACACIAS-TUILERIE.....	97
2.9.1. Localisation - Enjeux à proximité	97
2.9.2. Nature de l'ouvrage et accès.....	98
2.9.3. Description et dimensions de l'ouvrage	101
2.9.4. Calcul des remontées de vide potentielles	108
2.9.5. Conclusions et recommandations.....	109
3. Conclusion générale.....	111

Liste des annexes

Annexe 1 Calcul de remontée de vide.....	117
--	-----

Liste des illustrations

Figure 1 : Plan de la ville de Pfastatt où les réseaux souterrains reconnus en 2006 sont reportés en rouge	13
Figure 2 : Plan de localisation des galeries passant sous l'école Waltz	15
Figure 3 : Galerie G1 confortée	18
Figure 4 : Passage entre G2-a et la grande salle	18
Figure 5 : Cristallisation de salpêtre galerie G2-a	18
Figure 6 : Zone d'érosion due à la poussée des racines dans la galerie G3-b	18
Figure 7 : Érosion des piédroits dans la galerie G3-b	19
Figure 8 : Connexion remblayée entre la galerie G3-b et la grande salle	19
Figure 9 : Linteau cassé à l'entrée de la galerie G3-a	20
Figure 10 : Extrémité orientale galerie G3-a condamnée	20
Figure 11 : Débouillage de remblais par la cheminée en galerie G4	20
Figure 12 : Infiltration loessique en galerie G3-a	20
Figure 13 : Dérochement des panneaux de loëss en zone non-maçonnerie, galerie G5	21
Figure 14 : Affaissement à l'aplomb d'une cheminée de la grande salle devant une entrée de l'école	21
Figure 15 : Vue de l'affaissement survenu au coin NE du réseau en automne 2006	22
Figure 16 : Inondation de la galerie G3-b suite à l'affaissement en automne 2006	22
Figure 17 : Terminaison nord de la galerie G6 au moment du sinistre de l'automne 2006 ; une ouverture murée se distingue sur la paroi du fond	22
Figure 18 : Eclatement des briques de la voûte, galerie G6 extrémité nord	22
Figure 19 : Reprise d'une cloche de fontis dans la galerie G7	23
Figure 20 : Dans la galerie G7, mur bombé accusant la poussée des terres	23
Figure 21 : Observations relevées dans les galeries passant sous l'école Waltz	25
Figure 22 : Vue du linteau fissuré près du sas d'entrée de la galerie G8	26
Figure 23 : Voûte fissurée dans la galerie G8	26
Figure 24 : Développement de végétaux, dans la galerie G8	27
Figure 25 : Couloir C3 affecté par des dérochements de panneaux de loëss des piédroits	27
Figure 26 : Le couloir C5, siège de nombreuses racines et végétaux	27
Figure 27 : Détails sur le développement de végétaux arrachant des éléments de loëss	27
Figure 28 : Plan de localisation de la galerie	35
Figure 29 : Vue de l'entrée de la galerie avec les traces brunes d'infiltration de loëss	37

Figure 30 : Vue de la descente d'eau et de son puits d'infiltration dans la première section.....	37
Figure 31 : Vue de la première section de la galerie, la « tôle ondulée » servant à se protéger des infiltrations en cas de pluies prolongées.....	37
Figure 32 : Début d'infiltration dans la première section.....	37
Figure 33 : Plan de la galerie avec les points d'observations.....	38
Figure 34 : Extrémité (section 6) de la galerie arrivant sous le transformateur avec les traces d'infiltration en bout de galerie.....	39
Figure 35 : Extrémité nord de la section 5 du réseau avec l'entrée ou sortie de la gaine technique et les infiltrations.....	39
Figure 36 : Exemple d'ancienne cheminée dans la section 1.....	39
Figure 37 : Extrémité (section 6) point de sortie ou d'entrée des gaines techniques sous le transformateur.....	39
Figure 38 : Plan de localisation de la galerie.....	41
Figure 39 : Photo de la cheminée d'accès, document SSF.....	42
Figure 40 : Ouverture dans une dalle en béton donnant accès au réseau de la rue du Château, document SSF.....	42
Figure 41 : Vue de la section 1 depuis son extrémité ouest.....	43
Figure 42 : Vue de l'angle de la section 2 au croisement avec la première section.....	44
Figure 43 : Vue de l'angle de la section 2 au croisement avec la première alcôve nord, fortement fissuré.....	45
Figure 44 : Vue du conduit de la cheminée d'aération de la section 2.....	46
Figure 45 : Vue de l'alcôve septentrionale dont l'ancien parement est marqué d'une teinte rouge probablement à cause d'un incendie.....	46
Figure 46 : Détails d'une paroi de la section 2 ; à la base, les niveaux tendres et argileux, surmontés par le banc dur à poupées de loess qui est souligné par les dépôts de suie.....	46
Figure 47 : Vue de la partie sud de la section 2. À gauche du spéléologue, l'alcôve médiane. Point remarquable : l'épaisseur des loess effondrés à gauche.....	46
Figure 48 : Vue l'ancienne descente du tronçon 1 bouchée par des remblais divers.....	47
Figure 49 : Vue de la zone centrale du tronçon 3 ; à gauche se trouve l'intersection avec le tronçon 4.....	47
Figure 50 : Vue de la zone nord centrale du tronçon 4, depuis le tronçon 3.....	48
Figure 51 : Vue de l'extrémité sud du tronçon 4 en connexion avec les tronçons 5 et 6.....	48
Figure 52 : Plan de la galerie avec les points d'observation de février 2007.....	49
Figure 53 : Exigüité de l'entrée de la section 5.....	50
Figure 54 : Conduit de la cheminée de la section 6. Photo SSF 2006. On ne voit pas de maçonnerie.....	50
Figure 55 : Exigüité de la section 6.....	51
Figure 56 : Voûte effondrée de la section 6.....	51

Figure 57 : Vue du fond de l'alcôve septentrionale du tronçon 6, marquée par des traces d'inondation	51
Figure 58 : Schéma d'une vue en coupe d'une galerie d'accès – échelle non respectée	52
Figure 59 : Vue de l'extrémité orientale du tronçon 7. À noter, l'aspect boueux du loess.....	52
Figure 60 : Plan de localisation des galeries connues et supposées dans le secteur du Monument aux Morts.....	55
Figure 61 : Plan de la galerie avec les points d'observations	57
Figure 62 : Porte extérieure murée	58
Figure 63 : Sas d'entrée de la galerie MM02	58
Figure 64 : Vue de l'effondrement.....	58
Figure 65 : Détail de l'action des racines dans les plans de décollements au niveau de la voûte	58
Figure 66 : Vue générale de la galerie ; à noter sur le côté gauche, les décollements naissants	59
Figure 67 : Vue de la cheminée fermée par une plaque métallique	59
Figure 68 : Écaillage et fissuration des piédroits.....	59
Figure 69 : Action des racines favorisant les décollements de panneaux des piédroits.....	59
Figure 70 : Vue du vide résiduel de la galerie MM01	60
Figure 71 : Vue de de la galerie MM01	60
Figure 72 : Résidence R. Hirschler, vue du Pignon nord-ouest.....	64
Figure 73 : Effondrement du cellier en 2002	64
Figure 74 : Désordre résiduel en 2004 après le comblement d'une partie de la galerie occidentale	64
Figure 75 : Coupure de presse de l'effondrement à l'ouest du bâtiment en 2002	64
Figure 76 : Plan de localisation de la galerie ; en jaune les zones effondrées en 2002.....	65
Figure 77 : Linteau fissuré entre le palier de la galerie orientale et la salle inférieure.....	66
Figure 78 : Poteau en grès cassé par la dilatation du gond rouillé	66
Figure 79 : Plan de la galerie avec les points d'observation	67
Figure 80 : Vue de l'extrémité du vide effondré où passait l'ancienne conduite.....	68
Figure 81 : Sous cavage sous le parement en briques.....	68
Figure 82 : Vue de l'extrémité sud de la galerie orientale avec son bouchon de remblai ; photo de 2004.....	68
Figure 83 : Extrémité nord de la galerie occidentale bouchée par un cône de remblais et des descentes de terre végétale (brun).....	69
Figure 84 : Sous cavage dans la galerie occidentale montrant clairement un niveau d'inondation	70
Figure 85 : Vue de l'effondrement de panneaux de loess en arrière des arches maçonnées suite à l'érosion du loess.....	70

Figure 86 : Vue de l'arrière des arches maçonnées suite à l'érosion du loëss.....	70
Figure 87 : Blocs de loëss effondrés entre les structures maçonnées.....	71
Figure 88 : Détail de l'effondrement de panneaux de loëss en arrière des arches maçonnées suite à l'érosion du loëss.....	71
Figure 89 : Chenal d'érosion sous les remblais nord de la galerie occidentale	72
Figure 90 : Pignon Sud-Est du couloir de jonction fissuré.....	72
Figure 91 : Pignon Nord-Ouest du couloir de jonction éclaté	72
Figure 92 : Pignon Nord-Est du couloir de jonction éclaté	72
Figure 93 : Plan de localisation de la galerie souterraine passant sous les jardins de la résidence des Violettes et accessible depuis la place des Poilus	75
Figure 94 : Vue de l'entrée de la galerie au niveau de la place des Poilus – cliché SSF Décembre 2005.....	76
Figure 95 : Fissure de la voûte au niveau de l'entrée.....	77
Figure 96 : Fissure de la voûte à 2 m de l'entrée	77
Figure 97 : Extrémité sud des cellules avec montées de voûte	77
Figure 98 : Vue sur le tas de remblais déversé par la cheminée sud.....	78
Figure 99 : Détail sur l'état de comblement de la cheminée sud bouchée de remblais et déchets.....	78
Figure 100 : Vue de la troisième cheminée	78
Figure 101 : Plan de la galerie avec les points d'observation	79
Figure 102 : Plan de localisation de la galerie souterraine sous les propriétés rue de la République et rue de Richwiller	81
Figure 103 : Vide d'érosion à l'extérieur du soubassement de la maison	84
Figure 104 : linteau cassé à l'accès du n°2 rue de Richwiller ; fracture redessinée	84
Figure 105 : Section 2, zone éboulée – chute du toit et décollement des piédroits	85
Figure 106 : Section 2, zone éboulée	86
Figure 107 : Section 2, trace de ruissellement	86
Figure 108 : Section 2, zone éboulée – décollement des piédroits	86
Figure 109 : Plan descriptif de la galerie RR01	87
Figure 110 : Section 2, zone éboulée et entrée de la section 3	88
Figure 111 : Vue générale de la section 4 dont le toit s'effondre sur toute sa longueur	88
Figure 112 : vue générale de la section 3.....	88
Figure 113 : Section 3, illustration du rôle anti-érosion de la maçonnerie.....	88
Figure 114 : Plan de localisation de la galerie	92
Figure 115 : Plan de la galerie avec les points d'observations.....	93
Figure 116 : Vue de l'entrée de la section 1 de la galerie.....	94
Figure 117 : Vue de l'accès à la galerie depuis l'extérieur	94

Figure 118 : Vue de la section 2 et les traces d'un panneau effondrée.....	94
Figure 119 : Vue de la section 3, à noter le grand nombre de racines en voûte	94
Figure 120 : Vue de la sortie de cheminée de la section 3	94
Figure 121 : Vue du conduit de cheminée de la section 2	94
Figure 122 : Vue du linteau fracturé entre les sections 1 et 2.....	95
Figure 123 : Percement de racines et fissuration de la voûte de la section 2.....	95
Figure 124 : Vue de la zone effondrée, parement section 2	95
Figure 125 : Détail de l'effondrement des parements	95
Figure 126 : Vue du linteau tombé entre les sections 2 et 3.....	95
Figure 127 : Trace d'un panneau de loëss tombé	95
Figure 128 : Vue générale de la section 2, au fond, l'accès à la section 3 et devant, la zone de parements effondrés.....	96
Figure 129: Plan de localisation des galeries de la rue de la Tuilerie.....	97
Figure 130 : Vue de l'une des entrées dégagées à la pelle mécanique	98
Figure 131 : Plan d'archive entre le secteur de la Tuilerie et de la rue d'Ilzach.....	99
Figure 132 : Détail des galeries de la Tuilerie visitées (en rouge) et l'extrait du tracé issu du plan d'époque (orange).....	100
Figure 133 : Vue de l'entrée de la galerie RA03	101
Figure 134 : Carte des observations effectuées dans les réseaux RA01 et RA02 le 9 mars 2007.....	102
Figure 135 : Vue d'une galerie du réseau RA02	102
Figure 136 : Vue d'une galerie du réseau RA02	102
Figure 137 : Parement fortement fissuré.....	103
Figure 138 : Vue de l'effondrement principal du réseau RA02 ; le toit résiduel de la galerie est souligné en rouge	103
Figure 139 : Vue de la base de l'effondrement principal du réseau RA02.....	103
Figure 140 : fissuration typique d'un piédroit ; la fissuration est soulignée en rouge	103
Figure 141 : Piédroit entre deux alcôves en forme de trognon de pomme (diabolo) , fissuration évoluée.....	104
Figure 142 : Carte des observations effectuées dans le réseau RA03 le 9 mars 2007.....	105
Figure 143 : Vue de la galerie 1 en 2005 – photo mairie de Pfastatt.....	106
Figure 144 : Extrémité orientale, galerie 2	107
Figure 145 : Effondrement d'un panneau latéral, galerie 2 tronçon occidental.....	107
Figure 146 : Vue de l'effondrement principal au milieu de la galerie 2	107
Figure 147 : Effondrement continu des piédroits, galerie 2 tronçon occidental	108
Figure 148 : Éclatement du piédroit à l'angle des galeries 1 et 2	108

1. Introduction

1.1. GÉNÉRALITÉS

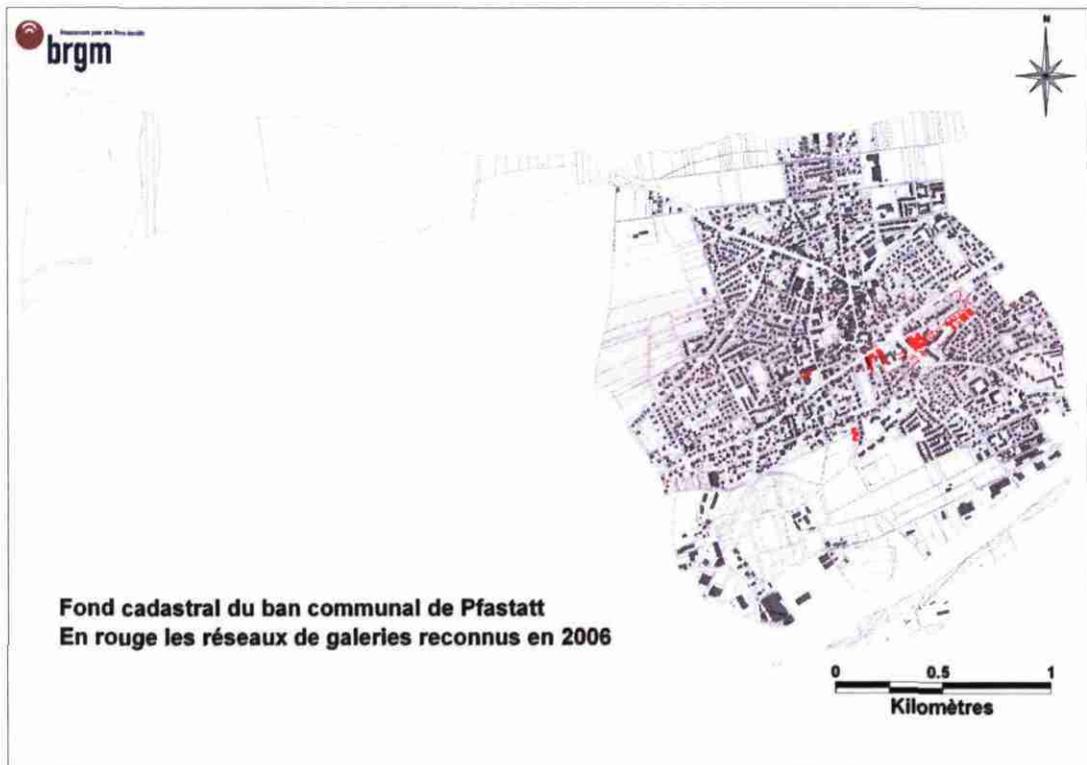


Figure 1 : Plan de la ville de Pfastatt où les réseaux souterrains reconnus en 2006 sont reportés en rouge

La ville de Pfastatt est construite en partie sur une butte témoin de loess dont l'épaisseur atteint plus de vingt mètres. La nature et l'épaisseur de ces matériaux ont permis d'y creuser des galeries souterraines entre le 18^{ème} et le 20^{ème} siècle.

Ces galeries ont, pour la plupart, été abandonnées à la fin de la deuxième Guerre Mondiale où elles ont servi, entre autre, d'abris de défense passive. A partir des années 2000, les effondrements de ces ouvrages souterrains se sont multipliés. L'un d'eux, très endommageant, a conduit à la reconnaissance d'un état de catastrophe naturelle.

Alertés par la situation, les pouvoirs publics ont commandé au BRGM un programme d'action pour établir l'ampleur des zones potentiellement affectées et la dangerosité de la situation. La première phase réalisée entre 2005 et 2006 visait à faire l'inventaire

des galeries connues et de les cartographier. Cette mission fut achevée en automne 2006, les résultats de l'étude étant compilés dans le rapport BRGM RP54804-FR¹.

Dans cette première phase, 13 galeries ou réseaux ont été inventoriés et cartographiés sur le ban communal de Pfastatt en 2006 (Figure 1). 11 réseaux sont encore accessibles et se développent aussi bien sous des propriétés privées que sous des terrains publics, notamment sous des établissements recevant du public (ERP).

À partir de ce premier travail, le BRGM a été missionné dans une deuxième phase pour réaliser une étude spécifique sur l'état général des réseaux existants. Le présent rapport marque l'achèvement de cette mission.

1.2. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

La mission du BRGM s'inscrit dans le cadre des actions de prévention contre les risques liés à la présence de galeries souterraines dans le sous-sol de la ville de Pfastatt. Ces actions répondent au cahier des charges du projet, validé par les cosignataires (ville de Pfastatt et BRGM) et sont réalisées sur financement de la ville de Pfastatt, des fonds Barnier et de la dotation de Service Public du BRGM.

Faisant suite à la phase d'inventaire des galeries, la mission du BRGM vise plus précisément à la réalisation de la phase 2, à savoir une visite technique de tous les sites accessibles, sanctionnée par l'établissement d'un diagnostic de la stabilité de l'ouvrage, de recommandations concernant d'éventuels travaux de mise en sécurité, le tout compilé dans des notes techniques.

Toutes les galeries accessibles ont donc fait l'objet d'un diagnostic par les ingénieurs du BRGM durant l'hiver 2007. Ces diagnostics devaient comprendre le levé des signes d'instabilité pour chaque réseau et la proposition de solutions techniques de mise en sécurité, adaptées aux enjeux et au contexte.

Le présent rapport final regroupe l'ensemble des notes techniques établies dans le cadre de la phase 2 du projet et comprend en sus la proposition d'une hiérarchisation des sites en fonction de leur état et des enjeux attenants, en vue de leur mise en sécurité.

¹ Vouaux V., Cruz Mery D. & J. M. Miehé (2006) – Inventaire et cartographie des ouvrages souterrains sur le territoire de Pfastatt. Rapport final. BRGM/RP-54804-FR, 168p. 59 ill. 6 ann.

2. Diagnostics

2.1. GALERIES SOUS L'ÉCOLE MATERNELLE JJ. WALTZ

Le réseau de galeries passant sous l'école Jean-Jacques Waltz a fait l'objet d'une intervention du BRGM le 14 février 2007, dans le cadre des visites techniques de contrôle.

La visite technique a été supervisée par Christian Mathon, Expert géotechnicien, accompagné de Davy Cruz Mermy, Géologue au SGR Alsace², l'assistance sécurité étant confiée au SSF³.



Figure 2 : Plan de localisation des galeries passant sous l'école Waltz

² SGR = Service Géologique Régional du BRGM

³ SSF = Spéléo Secours Français

2.1.1. Localisation - Enjeux à proximité

Le réseau est dit « de l'école Waltz » à juste titre, dans le sens où il ne s'étend que sous la parcelle de l'école maternelle, intégrant la cour, les espaces verts et les 2 ailes du bâtiment (Figure 2).

Les services de la mairie de Pfastatt ont saisi très tôt l'importance de l'enjeu soumis au risque d'effondrement et ont engagé, depuis le début des années 2000, des travaux de confortement de l'ouvrage souterrain. Ces travaux consistent en la mise en place d'un revêtement en béton projeté sur un treillis métallique agrafé dans les parois de loess, entre les arcs maçonnes.

Ce revêtement a un rôle de confinement vis-à-vis de la paroi de loess décomprimé, mais aussi et surtout de protection contre l'érosion des parois. Ce procédé permet, entre autre, d'empêcher le décrochement de panneaux de loess et le développement de cloches de fontis.

2.1.2. Nature de l'ouvrage et accès

Ce réseau s'inscrit au sein du grand réseau souterrain reporté sur un plan d'archive datant de la période allemande et qui passerait à une quinzaine de mètres de profondeur entre la rue d'Illzach et le quartier des Tuileries.

L'origine du réseau est mal connue, mais il pourrait s'agir d'un réseau brassicole ou de stockage de denrées. Il fut utilisé pendant la seconde Guerre Mondiale comme abri de défense passive en cas de bombardement.

Le réseau a fait l'objet d'un levé de géomètre dans les années 1990 garantissant un très bon calage par rapport au bâti.

L'accès au réseau se fait par deux portes fermées à clef, l'une dans les sous-sols de l'école, l'autre depuis la rue de la République. La première donne accès aux 3 galeries du coin nord-ouest, la seconde permettant de visiter tout le reste du réseau.

2.1.3. Description et dimensions de l'ouvrage

Le réseau de galeries souterraines EW01 est constitué d'une grande salle, partiellement remblayée depuis la surface, et de 9 galeries dont 6 de grande longueur, qui atteignent près de 65 m en moyenne, d'une largeur de 2.5 m et d'une hauteur de 3 m environ. De courts passages relient les galeries entre elles.

Le réseau s'étend sur plusieurs niveaux, le passage d'un niveau à l'autre se faisant par des rampes et des escaliers. Autrefois, un escalier descendait à un niveau inférieur accédant au grand réseau des Acacias, mais l'ouverture a été bouchée dans les années 90.

D'après le plan d'archive, l'une des galeries permettait également d'atteindre le grand réseau supposé passer sous l'IEM des Acacias, mais celle-ci a également été comblée.

Galerie G1

L'entrée côté rue donne sur la première galerie. Initialement, celle-ci était, comme pour la plupart des galeries, renforcées par des arches maçonnées réparties de façon plus ou moins régulière (Figure 3). Depuis 2005, toutes les sections de cette galerie non maçonnées ont été confortées et, grâce à ces travaux, cette partie de l'ouvrage est saine. Le seul point noir décrit touche le premier linteau, fracturé en son milieu.

Hormis quelques anciennes « montées » de voûtes, aujourd'hui bétonnées, la section de la galerie est relativement homogène, d'une hauteur moyenne de 2,5 m pour 2,6 m de large. Longue de près de 65 m, la galerie s'approfondit en direction du NE, le radier étant environ 1,5 m plus profond côté nord qu'à l'entrée sur la rue.

Au droit de l'entrée, l'épaisseur des terrains de recouvrement est de 2,5 à 3 m et elle augmente avec l'approfondissement de la galerie pour atteindre un peu plus de 4 m au NE.

Galerie G2

La galerie G2 est connectée à la galerie G1 par un couloir étroit (C6) qui a également bénéficié de travaux de confortement. Une partie du couloir C6 et la section G2-a s'étendent sous le bâtiment de l'école, la section G2-b passant essentiellement sous la cour.

Cette galerie, longue de 59 m, est recoupée par l'extrémité SW de la grande salle. Elle débouche sur la galerie G6 à son extrémité NE et était autrefois accessible directement depuis les sous-sols de l'école, par une porte désormais murée.

Le radier de la galerie est situé 1,5 à 2 m plus bas que la galerie G1, et 3,5 m plus bas que le sous-sol de l'école.

La hauteur sous voûte varie entre 2 et 3 m, la section G2-b ayant une hauteur de 2,5 m (contre 3 m pour la section G2-a) pour une largeur constante de 2,6 m.

La galerie est nettement plus humide que la précédente ; ceci est probablement dû à l'absence de ventilation.

Le piédroit en briques de l'extrémité SW de la section G2-b, côté sud, est localement fissuré mais ne montre pas de décalage au niveau des épontes.

À la jonction de la section G2-a et de la grande salle, le linteau en bois est littéralement pourri ; entre lui et la voûte, la petite maçonnerie est fissurée (Figure 4).

La descente de voûte à l'angle nord de l'intersection de la galerie avec le couloir C6 est localement affaiblie.

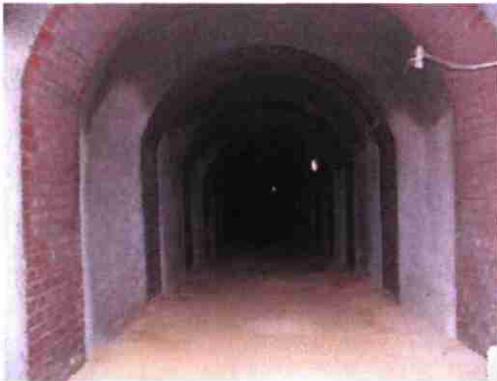


Figure 3 : Galerie G1 confortée



Figure 4 : Passage entre G2-a et la grande salle



Figure 5 : Cristallisation de salpêtre galerie G2-a

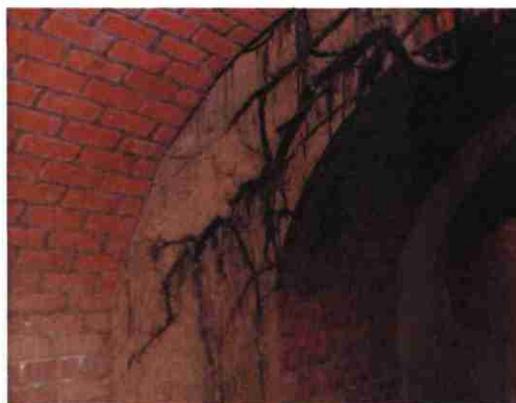


Figure 6 : Zone d'érosion due à la poussée des racines dans la galerie G3-b



Figure 7 : Érosion des piédroits dans la galerie G3-b



Figure 8 : Connexion remblayée entre la galerie G3-b et la grande salle

Plus de la moitié sud-ouest de la section G2-a montre un vieillissement accéléré des briques par la formation de salpêtre, dont la cristallisation les éclate progressivement depuis l'extérieur (Figure 5). Cette érosion chimique diminue la résistance des maçonneries en réduisant leur section et leurs caractéristiques mécaniques.

Les fondations de l'école sont situées entre 0,5 et 3,5 m au-dessus de la voûte de la section G2, les zones de moindre couverture étant situées à l'extrémité SW de la galerie et sous la grande salle. Dans un de ses rapports⁴, la société EEG-SIMECSOL⁵ indiquait que le bâtiment de l'école était fondé sur un radier général.

Sous la cour, les terrains qui recouvrent la section G2-b ont une épaisseur sur la voûte de l'ordre de 4,5 m.

Galerie G3

La galerie G3 est la plus au nord du réseau, localement sous une très faible couverture. Elle s'étend sur 58 m en partant d'un local public dans les sous-sols de l'école.

A l'automne 2006, un affaissement a touché l'extrémité nord de la section G3-b. Sans qu'un effondrement total ne survienne en souterrain, un vide était remonté en surface (Figure 15). L'origine supposée du phénomène viendrait d'une ancienne descente d'escalier mal remblayée sous les anciens petits garages. Le démontage de ces derniers a permis à l'eau de pluie de s'infiltrer en masse, ces infiltrations s'ajoutant à celle des ruissellements sur les pelouses adjacentes.

⁴ Rapport Arcadis document n° 71 1074 003 NT 01 A

⁵ Arcadis

En galerie, ces désordres ont eu pour conséquence l'infiltration à travers les parois d'une forte quantité d'eau qui a longtemps stagné au sol (Figure 16). Ces infiltrations se produisent essentiellement au travers de ce qui pourrait être une ancienne porte murée, située sous la remontée de vide (Figure 17).

En attendant des travaux – probablement la réouverture d'un accès – un plancher-toiture a été mis en place pour limiter les infiltrations supplémentaires.

Entre ces désordres survenus dans le coin nord-est de la section G3-b et sa jonction avec la grande salle (S), il a été noté une forte humidité.

Cette section est équipée de maçonneries partielles en arches, entre lesquelles de grosses racines contribuent au décrochage de panneaux de loess (Figure 6, Figure 7, Figure 8). La largeur des arches et des tronçons non maçonnés est variable et comprise entre 0,8 et 2 m chacun.



Figure 9 : Linteau cassé à l'entrée de la galerie G3-a

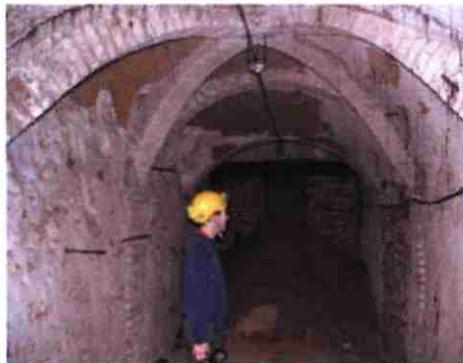


Figure 10 : Extrémité orientale galerie G3-a condamnée

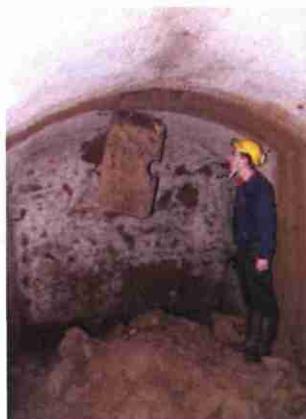


Figure 11 : Débourage de remblais par la cheminée en galerie G4



Figure 12 : Infiltration loessique en galerie G3-a

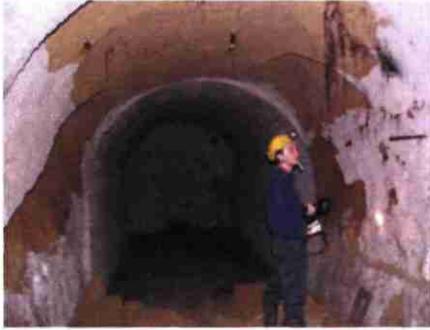


Figure 13 : Dérochement des panneaux de loess en zone non-maçonnerie, galerie G5



Figure 14 : Affaissement à l'aplomb d'une cheminée de la grande salle devant une entrée de l'école

Avant d'atteindre la grande salle, cette section est encombrée de déblais de loess stockés à chaque phase de confortement.

La section G3-a est accessible depuis un local en sous-sol de l'école qui donne directement sur la rue de la République. Depuis ce local, des escaliers permettent d'atteindre le niveau souterrain situé 4 m plus bas. Cette section se termine sur la grande salle et donne accès à deux petites galeries (G4 et G5) dont les radiers s'approfondissent de 1 à 2 m supplémentaires.

La section SW de la galerie 3 est dotée d'une maçonnerie partielle, par arches en briques à son extrémité nord et par piédroits maçonnés dans le reste de son tracé. Seules les descentes d'escaliers sont entièrement maçonnées.

Ces dernières montrent quelques défauts, la fissuration d'un linteau en son milieu, des traces d'infiltrations probablement anciennes au travers des maçonneries et le décollement de la voûte de l'accès principal par rapport à la superstructure du bâtiment (Figure 9, Figure 12).

Régulièrement, la voûte est traversée par des racines entraînant localement des dérochements de loess (Figure 10). Ces racines correspondent vraisemblablement aux grands pins situés entre l'école et la rue d'Illzach.

La connexion entre les sections G3-a et G3-b est rompue par le remblaiement partiel de la grande salle.

D'après les levés du géomètre, la hauteur de la galerie est de 2,5 m pour une largeur de 2,6 m. Les cotes altimétriques indiquées permettent de préciser l'épaisseur des terrains de recouvrement qui atteignent 3 m à l'extrémité nord de la section G3-b, sous l'emplacement des anciens garages, et augmente progressivement vers le Sud pour atteindre 4 à 5 m au droit de la section G3-a.

Galerie G4

La galerie G4 est une petite extension latérale partant vers le nord depuis la section a de la galerie G3. Elle est longue de 20 m pour une largeur de 2,5 m, la hauteur sous voûte étant en moyenne de 2,5 m.

D'après les levés topographiques, la galerie est sous une couverture de 6 à 7 mètres.

Tous les piédroits sont maçonnés sauf le tympan de la galerie où le loëss est à nu.

Cette galerie ne présente pas de désordre particulier, le seul point négatif observé concernant la cheminée située à son extrémité nord. Le conduit a fait l'objet d'un débouffrage de remblais boueux, laissant un vide remontant à 4,5 m au dessus de la voûte (Figure 11). L'aspect des matériaux tombés indique sans équivoque l'apport important d'eau depuis l'extérieur. La localisation de ce conduit en surface n'est pas précise et on le situe aux abords du parking à vélo, voire dans les espaces verts adjacents.



Figure 15 : Vue de l'affaissement survenu au coin NE du réseau en automne 2006

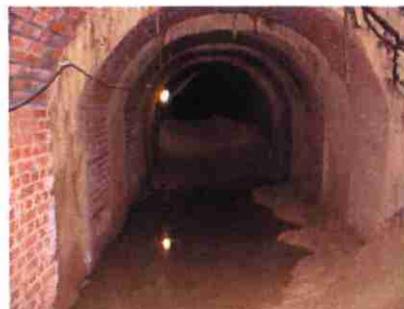


Figure 16 : Inondation de la galerie G3-b suite à l'affaissement en automne 2006

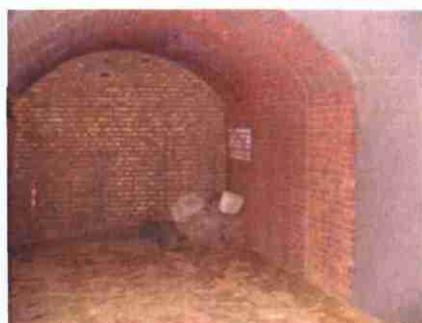


Figure 17 : Terminaison nord de la galerie G6 au moment du sinistre de l'automne 2006 ; une ouverture murée se distingue sur la paroi du fond



Figure 18 : Eclatement des briques de la voûte, galerie G6 extrémité nord



Figure 19 : Reprise d'une cloche de fontis dans la galerie G7

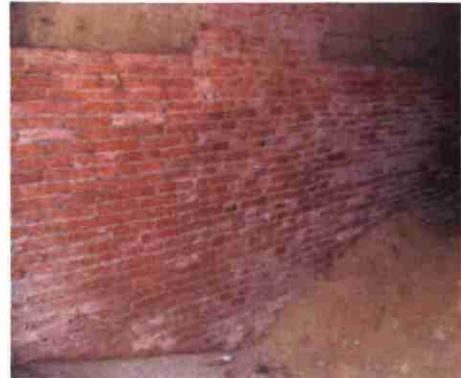


Figure 20 : Dans la galerie G7, mur bombé accusant la poussée des terres

Galerie G5

La galerie G5, tout comme la précédente, est accessible depuis la galerie G3-a. Seuls deux tronçons sont maçonnés. Le reste de sa longueur est à nu et des décrochements importants de loess s'y sont produits. Les parements sont localement marqués par la poussée de racines (Figure 13).

La galerie s'étend sur 14 m et présente une section homogène de 2,5 m de large pour une hauteur de 2,5 m. L'épaisseur des terrains de recouvrement augmente du nord au sud en passant de 4 à 5,5 m.

Grande salle

Recoupant les galeries G2 et G3, la grande salle, partiellement remblayée, atteint les niveaux les plus superficiels sous les fondations des bâtiments.

Il s'agit d'une salle voûtée mesurant 12 x 6 m pour une hauteur maximale de près de 6 m. Les remblais ont été déversés depuis la surface par les anciennes cheminées d'aération qui sont au nombre de 4. La voûte est à moins de 1,5 m de profondeur.

En sous-sol, elle ne présente pas de désordres ou de signes d'instabilité, mais devant l'une des portes d'accès aux salles de classe côté rue d'Illzach, une dépression circulaire d'une dizaine de centimètres d'amplitude indique un tassement (Figure 14).

Ce petit affaissement semble correspondre à une ancienne cheminée, dont le bouchon de remblais ou de béton serait descendu.

Le jour même de la visite, il a été demandé au représentant des services techniques d'installer un périmètre autour de l'affaissement et de le couvrir avec une plaque métallique de grande taille pour éviter tout incident en cas d'ouverture franche du conduit de la cheminée.

Galerie G6

La galerie G6 borde la limite orientale du terrain de l'école maternelle, sous des espaces verts. Elle relie les galeries G1, G2, G3 et G7 et se compose de deux sections, la première au nord de son intersection avec la galerie G1, dont le radier est situé 1 m plus bas que la section sud, et la dernière, deux fois plus longue que la première, mesurant 38 m de long.

La section de la galerie est homogène et mesure 3,15 m de large pour une hauteur comprise entre 2,5 et 3 m.

L'épaisseur des terrains de recouvrement est relativement stable dans les $\frac{3}{4}$ sud, de l'ordre de 4,5 m contre près de 3 m à son extrémité septentrionale.

Les zones non maçonnées de cette galerie ont toutes été confortées en 2005-2006.

Cette galerie est dans un état très satisfaisant ; un seul point négatif y a été relevé, à son extrémité nord, où des briques de la voûte sont écaillées voire éclatées sous l'effet de la pression des terrains (Figure 18).

Quelques mètres au sud de sa connexion avec la galerie 1, les joints de mortier entre les briques de la voûte ont localement disparus.

Enfin, d'après le plan d'archive, la galerie G6 passerait au droit d'une galerie située à un niveau plus profond. Aucun élément à ce jour ne permet de confirmer ce tracé.

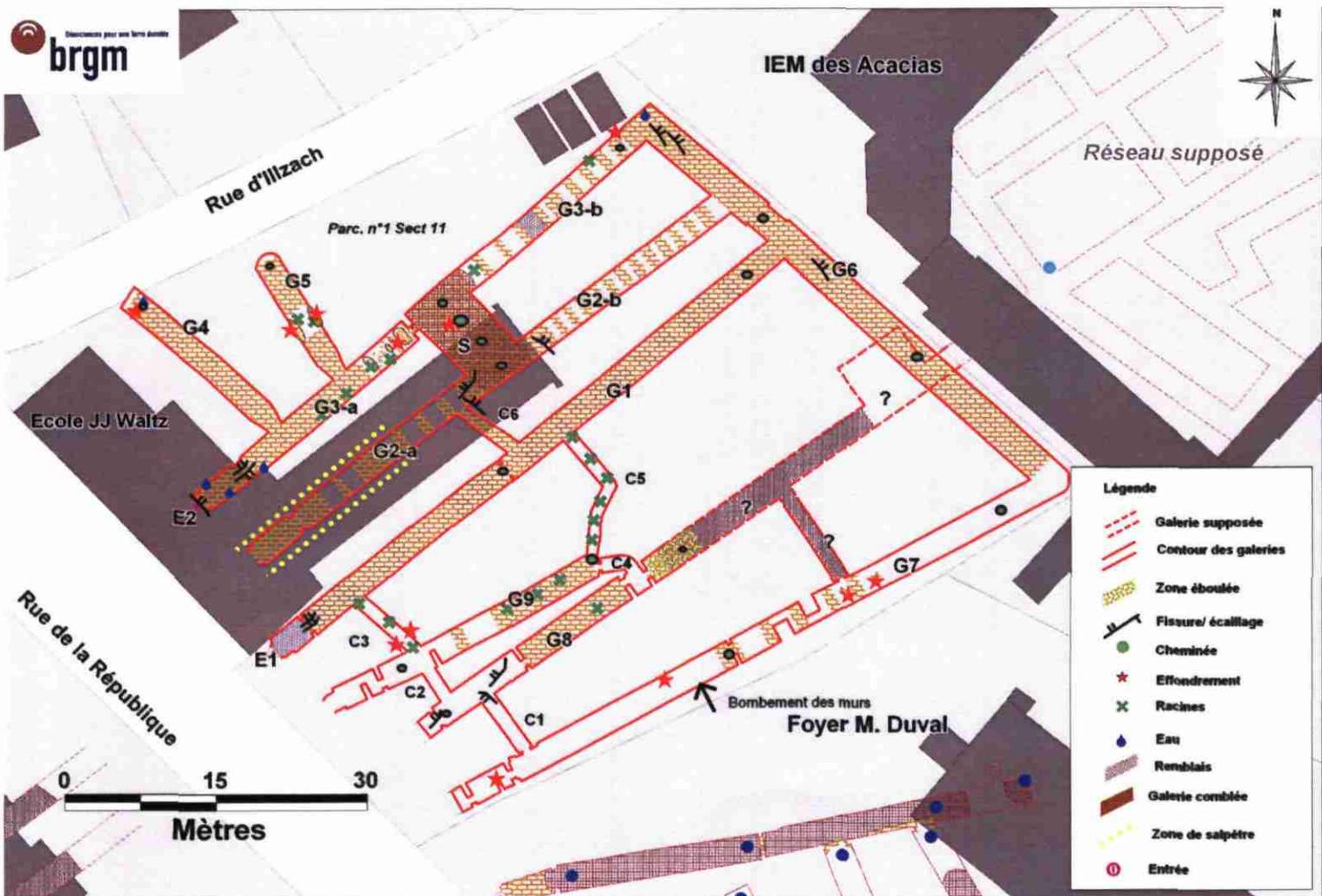


Figure 21 : Observations relevées dans les galeries passant sous l'école Waltz

Galerie G7

La galerie G7 est la plus longue du réseau. Elle mesure près de 69 m, entre la galerie G6 et le trottoir de la rue de la République, longeant la limite sud de la propriété de l'école, sous des espaces verts. L'ancien accès côté rue est désormais muré.

Les piédroits de la galerie sont maçonnés sur toute sa longueur, avec quelques voûtes en briques dans sa partie centrale. Il y a plusieurs décennies, la même zone a été équipée de redans d'une section carrée de 1,5 m de côté. Il n'est pas impossible qu'il s'agisse de piliers édifiés après creusement, dans le but de conforter la galerie.

Cette zone centrale a subi des instabilités de façon certaine bien plus récemment, et a été confortée par la mise en place de piliers en parpaings, de faible section, supportant directement la voûte en loëss à l'aide de profils en acier. En effet, deux tronçons non maçonnés entre des arches montrent clairement qu'ils ont fait l'objet de chutes de panneaux de loëss, faisant reculer la voûte de près d'un mètre.

C'est de ce secteur conforté que partait une descente d'escaliers vers un niveau inférieur (5 à 6 m plus bas) ; l'accès a été condamné il y a une dizaine d'années.

Au sud-ouest de la zone confortée, le parement du piédroit est bombé, indiquant une poussée latérale dont l'amplitude est faible pour l'instant. Ce secteur a également été le siège de chutes de blocs récentes.

La galerie se termine à l'ouest par un petit volume cloisonné dont les parois s'affaissent dans le sol, indiquant une zone décomprimée ou un vide sous jacent.

La galerie mesure 2,6 m de large, pour une hauteur sous voûte de 2,8 m en moyenne avec des maxima de 3,5 m dans les zones confortées. Le recouvrement atteint en moyenne 4,5 m.



Figure 22 : Vue du linteau fissuré près du sas d'entrée de la galerie G8 *Figure 23 : Voûte fissurée dans la galerie G8*



Figure 24 : Développement de végétaux, dans la galerie G8

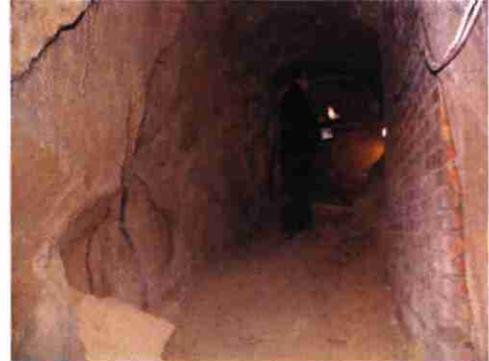


Figure 25 : Couloir C3 affecté par des dérochements de panneaux de loess des piédroits



Figure 26 : Le couloir C5, siège de nombreuses racines et végétaux



Figure 27 : Détails sur le développement de végétaux arrachant des éléments de loess

Galerie G8

La galerie G8 est connectée à la G7 par un couloir (C1) étroit, permettant de descendre d'environ 1m. Le linteau, à l'entrée de ce couloir non maçonné, côté G8, a une faible section et n'est plus en contact avec la voûte en loess.

La galerie G8 est composée de 4 tronçons. Le premier correspond à l'entrée côté rue dont la porte a été murée, le second descend en pente « douce » vers un niveau situé 2 m plus bas et débouche sur un sas qui constitue le quatrième tronçon. Ce dernier donnait sur une salle aujourd'hui comblée et murée et qui serait, d'après le plan d'archive, un accès vers le grand réseau des Acacias.

Le linteau, entre le premier tronçon et le second, est cassé en son milieu et ne remplit plus son rôle stabilisateur (Figure 22).

La voûte du deuxième tronçon, en loess nu, est fissurée sur toute sa longueur. Les fissures ne sont pas ouvertes mais sont soulignées par la progression des racines (Figure 23).

La troisième partie, entièrement maçonnée, est le siège d'un fort développement de racines ou de végétaux cavernicoles sur lesquels se condense l'humidité ambiante (Figure 24).

Quel que soit le tronçon, la largeur de la galerie G8 varie peu – de l'ordre de 2,5 m – pour une hauteur de 2 à 2,5 m. L'épaisseur des terrains de recouvrement augmente avec l'approfondissement vers l'Est de la galerie, passant de 5,6 m à l'Ouest à 7,5 m à l'Est.

Galerie G9 et les couloirs de connexion

Le quatrième tronçon de la galerie précédente donne accès à un escalier (C4) qui remonte dans la salle G9, située 3 m plus haut, au croisement avec un second couloir (C5) la reliant avec la galerie G1. À cette jonction, une cheminée, débouchant dans la cour, permet d'apprécier l'épaisseur des terrains sus-jacents, qui atteint 4,6 m.

La largeur de la galerie est de 2,5 m pour une hauteur de même valeur.

De très faibles infiltrations proviennent de la cheminée précédente mais sans désordre associé.

Cette galerie est apparemment dans un état correct, la section orientale, entièrement maçonnée, étant couverte de racines ou de végétaux cavernicoles fixant l'humidité ambiante.

La section occidentale n'est maçonnée que partiellement. Elle débouche sur les couloirs C2 et C3 et une pièce cloisonnée, correspondant à un ancien accès depuis la rue, aujourd'hui muré.

Le couloir C3 est en mauvais état ; il est le siège de décollements de panneaux de loess et a probablement été renforcé par le passé, car seul l'un de ses piédroits est maçonné (Figure 25).

Les deux couloirs C3 et C5 sont le siège de développement de racines dont la croissance fragilise les parois en les fissurant et dont la pousse arrache progressivement des éléments des piédroits (Figure 27, Figure 26).

2.1.4. Calcul des remontées de vide potentielles

Le texte encadré ci-après expose les hypothèses de calcul. Elles seront identiques pour tous les sites étudiés. Dans le cas contraire, les nouvelles données seront explicitées.

La partie descriptive permet de préciser les dimensions des galeries et l'épaisseur des terrains de recouvrement. Tranche par tranche, il est donc possible de calculer l'évolution d'un effondrement souterrain pour vérifier s'il peut atteindre la surface et générer un fontis, c'est-à-dire la formation d'un vide en surface, généralement soudain et très endommageant.

Le principe de la méthode vise à comparer le volume du vide souterrain avec le volume occupé par les matériaux tombés au sol de la galerie, en prenant en compte deux paramètres principaux que sont l'angle d'étalement des matériaux tombés et leur foisonnement – c'est-à-dire l'augmentation du volume occupé par une matière fragmentée et déstructurée par incorporation d'air. Lorsque le volume des matériaux foisonnés équivaut au volume du vide, l'effondrement s'auto colmate et le fontis n'atteint pas la surface : seul un affaissement peut survenir. Concernant l'angle d'étalement des matériaux, plus leur pente est raide, moins les matériaux s'évalent, ce qui favorise l'auto colmatage.

Pour ce calcul, la pente des remblais d'éboulement sera prise à 50°, ce qui est nettement au dessus de la réalité, afin de prendre en compte des caractéristiques plus favorables à l'auto colmatage.

Dans la même logique, il convient de fixer les caractéristiques des matériaux. Dans les chantiers de terrassement, le taux de foisonnement est généralement compris entre 1,2 et 1,3, soit une augmentation de volume de 20 à 30 % des matériaux déstructurés. D'après ce qu'il a été observé dans les galeries de Pfastatt, le taux de foisonnement des loëss semble bien plus faible. Cependant, les calculs seront effectués avec un taux de foisonnement de 1,4, ce qui permettra d'obtenir un coefficient de sécurité partiel sur les calculs en prenant un taux plus favorable. Dans les cas où les modèles n'indiqueraient pas de remontée de vide, les calculs seront refaits avec des hypothèses moins favorables mais non moins réalistes.

Tous les types de sections ont été repris dans les calculs de remontée de vide, et tous indiquent qu'en cas d'effondrement souterrain, la surface serait affectée et ce, même en prenant en compte des facteurs favorables à l'auto colmatage.

Sauf cas d'infiltration massive, qui ennoierait les galeries, les maçonneries empêchent le décrochement progressif de panneaux de loëss, ralentissant le vieillissement de l'ouvrage et participant à sa bonne tenue. Elles ne peuvent toutefois exclure la possibilité de survenance de désordre soudain, comme ce fut le cas à la maison de retraite Hirschler où une galerie « profonde » et maçonnée s'est effondrée dans des circonstances particulièrement pluvieuses. Les zones les plus sensibles sont les zones non maçonnées et les zones de très faible recouvrement.



2.1.5. Conclusions et recommandations

Le réseau des galeries souterraines passant sous l'école maternelle JJ. Waltz est dans un état de conservation moyen à satisfaisant, localement amélioré par les confortements engagés par la mairie depuis le début des années 2000. La nature de l'enjeu en surface impose une priorité d'action et de surveillance.

L'investigation réalisée par l'équipe du BRGM le 14 février 2007 a mis en évidence quelques points sensibles qui nécessitent un suivi régulier, voire des travaux d'amélioration ou de renforcement.

La galerie G1 est dans un bon état grâce aux renforcements mis en place. En dehors de la reprise du linteau de l'entrée, elle ne nécessite pas de travaux supplémentaires.

La situation de la galerie G2 est particulière car elle est positionnée en partie sous le bâtiment de l'école et en partie sous la cour. Bien que partiellement maçonnée, cette galerie montre des signes de faiblesses et des conditions défavorables à sa conservation. Elle est entièrement soumise à un taux d'humidité important affectant la tenue des loëss lorsqu'ils sont à nus, mais surtout la maçonnerie, en altérant les briques de la section située sous le bâtiment. Ces briques pourraient localement être d'une moindre qualité, plus sensibles à la formation de salpêtre.

D'après un rapport de la société Arcadis, le bâtiment est fondé sur un radier général, moins sensible au risque d'effondrement. Néanmoins, une surveillance régulière de cette galerie et le confortement de la section G2-b devront compter parmi les priorités d'action. Pour diminuer l'humidité ambiante, il est impératif de rétablir l'aération du site, la bouche de ventilation pouvant être ouverte dans l'ancien accès muré donnant dans le local en sous-sol.

La galerie G3 est dans un état moyen, les tronçons non maçonnés étant soumis à la poussée des racines, aux décrochements nombreux de panneaux de loëss et, ponctuellement, à des infiltrations. Il conviendra de réparer le linteau cassé dans la descente d'escalier. Les traces d'infiltrations sont à surveiller, un marquage à la peinture permettra de vérifier si le phénomène est chroniquement actif où s'il s'agit d'évènements anciens. Cette galerie passe sous une zone très fréquentée, elle devra faire l'objet d'une surveillance accrue et de confortement dans les prochaines années.

L'ouverture d'une bouche d'aération (ouverture grillagée) au niveau de la porte d'accès depuis le local est souhaitable pour abaisser le degré d'humidité des galeries.

Afin de proscrire tout nouvel affaissement sur la section G3-b et dans l'objectif du projet visant à l'ouverture d'un accès à son extrémité nord-est, il est recommandé de prévoir un drainage des eaux de ruissellement provenant des pelouses et du parking, en insistant sur la tête du mur côté école, et à son pied, côté parking, associé à une étanchéité adéquate du parking et du pied de mur.

La galerie G4 est dans un bon état mais la cheminée devra faire l'objet de travaux d'aménagement. Il est recommandé soit de la réhabiliter, soit de sécuriser le conduit en réalisant en surface une dalle étanche empêchant l'eau de s'y infiltrer, et ce si elle débouche sous le parking à vélo (attention : problème d'humidité si on obture). Si le conduit débouche dans les espaces verts, une réhabilitation serait plus appropriée et, dans ce cas, il faudra veiller à l'équiper d'un tube couvert pour éviter tout ruissellement vers le souterrain.

La galerie G5 n'est sensible que dans la zone non maçonnée. La chute de panneaux de loess n'est pour l'instant que minime et probablement due au vieillissement des matériaux, mais la surcharge des grands pins devant l'école pourrait jouer un rôle défavorable. Il convient pour l'instant de surveiller régulièrement la zone. Un marquage à la peinture permettra de détecter tout signe évolutif.

La grande salle souterraine, bien qu'exceptionnelle par sa taille, représente aussi l'une des zones fragiles du réseau, à cause du faible recouvrement, de la grande hauteur et de la dissymétrie des surcharges reprises par la voûte. De plus, un des bouchons de cheminée semble s'affaisser face à l'une des portes d'entrée du bâtiment. Une protection provisoire a été recommandée mais la réalisation d'une dalle en béton armé au droit du désordre permettrait de protéger les passants du risque de chute.

À l'heure actuelle le BRGM ne connaît aucun projet concernant cette pièce du réseau, aussi s'avère-t-il nécessaire de prévoir sa destination finale (mise en valeur ou comblement) pour étudier, le cas échéant, les méthodes possibles de confortement.

La galerie G6 est dans un état de conservation remarquable grâce aux travaux engagés par la ville et ne fait pas l'objet de remarque particulière.

La galerie G7 a déjà connu des instabilités et des confortements dans les années passées. Elle pourrait, à terme, bénéficier de confortements complémentaires, mais sa position bordière peut justifier qu'elle soit traitée en dernier lieu. Dans l'attente, un suivi régulier de sa stabilité est nécessaire et, en cas d'évolution, il conviendra de mettre en place un périmètre interdisant l'accès aux espaces verts sus-jacents.

Le confortement de la galerie G7 ne pourra pas concerner son extrémité occidentale, tant que l'origine de l'affaissement qui affecte les cloisons ne sera pas connue. Le moment venu, des sondages de reconnaissance des vides devront être préconisés.

La galerie G8 présente quelques points de faiblesse mais pas de signe d'instabilité majeure. Dans l'attente de travaux de confortement, qui pour l'instant ne sont pas urgents, cette galerie devra faire l'objet d'un suivi régulier, en portant une attention particulière à la fissuration de la voûte et au développement des racines.

La galerie G9 est dans un état similaire à la précédente et ne nécessite pas de confortements urgents. À terme, elle devra être renforcée comme le reste du réseau pour limiter les possibles risques d'effondrement, mais en l'état, seule une surveillance régulière s'impose.

Les points sensibles qui pourraient être traités indépendamment sont les couloirs C3 et C5 qui présentent des signes d'instabilité, car fragilisés par le développement de racines. Ces couloirs pourront soit être renforcés par une maçonnerie ou une armature en béton armé, soit entièrement remblayés.

Des points restent en suspens, notamment les zones rendues inaccessibles entre les galeries G6, G7 et G8, dont la qualité du comblement reste inconnue. De plus, l'existence d'un passage entre le réseau de l'école et le réseau potentiel sous l'EM des Acacias n'est ni vérifié ni contredit. Si, comme le plan l'indique, une connexion existait sous la galerie G6, la stabilité de cette dernière serait à revoir et ce jusqu'en surface. Il faudra envisager, sans tarder, de procéder à des sondages de reconnaissance depuis la galerie G6.

Il est conseillé d'établir des objectifs clairs à propos de l'avenir du réseau, c'est à dire distinguer les tronçons qui peuvent éventuellement être conservés pour une utilisation future et les zones de moindre utilité qui pourraient être comblées définitivement. Les autres galeries ou sections devront bénéficier au minimum d'un gunitage voire de confortements plus conséquents.

A défaut, et conformément aux recommandations de la société Arcadis, les secteurs sensibles situés au droit des galeries (cour, accès, passage) pourraient faire l'objet de travaux de protection passive, par la mise en place de dalles en béton armé calculées pour résister à la formation d'un fontis (les « conditions de fontis » seront à définir au cas par cas).

Classement par priorité de traitement des galeries passant sous l'école Waltz

1 Interventions de type « grands travaux » (confortement ou comblement).

À traiter dans un délai court :

1. Grande Salle, priorité 1 ; confortement ou comblement
2. G3-b + G2-b, priorité 1 ; confortement
3. G3-a + G2-a, priorité 2 ; confortement
4. G5, priorité 2 ; confortement, comblement proposé
5. G8, priorité 3 ; confortement
6. G9, priorité 3 ; confortement

Zone de moindre urgence (sauf si évolution notable) :

1. C3, confortement
2. C5, comblement
3. C1, confortement
4. C2, confortement
5. G7, confortement
6. G4, comblement ou comblement proposé
7. Sondage sous G6

2 Interventions dites légères

Tous les traitements simples devront être mis en œuvre rapidement et indépendamment des grands travaux. Ils concernent :

1. La mise en sécurité, la réhabilitation ou la couverture des cheminées de la galerie G4 et de la grande salle, qui sont à réaliser dans les meilleurs délais ;
2. Les linteaux défectueux qui devront être repris par une poutre (B.A. ou fer H) ;
3. Les ouvertures des aérations dans les portes fermées ou murées des galeries G3-a, G2-a ;
4. Les zones d'infiltration dans la galerie G4 et les zones instables devront être marquées à la peinture ; ceci permettra de quantifier et de suivre les signes d'évolution.

2.2. RÉSEAU DE GALERIES DE L'HÔPITAL

La visite de contrôle de la galerie située sous l'hôpital a été réalisée le 14 février 2007.

La visite technique a été supervisée par Christian Mathon, Expert géotechnicien, accompagné de Davy Cruz Mermey Géologue au SGR Alsace.

2.2.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité



Figure 28 : Plan de localisation de la galerie

Depuis le sous-sol du bâtiment principal de l'hôpital part une galerie en baïonnette s'étendant sur un linéaire de près de 70 m (Figure 28). Après deux redans, la galerie passe sous le bâtiment de la chirurgie puis se termine sous le transformateur électrique.

Cet ouvrage est maçonné – béton armé – sur l'ensemble de son tracé. La forme de l'ouvrage et ses équipements rappellent les ouvrages militaires du début du XX^e siècle. Cette galerie est aujourd'hui utilisée comme galerie technique du centre hospitalier.

Le passage sous les équipements électriques hospitaliers et les réseaux électriques contenus dans cette galerie technique perturbent fortement le champ magnétique terrestre, ce qui a gêné les levés topographiques réalisés par le SSF en 2006 et par nos soins en 2007. Les orientations des galeries ne pouvant être notées à l'aide de la boussole, les directions ont été calées d'après les plans fournis par les services techniques de l'hôpital, en complétant les mesures et en ajoutant des observations (Figure 33).

2.2.2. Description et dimensions de l'ouvrage

La galerie technique de l'hôpital est dans un état très satisfaisant grâce à sa maçonnerie en béton datant probablement de la seconde Guerre Mondiale.

D'après un point d'observation dans le local technique du bâtiment de chirurgie, le toit de la galerie est à une profondeur estimée de l'ordre de 1,5 m.

Des câbles et des gaines longent la galerie avec quelques points d'entrée ou de sortie signalés par un polygone rose sur le plan (Figure 37). D'anciennes bouches d'aération aujourd'hui fermées sont situées à chaque extrémité de galerie ou en leur milieu. Ces cheminées étroites, d'un diamètre d'environ 10 à 15 cm, devaient déboucher en surface par le biais de conduits métalliques retirés depuis (Figure 36).

La galerie est large en moyenne de 1,4 m, avec quelques variations suivant les sections pouvant atteindre 1,75 m, pour une hauteur sous voûte de 2 m. La galerie est de section rectangulaire, se distinguant nettement des autres réseaux visités sur le territoire de la commune.

La visite s'est faite par temps pluvieux, ce qui a permis de constater de petites infiltrations. Ces dernières se concentraient préférentiellement aux deux extrémités de la galerie, à savoir :

- à l'entrée, où le technicien nous a rapporté qu'en cas de fortes pluies les infiltrations entraînaient des limons (Figure 29, Figure 31). Lors de la visite, les traces en question étaient toujours visibles. Cette zone correspond au pied de façade, où l'étanchéité et (ou) le drainage sont peut-être défectueux ;
- à 6,5 m de l'entrée, dans la première section, des infiltrations sortaient à la base du parement sud, marquant une limite entre deux passes de béton (Figure 32). L'eau était claire et d'un débit très lent ;
- la zone la plus humide était située à l'extrémité opposée de la galerie, sur les deux dernières sections qui s'arrêtent à proximité du transformateur ; les zones infiltrantes correspondent à un petit espace vert au nord du bâtiment de la chirurgie et à celui entourant le transformateur (Figure 35, Figure 34).

Toutes les infiltrations observées avaient un très faible débit. Aucun désordre franc ni aucune instabilité n'a été noté.

On signalera enfin une petite irrégularité pouvant accélérer l'altération du site. À l'extrémité sud de la première section, dans la zone qui a été comblée durant les années 1990, une descente d'eau en PVC récupérant les eaux pluviales déverse son contenu dans un puits d'infiltration dans les loëss, sans branchement au réseau (Figure 30).

Une autre salle à l'entrée de la section 2 a été comblée et son accès muré.

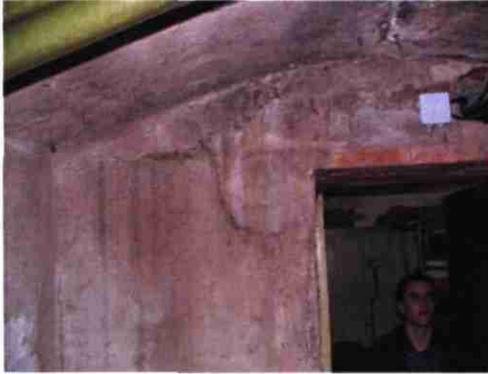


Figure 29 : Vue de l'entrée de la galerie avec les traces brunes d'infiltration de loess

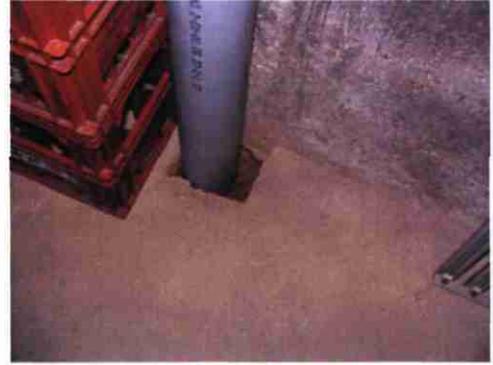


Figure 30 : Vue de la descente d'eau et de son puits d'infiltration dans la première section

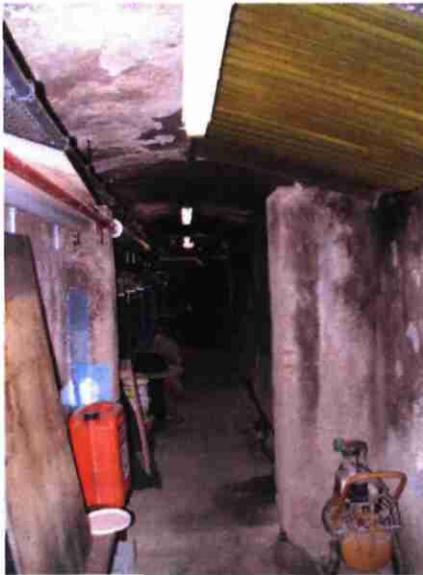


Figure 31 : Vue de la première section de la galerie, la « tôle ondulée » servant à se protéger des infiltrations en cas de pluies prolongées

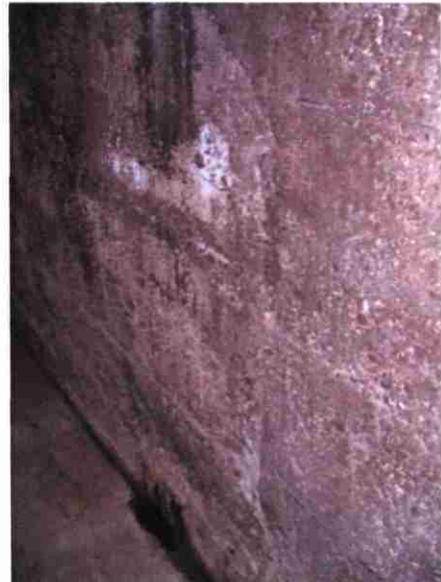


Figure 32 : Début d'infiltration dans la première section

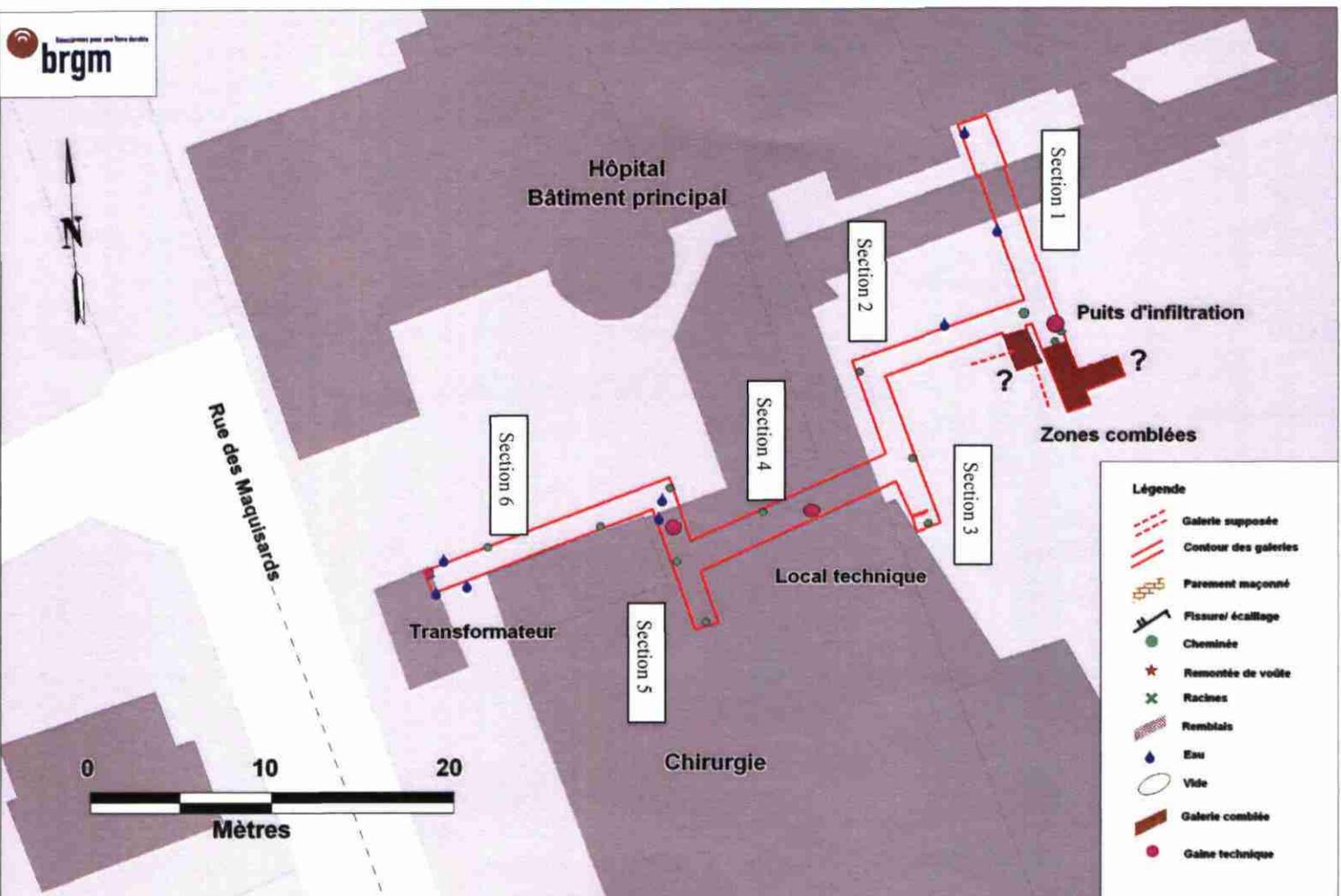


Figure 33 : Plan de la galerie avec les points d'observations

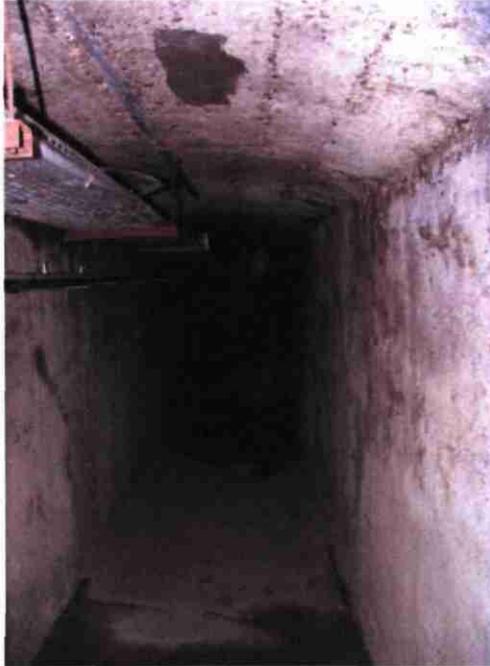


Figure 34 : Extrémité (section 6) de la galerie arrivant sous le transformateur avec les traces d'infiltration en bout de galerie

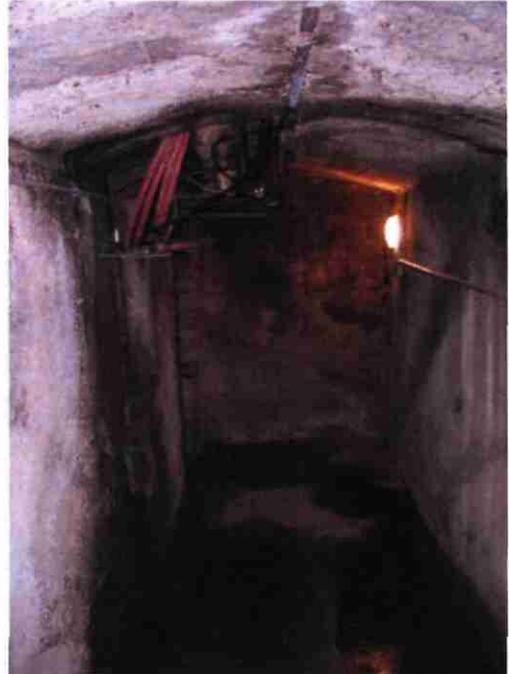


Figure 35 : Extrémité nord de la section 5 du réseau avec l'entrée ou sortie de la gaine technique et les infiltrations



Figure 36 : Exemple d'ancienne cheminée dans la section 1



Figure 37 : Extrémité (section 6) point de sortie ou d'entrée des gaines techniques sous le transformateur

2.2.3. Conclusions et recommandations

La galerie technique de l'hôpital est dans un état très satisfaisant et ne montre pas de signe de faiblesse dans ses structures.

Pour ce site, très superficiel car recouvert par à peine 1,5 m de sol, il est inutile de vérifier la remontée d'un vide qui en cas d'effondrement, serait certaine à cause d'une hauteur de vide supérieure à celle du recouvrement.

Les parements en béton armé garantissent pour l'instant la stabilité de l'ouvrage, sous le poids relativement faible des terrains de recouvrement. Seule l'altération des structures pourraient remettre en cause leur stabilité. Les visites régulières de ce site par les techniciens de l'hôpital permettent de signaler tout signe évolutif.

Afin de limiter la dégradation du site, il est toutefois recommandé de procéder à un contrôle des réseaux d'évacuation des eaux pluviales passant à proximité de l'entrée et d'empêcher toute infiltration par des techniques simples à mettre en œuvre, à savoir un re-profilage des espaces verts et une bonne gestion des eaux de ruissellement, qui doivent être drainées vers les réseaux prévus à cet effet, voire envisager de supprimer l'infiltration par la gouttière en PVC.

2.3. GALERIES DE LA RUE DU CHÂTEAU

La visite de contrôle de la galerie dite de la rue du Château a été réalisée le 14 février 2007.

La visite technique a été supervisée par Christian Mathon, Expert géotechnicien, accompagné de Davy Cruz Mermy Géologue au SGR Alsace.

2.3.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité

Il s'agit d'un réseau composé de 7 tronçons quasiment perpendiculaires empiétant sous la partie ouest de la rue du Château. Les deux tiers de ce réseau se situent sous une parcelle agricole (parcelle 5 de la section 15), mais le reste s'étend sous des jardins privés (parcelles 166 et 168 section 14). Les tronçons sont numérotés de 1 à 7, les impairs étant grossièrement orientés est-ouest alors que les pairs sont globalement sud-nord (Figure 38).

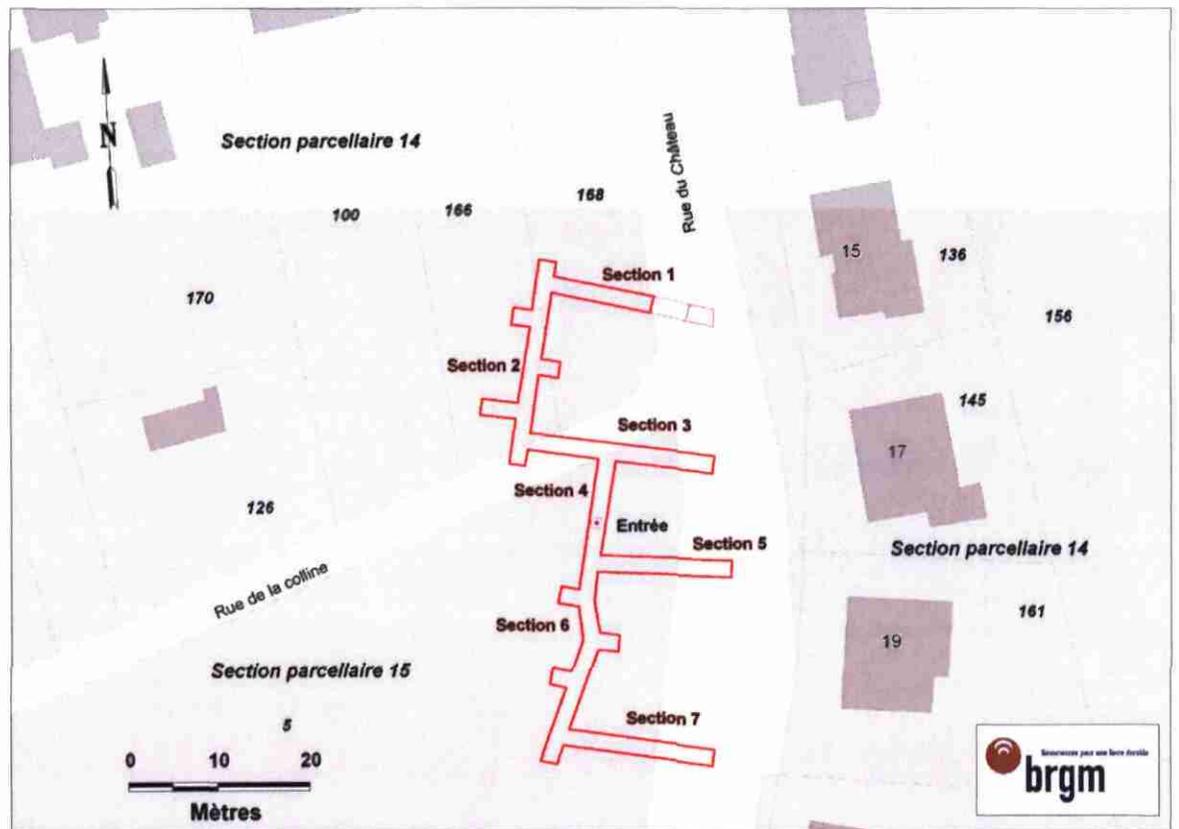


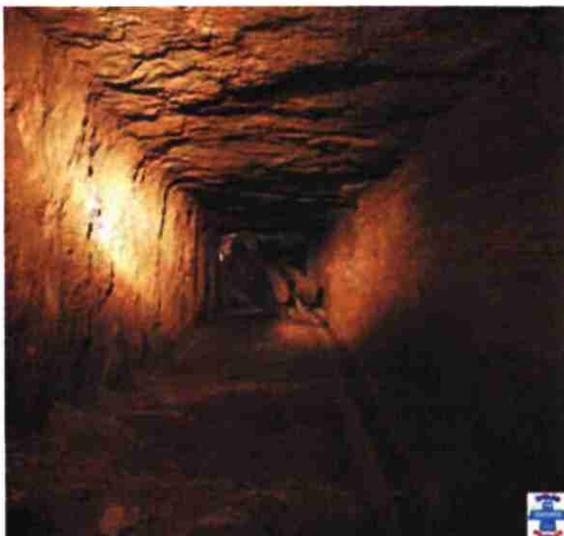
Figure 38 : Plan de localisation de la galerie

La topographie de ce réseau a été levée le 13 février 2006 par le SSF puis augmentée de mesures complémentaires effectuées par le BRGM. Un plan de géomètre avait été fourni par les services techniques de la ville en 2006 mais des différences importantes par rapport aux levés du SSF ont conduit à son abandon. Le plan a été digitalisé à partir des levés SSF puis recalé par une triangulation entre la bouche d'entrée et les pignons des maisons environnantes. La qualité du calage est moyenne mais ne peut être améliorée qu'avec l'intervention d'un géomètre.

Le défaut de calage tient en partie au plan de masse, car le fond cadastral dont le BRGM dispose n'est pas à jour. Ce dernier indique la jonction entre la rue du Château et la rue de la Colline, mais cette dernière est une impasse dont les 50 derniers mètres ne sont pas carrossables. De même, des différences apparaissent au niveau de la largeur de la route et des trottoirs, qui ne figurent pas sur le plan.

2.3.2. Nature de l'ouvrage et accès

Au vu de sa configuration en baïonnette, tout laisse à penser qu'il s'agissait d'un abri militaire ou d'un stockage à munition. Dans les zones non effondrées, les parois sont couvertes de suie et localement teintées de rouge, indiquant que le réseau a été le siège d'un incendie, ce qui corrobore l'idée d'un site militaire neutralisé probablement à la fin de la guerre.



Initialement, les accès donnaient directement dans la rue du Château par les tronçons 1, 3, 5 et 7. Leur dénivelé important suggère qu'il devait s'agir de descentes d'escalier. Aujourd'hui tous sont bouchés au niveau de la rue et de son talus et les galeries descendantes ont été comblées par des déversements de remblais de démolitions et de déchets (ferraille et bris de verre).

Figure 39 : Photo de la cheminée d'accès, document SSF

L'un de ces accès avait été ouvert par les services techniques de la ville au niveau du trottoir, mais aucun passage n'était permis. Un tas de remblais empêchait de progresser dans le reste du réseau.

Figure 40 : Ouverture dans une dalle en béton donnant accès au réseau de la rue du Château, document SSF



Pour pénétrer dans le réseau, le SSF a dégagé en 2006 une dalle en béton située dans le champ cultivé et l'a ouverte à l'aide de tirs à l'explosif (Figure 40). La dalle recouvrait une ancienne cheminée d'aération qui permet de descendre dans le tronçon 4, situé 13 m sous le niveau du sol (Figure 39). En-dehors des périodes d'intervention, l'accès est fermé par une grille scellée par un rocher pesant.

2.3.3. Description et dimensions de l'ouvrage

Le réseau cumule un linéaire de près de 140 m et ne présente aucune structure maçonnée ; le loëss est entièrement à nu, seules les cheminées sont armées de briques.

Le réseau a été creusé dans les niveaux tendres et argileux de la base des loëss, en suivant pour le toit un niveau compétent, « armé » par de grandes poupées de loëss, sorte de blocs calcaires aux formes tuberculeuses se développant naturellement dans les loëss. Cette couche plus résistante est en relief et permet d'évaluer les épaisseurs effondrées lorsque c'est le cas. Plusieurs niveaux de ce type ont été reconnus dans ces galeries.



Les trois tronçons pairs sont équipés de cheminées à partir desquelles il est possible de calculer ou d'évaluer l'épaisseur des terrains de recouvrement. Seule la cheminée du tronçon 4 a été ouverte en surface. Dans certains secteurs, les effondrements de voûte naissent sur ces niveaux durs, laissant apparaître en relief les blocs calcaires.

Figure 41 : Vue de la section 1 depuis son extrémité ouest

Tronçon 1

Le tronçon 1, large de 2 m, est un ancien accès descendant rapidement depuis la rue pour atteindre une profondeur d'environ 15 m sous la parcelle 168, dont elle ne dépasserait pas les limites. La descente est comblée sur la quasi-totalité de son tracé et son ouverture en surface est fermée par un bouchon de béton observable dans le talus de la rue côté amont (nord).

La galerie a pu être examinée sur une douzaine de mètres, après quoi la hauteur sous voûte ne le permet plus ; cette dernière atteint au maximum 1 m à son extrémité ouest (Figure 41).



À la jonction avec le tronçon 2, les angles sont intensément fracturés ; ces déformations sont typiquement des figures de compression (Figure 42).

Figure 42 : Vue de l'angle de la section 2 au croisement avec la première section

Tronçon 2

Le tronçon 2, long de près de 23 m, commence au sud de la parcelle 168, passe sous la bordure orientale de la parcelle 166 et s'arrête sous le prolongement du chemin de la Colline (Figure 38).

Cette galerie est dotée de 3 alcôves latérales, dont deux côté ouest ; ces cellules sont grossièrement réparties tout les 5 m. Le tronçon 2 s'étend au-delà de chaque connexion avec les sections 1 et 3 (Figure 47).

La galerie est large d'environ 2 m, sa voûte globalement effondrée laisse une hauteur résiduelle variant entre 1,8 et 1,3 m.

Les alcôves sont de taille variable :

- la plus au nord est large de 3 m pour une longueur entre 3,5 et 4 m et une hauteur sous voûte de l'ordre de 1,6 m ;
- l'alcôve intermédiaire est légèrement plus étroite de la forme d'un carré de 2,8 m de côté pour une hauteur de 1,6 m ;
- enfin la plus méridionale mesure 4 x 2,4 m et une hauteur maximum de 1,8 m (Figure 45).

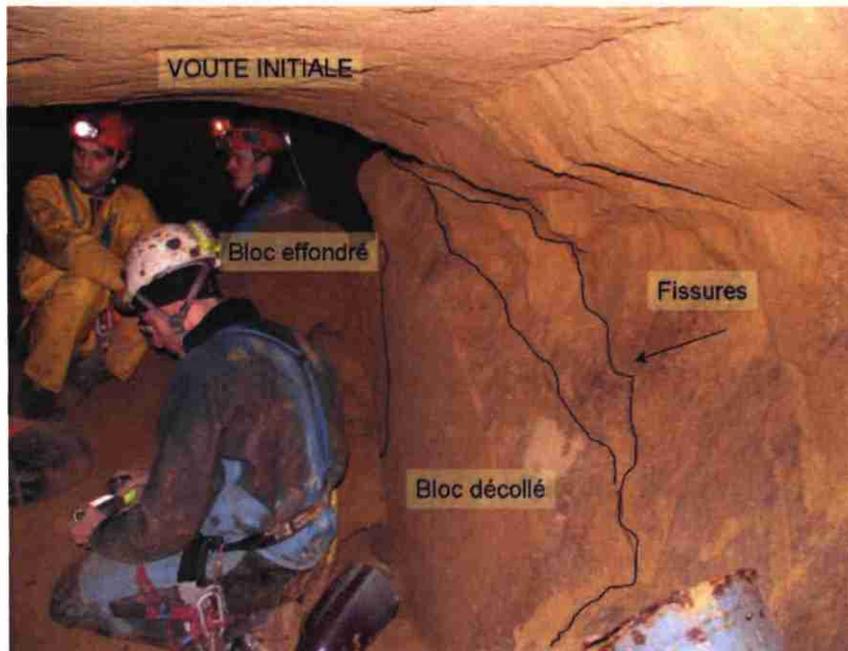


Figure 43 : Vue de l'angle de la section 2 au croisement avec la première alcôve nord, fortement fissuré

A une dizaine de mètres de l'extrémité nord, une cheminée permet de mesurer l'épaisseur minimale de recouvrement qui, à cet endroit, atteint 14 m. Cette cheminée devrait être située sous la parcelle 168 de la section 14 (Figure 44).

Dans les angles entre cette galerie et ses alcôves, où les sections sécantes sont fissurés, les figures correspondent typiquement à de la déformation par compression (Figure 43).

Tronçon 3

Le tronçon 3 s'étendrait depuis la bordure méridionale de la parcelle 166, passerait sous le chemin de la Colline et se terminerait sous la bordure occidentale de la rue du Château.

Comme le tronçon 1, il permettait autrefois d'accéder depuis la rue au réseau souterrain par le biais d'une descente qui, on le suppose, devait être équipée d'un escalier. En surface, cet accès n'est pas repéré et a dû être bouché par du béton grossier. La descente est remblayée par des gravats et des déchets variés, interdisant son investigation au-delà des six premiers mètres partant de sa connexion avec le tronçon 4 (Figure 48).

Les spéléologues se sont faufilés dans la descente en 2006 et ont pu mesurer qu'elle atteint une longueur minimale de 11,5 m.

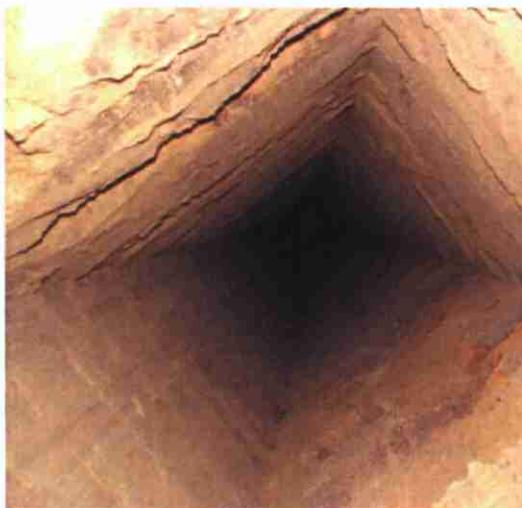


Figure 44 : Vue du conduit de la cheminée d'aération de la section 2

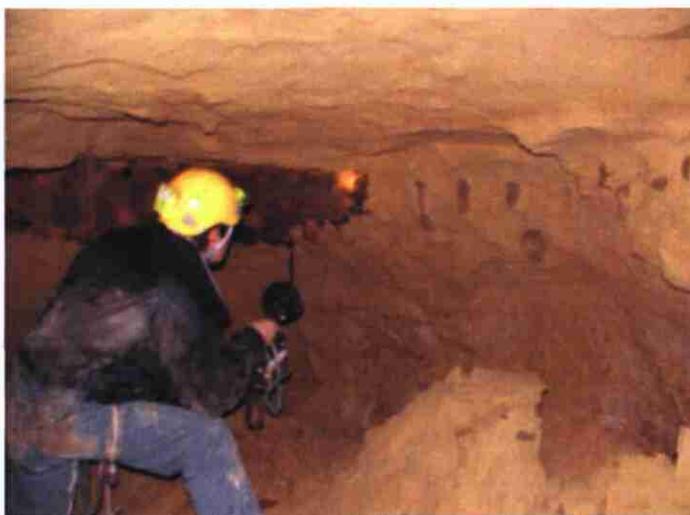


Figure 45 : Vue de l'alcôve septentrionale dont l'ancien parement est marqué d'une teinte rouge probablement à cause d'un incendie

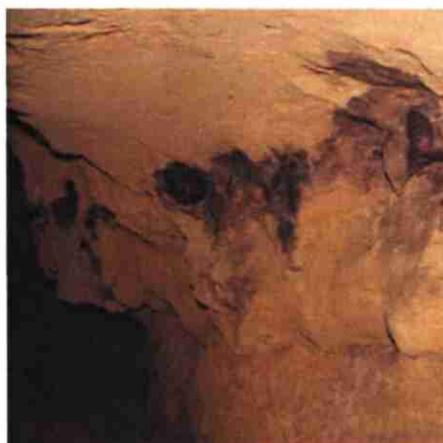
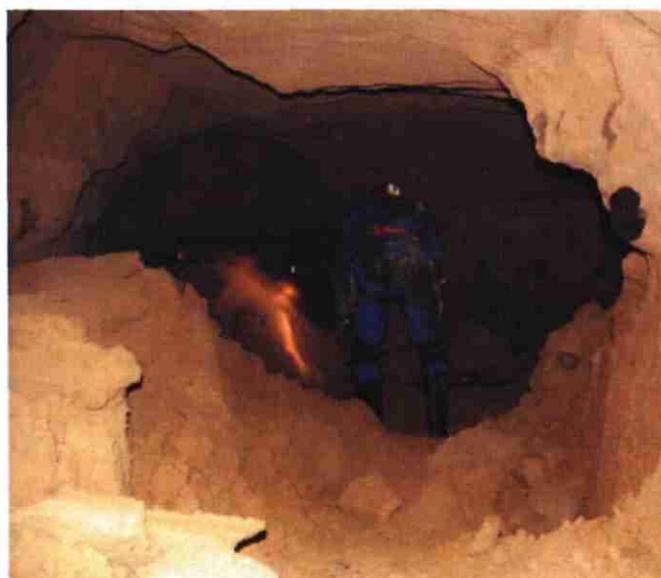


Figure 46 : Détails d'une paroi de la section 2 ; à la base, les niveaux tendres et argileux, surmontés par le banc dur à pouppées de lœss qui est souligné par les dépôts de suie

Figure 47 : Vue de la partie sud de la section 2. À gauche du spéléologue, l'alcôve médiane. Point remarquable : l'épaisseur des lœss effondrés à gauche



La partie centrale du tronçon 3, bien qu'encombrée de blocs tombés, est relativement plane avec 1,6 m de voûte pour une largeur comprise entre 1,7 et 1,9 m (Figure 49).



Rapidement, le tronçon 3 s'approfondit vers l'ouest pour atteindre le tronçon 2, situé près de 5 m plus bas. L'épaisseur des terrains de recouvrement serait, dans la section plane et au débouché de l'ancienne descente d'escaliers, d'environ 9 m.

Dans la descente qui mène au tronçon 2, la hauteur sous la voûte passe de 1,6 m à son extrémité ouest à 2,2 m en son milieu, puis chute rapidement à 1,3 juste avant de s'ouvrir sur le tronçon 2.

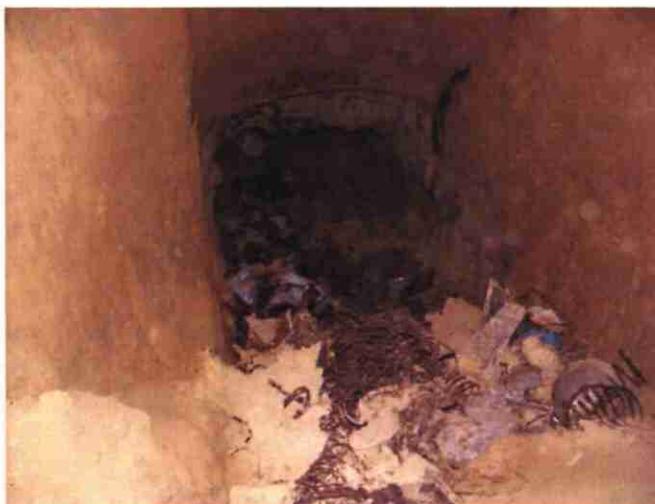
Figure 48 : Vue l'ancienne descente du tronçon 1 bouchée par des remblais divers



Figure 49 : Vue de la zone centrale du tronçon 3 ; à gauche se trouve l'intersection avec le tronçon 4

Tronçon 4

Le tronçon 4 est limité par ses intersections avec les tronçons 3 et 5, passant en partie sous le chemin de la Colline et s'étendant en majeure partie sous la parcelle agricole (Parc. 5 – Sect. 15). L'accès actuel au réseau se fait donc par la cheminée de cette galerie située au tiers sud de son tracé.



La cheminée débouche sur le point le plus bas du tronçon. Ce dernier est composé de deux ramifications réparties de chaque côté de la cheminée.

La section nord, longue d'environ 7 m, est marquée par un fort dénivelé (~30°), montant vers la section 3 située 4 m plus haut.

De la cheminée d'accès au tronçon 3, le sol est jonché de débris métalliques (Figure 50).

Figure 50 : Vue de la zone nord centrale du tronçon 4, depuis le tronçon 3

La partie sud du tronçon 4 remonte en direction du tronçon 6. Sur son extrémité méridionale, la voûte est effondrée sur toute sa longueur, ne laissant qu'un passage très étroit de 0,4 à 0,9 m (Figure 51).

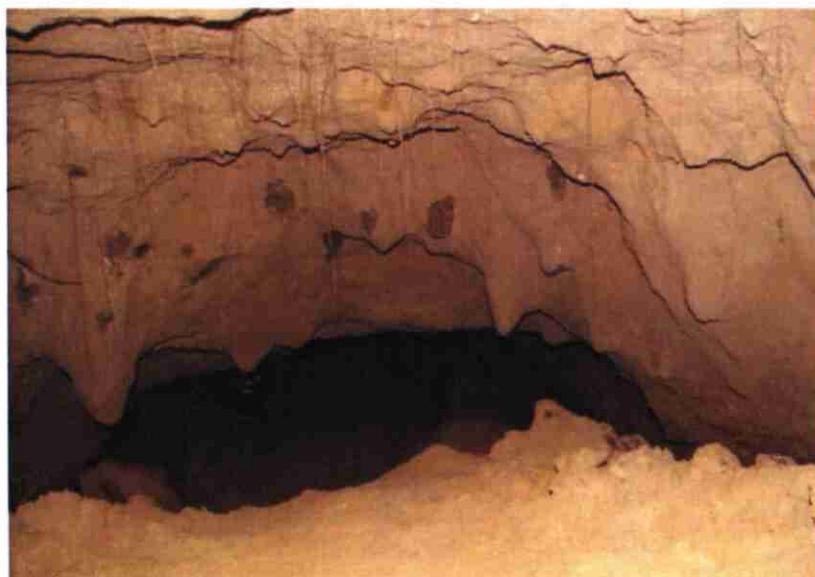


Figure 51 : Vue de l'extrémité sud du tronçon 4 en connexion avec les tronçons 5 et 6

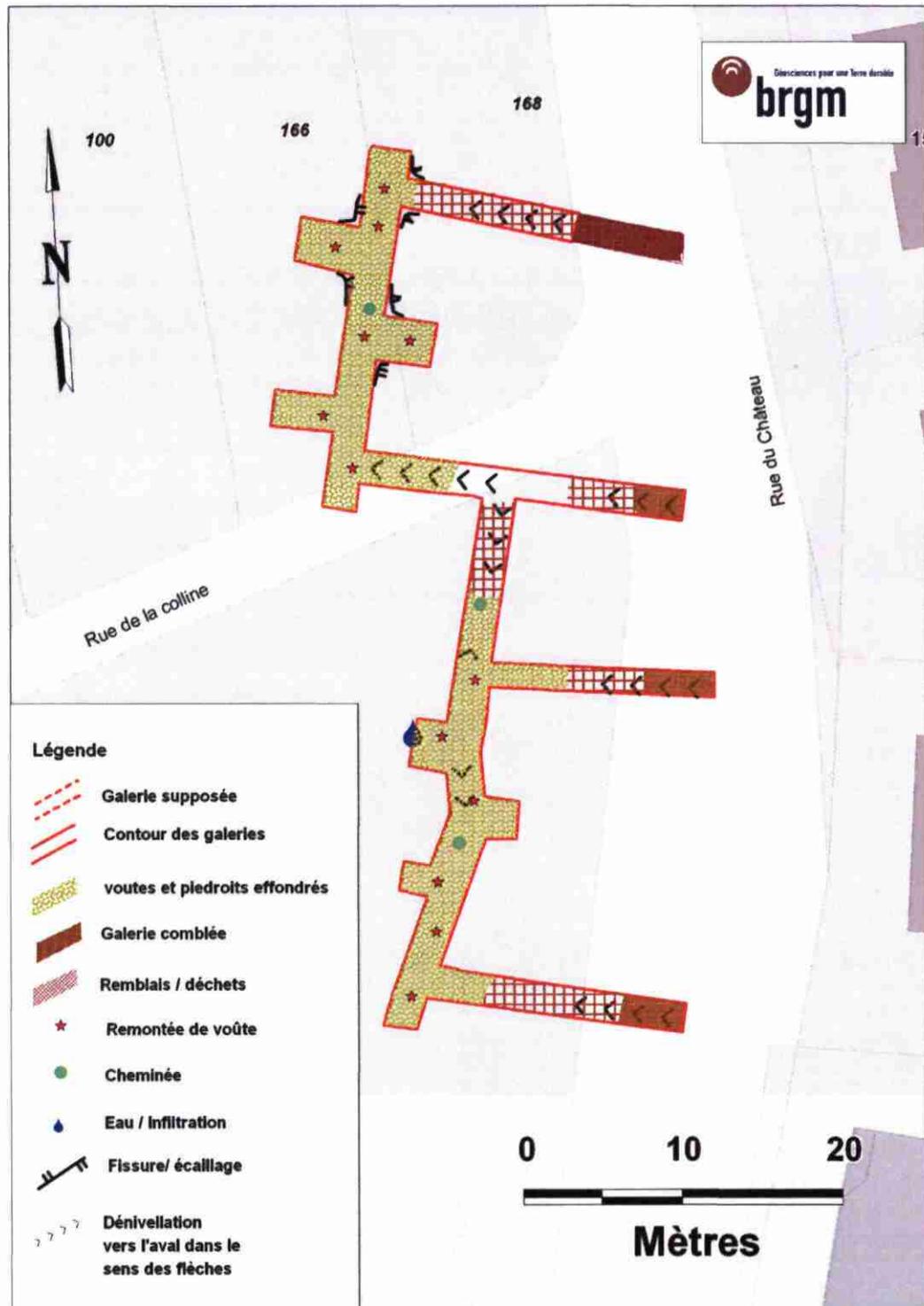
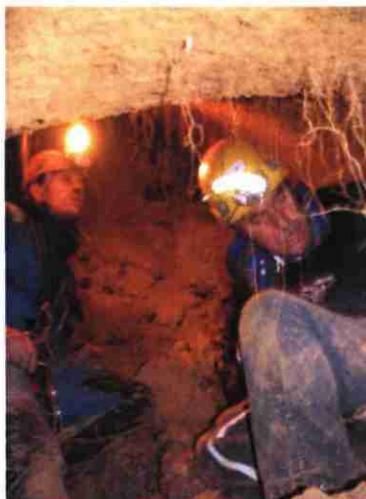


Figure 52 : Plan de la galerie avec les points d'observation de février 2007

Tronçon 5

Le tronçon 5 est un ancien accès qui, partant de la route, atteignait le réseau situé près de 9 m plus bas. L'essentiel de cette galerie est contenu sous la parcelle agricole.



Sa déclivité avoisine les 39° et le cheminement se fait sans trop de mal sur une dizaine de mètres. Les spéléologues ont pu se faufiler sur les remblais sur une quinzaine de mètres – soit près de 11 m en plan – avant de buter sur un bouchon impénétrable.

La section de cette galerie s'amenuise en remontant sur les remblais en direction de la route, passant de 1,90 m de large côté ouest à moins de 1,5 m côté est.

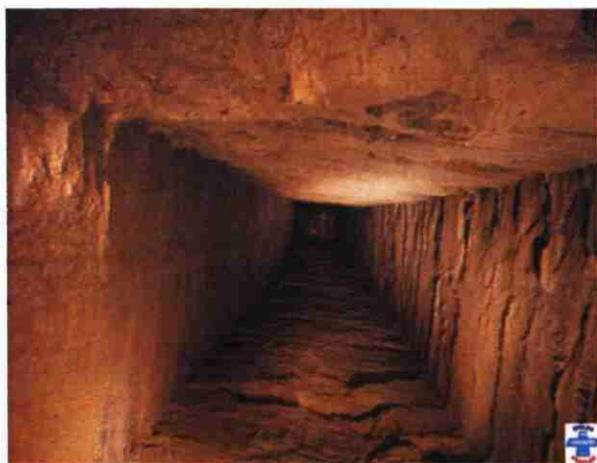
La hauteur très faible à son entrée côté ouest – 0,9 m – s'agrandit localement pour atteindre 1,5 m dans les premiers mètres avant de se fermer totalement (Figure 53).

Figure 53 : Exigüité de l'entrée de la section 5

Tronçon 6

Le tronçon 6 se situe dans la continuité de la partie méridionale du tronçon 4, restant sous la parcelle agricole n°5 – section 15 – sur près de 14 m de long et une largeur moyenne de 2,5 m.

Ce tronçon est équipé d'une cheminée au conduit maçonné, obturée en tête et non localisée en surface. Elle a permis de mesurer le recouvrement, qui y atteint 10 m (Figure 54).



Sa voûte est effondrée sur toute sa longueur et la progression se fait sur des monticules vallonnés de loess, laissant moins de 1 m d'espace sous la voûte (Figure 55, Figure 56).

Figure 54 : Conduit de la cheminée de la section 6. Photo SSF 2006. On ne voit pas de maçonnerie.

Cette galerie est à l'image du tronçon 2, dotée de 3 alcôves dont deux sur son côté ouest. La plus grande des alcôves est celle située le plus au nord, avec une largeur de près de 3 m pour une profondeur de 2,5 m. Les cellules méridionale et médianes sont de même taille, soit 2 x 2,5 m. Toutes sont effondrées et leur hauteur résiduelle sous voûte, de l'ordre du mètre.

À noter des traces d'inondation et de ruissellement dans l'alcôve nord (Figure 57) ; l'origine de ces eaux n'a pu être identifiée.



Figure 55 : Exigüité de la section 6

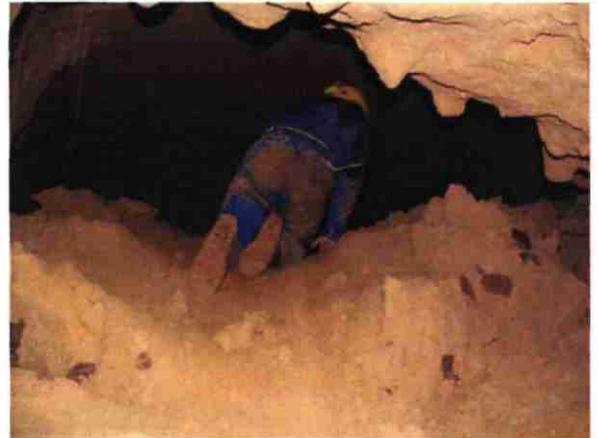


Figure 56 : Voûte effondrée de la section 6

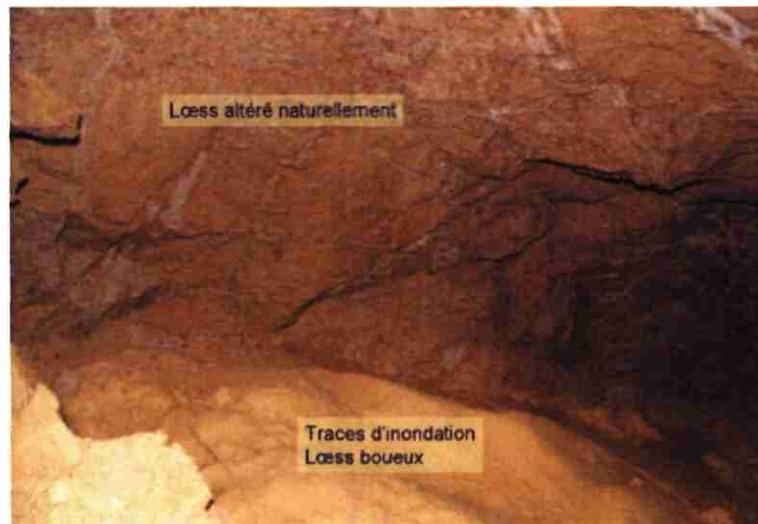


Figure 57 : Vue du fond de l'alcôve septentrionale du tronçon 6, marquée par des traces d'inondation

Tronçon 7

Le tronçon 7, à l'image des autres tronçons impairs, est un ancien accès depuis la rue du Château dont l'entrée a été remblayée et bouchée (Figure 58). Cette galerie s'étend principalement sous la parcelle agricole (parcelle 5, section 15).

Dans celle-ci, le remblai est un tout-venant alluvial (gravier roulés) suggérant une mise en place plus tardive que dans les autres galeries de ce type. Ces remblais sont particulièrement humides et couverts localement par un loess boueux montrant des traces d'écoulements (Figure 59).

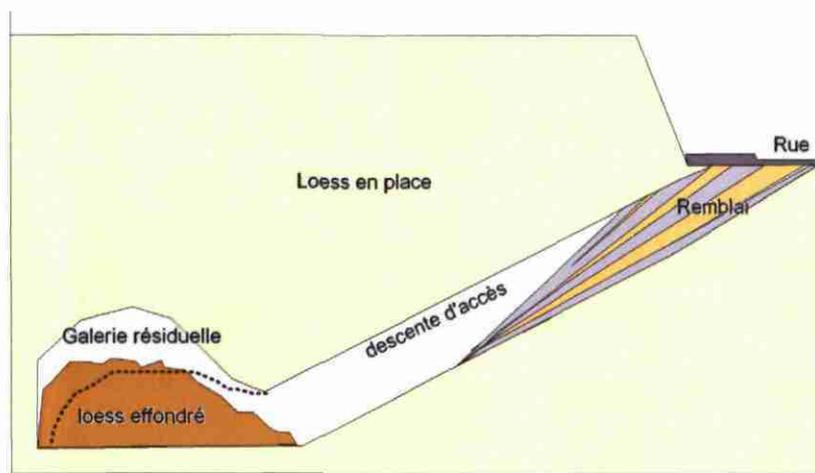


Figure 58 : Schéma d'une vue en coupe d'une galerie d'accès – échelle non respectée

Au sommet du remblai, on a pu observer une conduite, probablement d'assainissement, ce qui confirme la position de la galerie sous la chaussée.

Celle-ci, dont la largeur varie entre 1,7 et 2 m, ne présente pas de désordres notables



dans sa majeure partie et la hauteur sous voûte est de l'ordre de 2 m. Cette hauteur diminue rapidement avec le cône du remblai côté est, mais également côté ouest. En effet la connexion avec l'extrémité effondrée du tronçon 6 se fait par un étroit boyau de 70 cm de haut.

Figure 59 : Vue de l'extrémité orientale du tronçon 7. À noter, l'aspect boueux du loess

2.3.4. Évaluation des remontées de vide potentielles

Les calculs indiquent qu'en cas de formation d'une cloche de fontis dans les galeries souterraines, seuls les tronçons 3 et 4 verraient la remontée d'un vide jusqu'en surface. Ces calculs ont été faits sur les secteurs présentant la plus grande hauteur de voûte, à savoir la partie ouest du tronçon 3 et la partie nord du tronçon 4. Sur ces deux tronçons, les galeries, quasiment intactes, présentent une section de 2,2 m x 1,9 m sous une couverture épaisse de 10 à 11 m.

Sur les autres tronçons (1, 2, 5, 6 et 7), plus profonds et présentant une ouverture plus faible, l'auto colmatage par foisonnement des matériaux éboulés stopperait la progression des montées de voûte avant qu'elles atteignent la surface.

Les anciennes galeries d'accès s'auto colmateraient globalement mais l'imprécision sur le positionnement des secteurs situés sous le talus, en limite du champ agricole et de la rue, ne permet pas de se prononcer précisément sur leur impact potentiel en surface.

Ces calculs ne prennent en compte que les données connues à ce jour.

2.3.5. Conclusions et recommandations

Le réseau dit « de la Rue du Château » est dans un état de stabilité précaire et près de la moitié de ses galeries se sont déjà effondrées.

Au nord, ce réseau s'étend sous des parcelles privées (166 et 168), actuellement à l'état de pelouse ; les modélisations n'indiquent pas de remontées de vides francs. Le problème pourrait venir du conduit de cheminée du tronçon 2, qui à ce jour n'a pas été repéré en surface.

Sous la parcelle agricole, la quasi-totalité des tronçons est déjà effondrée, mais d'après les modèles de calcul de remontées de fontis, seuls les tronçons centraux (3 et 4) pourraient générer des fontis dommageables en surface.

L'extension de la rue de la Colline, aujourd'hui enherbée, pourrait être soumise à la remontée d'un vide par l'effondrement du tronçon 3.

La rue du Château, dont la moitié ouest est ponctuellement traversée par les anciennes entrées des galeries bouchées, ne subirait pas d'effondrement franc. Ce constat est établi d'après les données disponibles, notamment sur les limites orientales du réseau.

Enfin, les calculs de remontées de fontis ne prennent pas en compte les effets d'une inondation des réseaux souterrains. Effectivement, la saturation des loëss – en place comme effondrés – implique de grands changements dans la structure de cette roche, modifiant son comportement et en particulier son coefficient de foisonnement.

Les enjeux en surface sont relativement faibles (parcelle agricole) à cause de l'usage et de la fréquentation de la zone la plus sensible, c'est-à-dire aux droits des tronçons 4 et 3. Pour ces raisons ce site ne justifie pas, à l'heure actuelle, la nécessité de travaux de confortement.

Un contrôle des réseaux d'évacuation le long de la rue du Château doit être envisagé, toute fuite ou anomalie détectée (flash, fissuration, déboîtement) devant être traitée. Une attention particulière devra être apportée notamment en termes de déformation à cette rue. En cas de travaux, les entreprises ou services chargés de la réfection de la chaussée devront être avertis de l'existence de ces galeries.

Une information préventive des riverains, propriétaires et usagers doit être engagée. La signalisation du risque spécifique sur le secteur est préconisée.

2.4. GALERIES FILANTES - SECTEUR DU MONUMENT AUX MORTS

Les galeries dites « du secteur du Monument aux Morts » ont fait l'objet d'une intervention du BRGM le 16 février 2007.

La visite technique a été supervisée par Davy Cruz Mermy, Géologue au SGR Alsace ; l'assistance sécurité de l'intervention était confiée à l'équipe du SSF.

2.4.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité

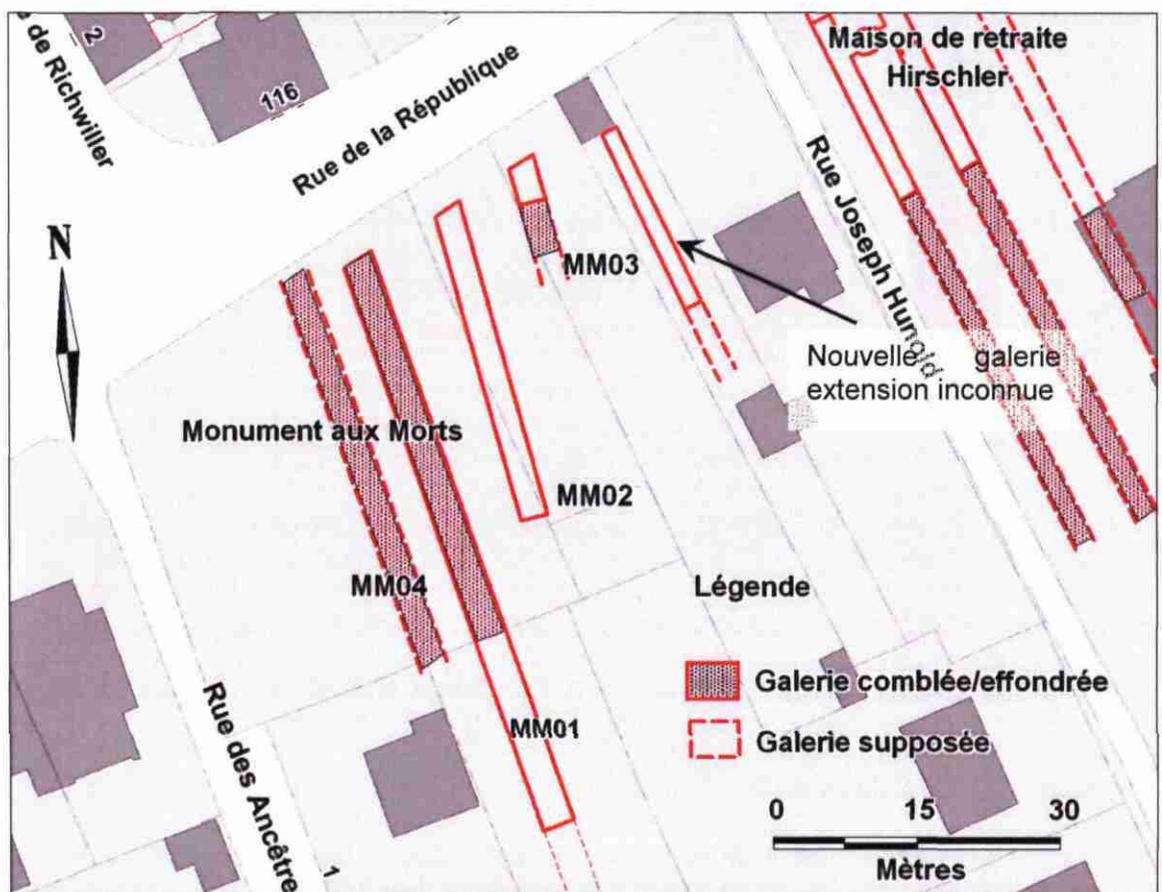


Figure 60 : Plan de localisation des galeries connues et supposées dans le secteur du Monument aux Morts

Le secteur du Monuments aux Morts est confronté à une forte densité d'ouvrages souterrains. 4 sont connus et 1 supposé ; ils sembleraient avoir été terrassés ou comblés lors de l'édification du mémorial (MM04) et de l'aménagement de ses abords (Figure 60).

Parmi ces quatre galeries filantes, trois ont été visitées en 2006 par le SSF (MM01, MM02, MM03) ; le comblement partiel de la galerie MM01, en 2006, sous la propriété communale, ne permet plus d'accéder à sa partie sud (domaine privé) passant sous le jardin de la propriété au n°1 de la rue des Ancêtres, et qui serait à près de 5 m de la maison.

La galerie MM03 est bouchée 1 m après son entrée sans que l'on puisse se prononcer sur son extension et sur la présence de vide résiduel.

Une nouvelle galerie, longue d'au moins 20 m et partant d'un garage, a été découverte à l'Est de la galerie MM03. À l'heure actuelle, le propriétaire n'a toujours pas donné son accord pour qu'elle soit investiguée.

La galerie, référencée MM02, est la dernière à être accessible sur toute sa longueur. Partant depuis la parcelle 25 de la section 13, elle empiète sous la parcelle 8 (Monument aux Morts) de la même section. Seule cette galerie fait l'objet du présent rapport (Figure 61).

2.4.2. Description et dimensions de l'ouvrage

Partant du trottoir de la rue de la République, à proximité immédiate du parc du Monument aux Morts, face au n°102 de la rue, cette galerie filante s'étend sur 32 m de long (Figure 61). L'entrée est revêtue d'un parement en briques sur moins d'un mètre et est séparée du reste de la galerie par une cloison maçonnée. L'entrée de la galerie avoisine 1,9 m de haut pour une largeur de près de 2,2 m. Au niveau de la cloison, le toit de la galerie descend de chaque côté à 1,3 m (Figure 61, Figure 62).

À environ 3 m de cette cloison, on rencontre les premiers déblais d'un effondrement important de la voûte qui s'étend sur plus de 5,40 m de long et occupe toute la largeur de la galerie. Cette dernière passe de 2,3 m avant l'effondrement à 2,8 m au cœur de la zone déstabilisée. La remontée de voûte s'est en effet accompagnée d'un élargissement de la galerie suite à l'effondrement de ses piédroits. L'épaisseur de recouvrement initial passe de 2,5 à 3 m entre l'entrée et la terminaison sud, mais au plus haut de la montée de voûte, l'épaisseur des terrains de recouvrement est estimée à 1,2 m seulement, avec vide résiduel de moins d'un mètre entre le tas de déblais et le haut de la cloche de fontis.

La zone effondrée présente de nombreuses racines qui ont de toute évidence participé à la dégradation de la tenue de la voûte (Figure 64, Figure 65).

En s'éloignant de la zone effondrée, la hauteur de la galerie augmente rapidement pour atteindre 2,5 à 2,7 m pour une largeur moyenne de 2,75 m.

A 17,5 m de l'effondrement, une cheminée fermée par une plaque en surface a permis de mesurer l'épaisseur de recouvrement, qui atteint 3 m. Ladite plaque est censée se situer en bordure de la parcelle du parc du Monument aux Morts (Figure 67), mais n'a pu être localisée en surface.

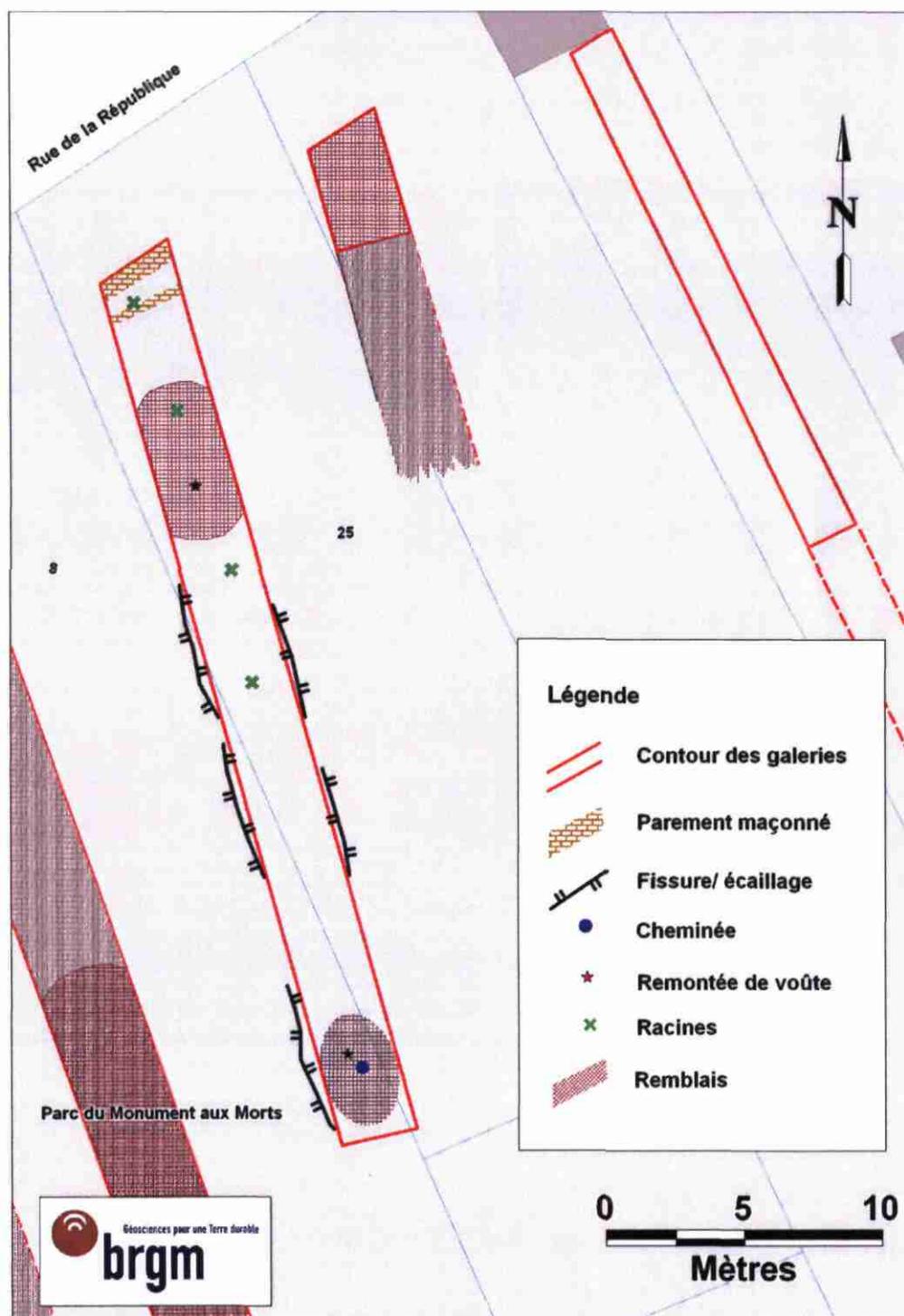


Figure 61 : Plan de la galerie avec les points d'observations

A une douzaine de mètres de l'entrée, les piédroits de la galerie présentent des décollements de panneaux sur plusieurs mètres de long, et entre la cheminée et l'extrémité méridionale de la galerie, de petits effondrements affectent la voûte (Figure 66, Figure 68, Figure 69).



Figure 62 : Porte extérieure murée

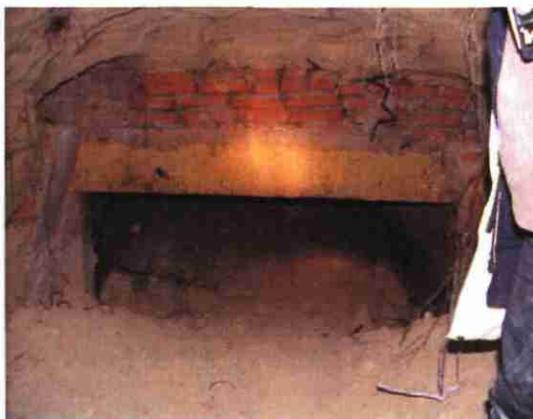


Figure 63 : Sas d'entrée de la galerie MM02

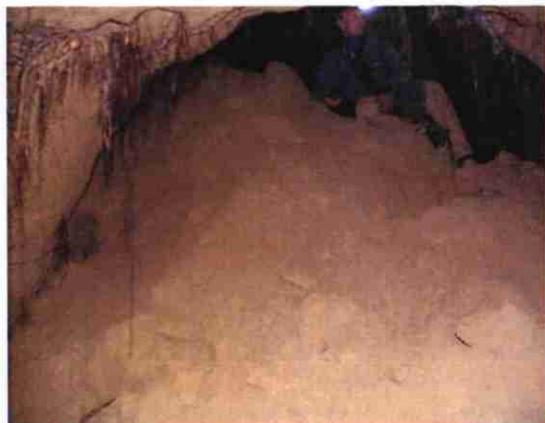


Figure 64 : Vue de l'effondrement



Figure 65 : Détail de l'action des racines dans les plans de décollements au niveau de la voûte



Figure 66 : Vue générale de la galerie ; à noter sur le côté gauche, les décollements naissants



Figure 67 : Vue de la cheminée fermée par une plaque métallique

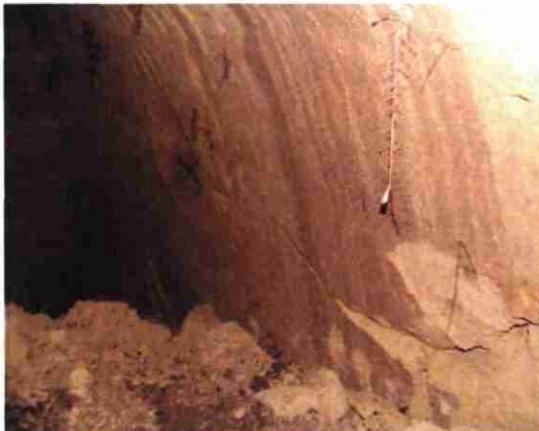


Figure 68 : Écaillage et fissuration des piédroits



Figure 69 : Action des racines favorisant les décollements de panneaux des piédroits

2.4.3. Les autres galeries du secteur du Monument aux Morts

Concernant les autres galeries de ce secteur, il est actuellement impossible de se prononcer sur la galerie MM03 qui ne peut être investiguée car obturée à son entrée.

La galerie MM01 a été comblée en partie et son accès accidentel est désormais condamné. Elle a été visitée pour la dernière fois par les équipiers du SSF en décembre 2005. Cette galerie résiduelle s'étend sous la propriété de la famille Harmpach sise au n°1 de la rue des Ancêtres et, bien qu'elle soit inaccessible, une analyse basée sur les observations de 2005 peut être réalisée.

À l'époque, le SSF décrivait une galerie longue de 40 m depuis le fontis, dont près de la moitié a été mise en sécurité sur le domaine public à l'automne 2006.

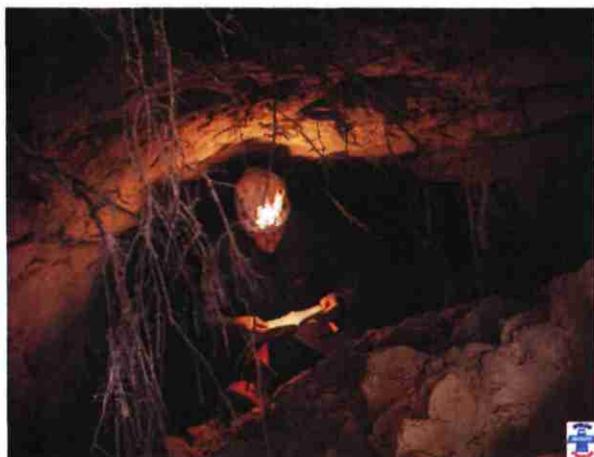
Ce boyau présentait une section de 3,3 m de large pour une hauteur de l'ordre du mètre et sous un recouvrement de 4,5 m ; cette dernière valeur étant issue des sondages de reconnaissance réalisés par la société Arcadis en janvier 2006.

Selon les rapports du SSF, ce tronçon de galerie était en très mauvais état ; toute la section non remblayée était effondrée, la progression se faisant dans le vide résiduel, sur les produits éboulés.



Figure 70 : Vue du vide résiduel de la galerie MM01

2.4.4. Calcul des remontées de vide potentielles



Les calculs indiquent tous qu'en cas de formation d'une cloche de fontis d'un rayon de 1 mètre, toutes les sections non maçonnées de la galerie sont de nature à provoquer l'apparition d'un vide en surface.

Ces calculs sont vérifiés par l'effondrement en cours qui arrive à terme et provoquera certainement l'apparition d'un fontis en surface.

Figure 71 : Vue de de la galerie MM01

Concernant la galerie résiduelle MM02 passant sous le jardin au N°1 rue des Ancêtres, les résultats sont mitigés. En effet, en reprenant les caractéristiques de la galerie telles que décrites précédemment, le jardin ne subirait pas d'effondrement franc dans l'hypothèse d'un coefficient de foisonnement de 1,4, mais si ce coefficient descend en dessous de 1,3, un fontis se formerait dans le jardin, bien que son amplitude resterait faible, de l'ordre de 30 cm.

2.4.5. Conclusions et recommandations

La galerie est dans un état de délabrement avancé et la montée de voûte en cours au droit de l'effondrement ne tardera pas à atteindre la surface en provoquant un fontis.

Dans cet ouvrage, on observe nettement l'action des racines qui, par leur croissance, s'immiscent dans les fractures préexistantes, souvent tectoniques ou gravitaires, écartant les lèvres des fissures jusqu'à leur rupture. Dès lors que la galerie a été endommagée, les désordres se poursuivront jusqu'à l'effondrement total.

Au cas où surviendrait un effondrement, les surfaces affectées seraient des espaces verts et une aire de sport privée.

Il conviendra donc d'avertir les propriétaires et usagers des risques encourus.

Si des travaux de comblement ne sont pas engagés, un balisage adapté, délimitant la zone de risque pour en interdire l'accès, serait suffisant en attendant l'effondrement de la zone instable.

En revanche, dès l'apparition de l'effondrement, il sera recommandé de ne pas procéder à la mise en place d'un simple bouchon de remblais mais de combler la totalité des vides résiduels que représenteront les zones non effondrées. Un comblement par méthode traditionnelle (terrassement, remblaiement) est envisageable.

Concernant les autres galeries de ce secteur, il est actuellement impossible de se prononcer sur la galerie MM03 et ses risques associés. Une campagne de sondages dans l'alignement de l'entrée pourrait permettre de déterminer l'existence de vides résiduels et leur importance qui, si la situation l'imposait, devraient être comblés.

Les vides résiduels de la galerie MM01 ont été visités pour la dernière fois par les équipiers du SSF en 2005. Cette galerie, aujourd'hui inaccessible, s'étend sous la propriété de la famille Harmspach sise au n°1 de la rue des Ancêtres. Le processus d'effondrement de cette section est en cours et d'après les modèles de calcul, il est difficile de se prononcer sur la remontée ou non du vide en surface. Cependant, s'il devait se produire, son amplitude serait relativement faible. Le comblement de cette galerie par l'injection d'un coulis spécial permettrait d'éliminer définitivement tout risque de remontée de vide en surface.



2.5. GALERIES DE LA MAISON DE RETRAITE HIRSCHLER

La visite de contrôle technique des galeries passant sous les terrains de la maison de retraite Hirschler a été réalisée le 16 février 2007.

La visite technique a été supervisée par Davy Cruz Mermy, Géologue au SGR Alsace, l'assistance sécurité de l'intervention étant confiée à l'équipe du SSF.

2.5.1. Rappel

Le réseau de galerie dit « de la maison de retraite » a fait l'objet de travaux et fut le premier site sur lequel le BRGM est intervenu, en 2004, pour l'instruction du dossier de demande de reconnaissance de Catastrophe Naturelle, suite aux effondrements des galeries souterraines qui avaient notamment affecté l'aile occidentale du bâtiment principal, les parkings et les espaces verts en bordure de la rue Joseph Hunold.

Le bâtiment fut également touché par l'effondrement du plancher du cellier, descendu subitement de 2 à 3 m (Figure 72, Figure 73, Figure 74, Figure 75).

Les effondrements survenus à l'extérieur du bâtiment correspondaient exactement aux galeries dont les accès se trouvent sur la rue de République et, d'après les témoignages, étaient situés au niveau d'une intersection de deux galeries. En revanche, l'effondrement du cellier ne coïncidait pas avec les galeries telles que nous les connaissons aujourd'hui, aussi la présence d'une troisième galerie est suggérée, hypothétiquement dessinée parallèlement aux deux premières mais qui pourrait fort bien leur être perpendiculaire. Aucune donnée d'archive n'a permis de préciser ce point.

Les effondrements avaient été traités par la mise en place d'un bouchon de remblais, sans que soient cartographiées les extensions des ouvrages souterrains. Depuis ces travaux, les terminaisons de ces galeries sont inaccessibles ; seules les deux galeries jumelles sont visitables sur un peu plus d'une vingtaine de mètres.



Figure 72 : Résidence R. Hirschler, vue du Pignon nord-ouest



Figure 73 : Effondrement du cellier en 2002

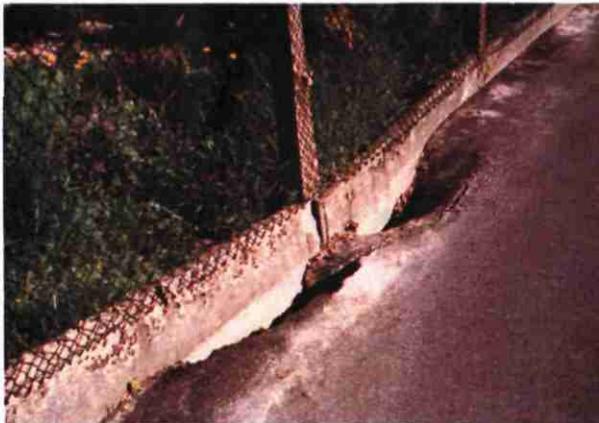


Figure 74 : Désordre résiduel en 2004 après le comblement d'une partie de la galerie occidentale



Figure 75 : Coupure de presse de l'effondrement à l'ouest du bâtiment en 2002

2.5.2. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité

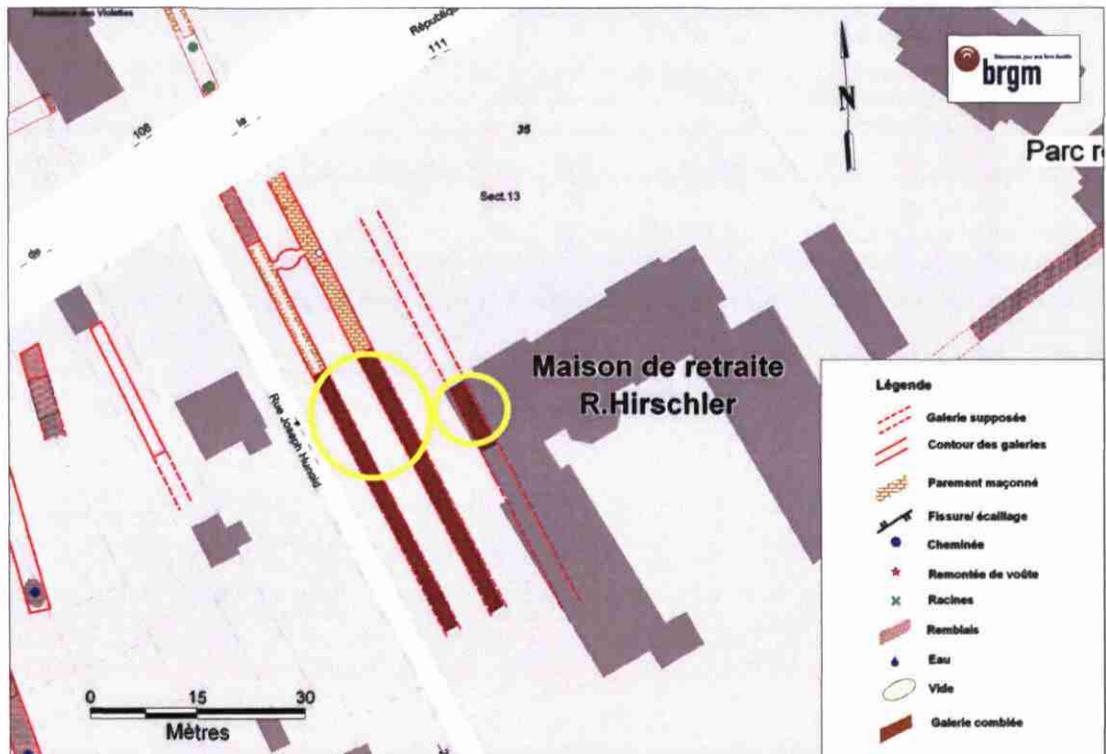


Figure 76 : Plan de localisation de la galerie ; en jaune les zones effondrées en 2002

Les deux galeries jumelles de la résidence Hirschler sont situées sur la parcelle 35 de la section 13 (Figure 76), dans le parc de la propriété. Initialement, chacune d'elles bénéficiait d'une entrée indépendante, mais seul l'accès à la galerie orientale est ouvert, l'autre étant fermé par un mur en parpaings.

Les deux galeries sont connectées par une petite salle située à une dizaine de mètres de l'entrée. Les deux tronçons résiduels s'étendent sur une vingtaine de mètres, la première moitié passant sous les espaces verts qui surplombent la rue, l'autre moitié étant située entre les bâtiments et la rue Hunold ; celle du côté Est s'étend en partie sous la voie d'accès à l'ouest du bâtiment, la seconde restant sous les pelouses, en limite de propriété.

2.5.3. Description et dimensions de l'ouvrage

La galerie orientale

L'accès au réseau, fermé par une porte métallique, se fait depuis la rue de la République. Ce réseau se développe sous la colline en passant sous les murs de limite de propriété de la résidence Hirschler, selon une orientation N155.

Au niveau de la route, la couverture est de l'ordre de 2,5 m ; au-delà des 5 premiers mètres, la galerie s'approfondit rapidement par le biais d'une série d'escaliers et à 9 m de l'entrée le toit de la galerie est à environ 5,5 m de profondeur, pour une hauteur maximale sous voûte de 3 m. C'est à ce niveau que la galerie orientale est connectée à la seconde. A l'extrémité Sud de ce palier, la galerie est traversée de haut en bas par une colonne d'assainissement de laquelle partait un branchement aujourd'hui déconnecté (non figuré sur le plan).

En bordure du couloir de jonction vers la seconde galerie, le parement occidental est localement sous-cavé laissant le mur de briques en suspens (Figure 81).

Au même niveau, mais en pied de voûte, le passage de l'ancienne canalisation aujourd'hui démontée représente un vide qui aboutit sur un effondrement dont la longueur a été mesurée à près de 7 m remontant de 1 m au dessus de la voûte (Figure 80).

Ce palier se termine (extrémité sud-est) par un petit escalier menant à la salle inférieure dont le toit est à près de 7,5 m de profondeur. Le linteau de la porte de séparation entre le palier et la salle inférieure est fissuré en son milieu. Le poteau en grès de la même porte est lui aussi lézardé à cause de l'augmentation de volume d'un gond sous l'effet de l'oxydation (Figure 77, Figure 78).



Figure 77 : Linteau fissuré entre le palier de la galerie orientale et la salle inférieure

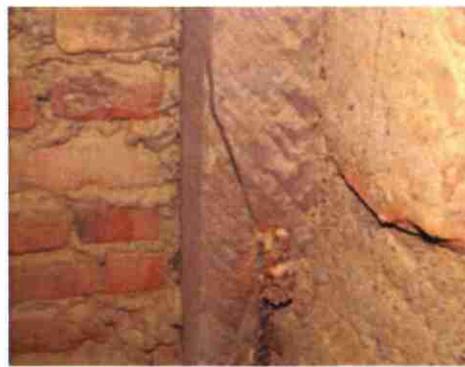


Figure 78 : Poteau en grès cassé par la dilatation du gond rouillé

Sur tout le tronçon (27 m linéaire), la galerie est entièrement maçonnée et sa largeur est de 2,5 m en moyenne.

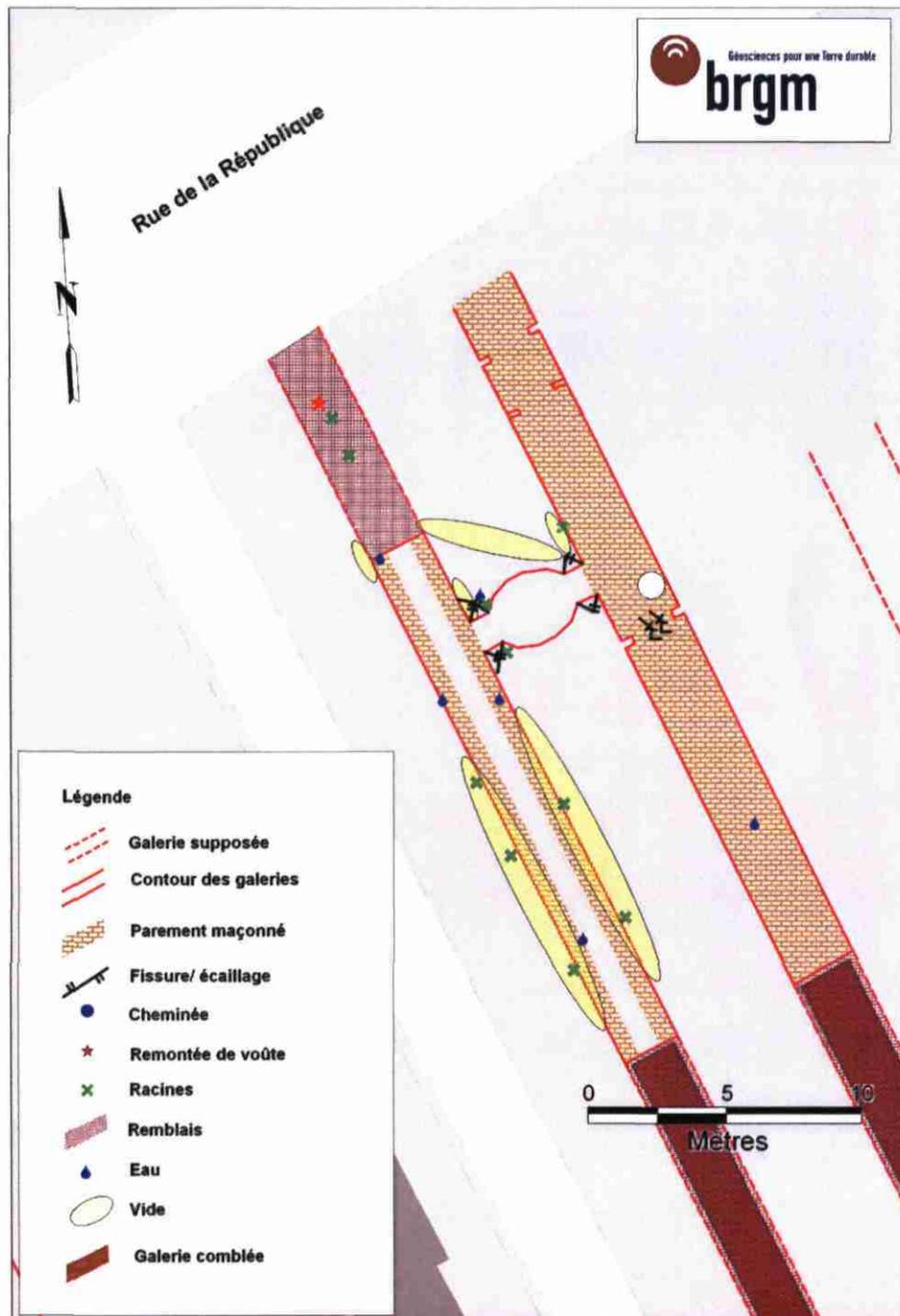


Figure 79 : Plan de la galerie avec les points d'observation

Dans la salle inférieure, la hauteur sous voûte atteint 2,15 m maximum. Le sol est recouvert d'une épaisseur de loëss qui augmente progressivement vers le sud jusqu'à remplir entièrement la hauteur de la galerie à une dizaine de mètres depuis la fin des escaliers ; c'est à cet endroit que la galerie s'était effondrée en 2002 (Figure 82).

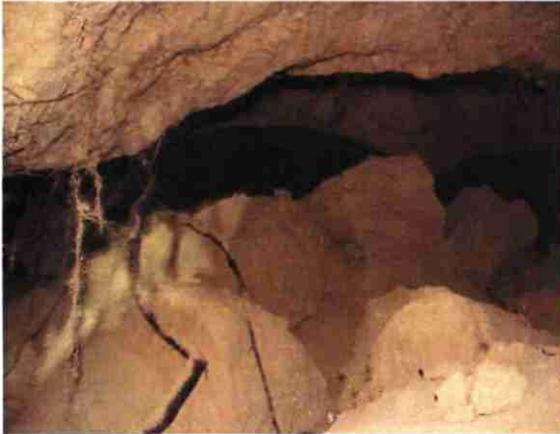


Figure 80 : Vue de l'extrémité du vide effondré où passait l'ancienne conduite



Figure 81 : Sous cavage sous le parement en briques

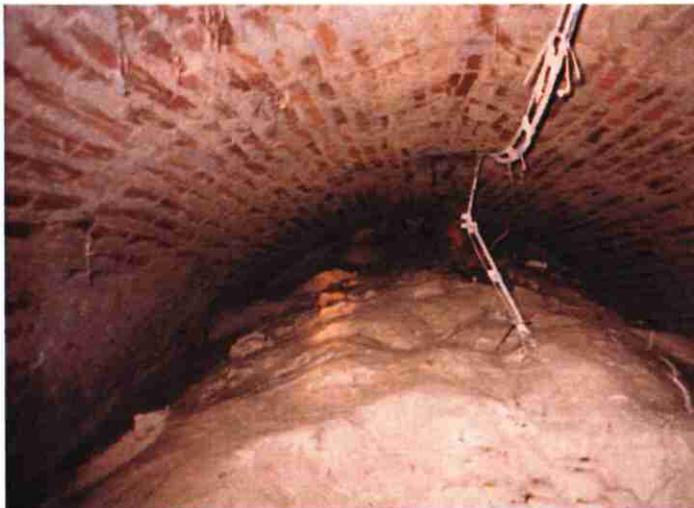


Figure 82 : Vue de l'extrémité sud de la galerie orientale avec son bouchon de remblai ; photo de 2004

La galerie occidentale

L'accès à cette galerie filante se fait depuis la galerie orientale, les 7 ou 8 premiers mètres étant comblés par des remblais (Figure 83). Au-delà de 20 m, la galerie se termine sur un mur en béton armé qui a servi à contenir les remblais déversés depuis la surface suite à l'effondrement de sa partie méridionale.

Contrairement à la première, cette galerie n'est pas dotée d'un revêtement total en briques mais est renforcée par des arches à raison de une tous les deux mètres environ.

La hauteur sous la voûte en loess est relativement constante – 2,5 m – pour un recouvrement d'environ 5 m.

Au niveau du remblai nord, l'épaisseur des terrains de recouvrement diminue rapidement, d'une part du fait d'une légère remontée de voûte, d'autre part suite aux travaux engagés en surface conformément aux recommandations du BRGM datant de 2004. Il avait été constaté à cette époque que le mur à l'angle des rues Hunold et de la République montrait des signes d'instabilité. Il avait également été recommandé de diminuer les charges en arrière du mur. Pour ce faire, le talus de terre a été décaissé sur près d'un mètre de profondeur. Il est probable qu'au moment de ces travaux la voûte de la galerie a été percée ; de plus, le remodelage du talus, s'il n'a pas été accompagné d'un drainage des eaux de ruissellement, permet des infiltrations dans les galeries (Figure 89).



Figure 83 : Extrémité nord de la galerie occidentale bouchée par un cône de remblais et des descentes de terre végétale (brun)

Ce re-profilage du massif de terre au droit de la galerie a ainsi eu pour effet d'alimenter des infiltrations dans la galerie. Des traces récentes de ruissellement partent du remblai nord et se poursuivent dans cette galerie jusqu'à son extrémité (Figure 89).

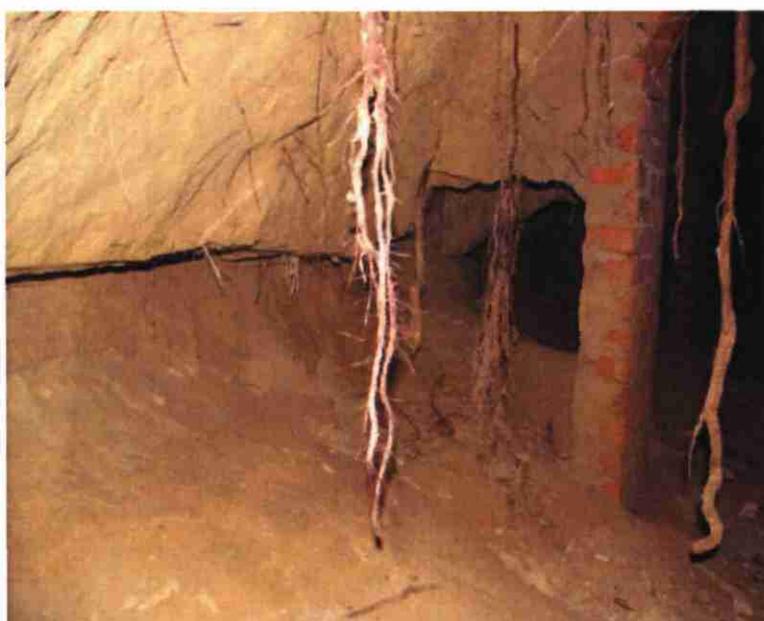


Figure 84 : Sous cavage dans la galerie occidentale montrant clairement un niveau d'inondation

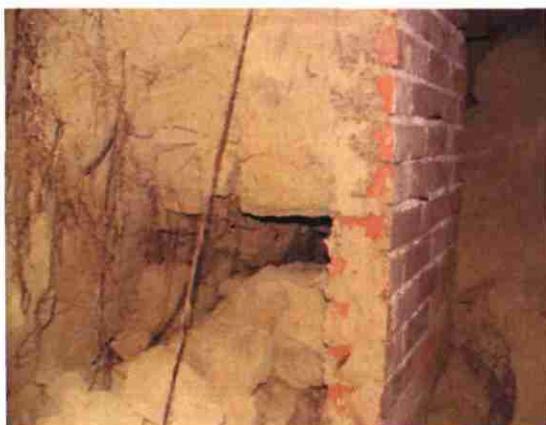


Figure 85 : Vue de l'effondrement de panneaux de loess en arrière des arches maçonnées suite à l'érosion du loess

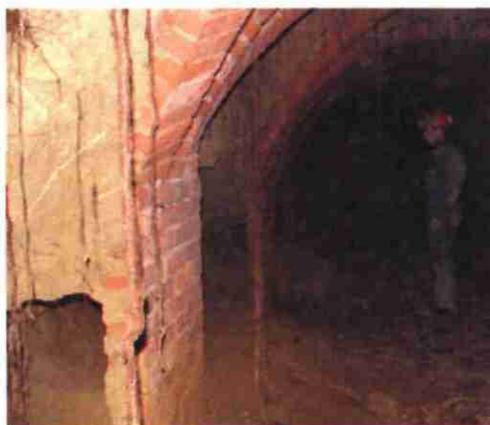


Figure 86 : Vue de l'arrière des arches maçonnées suite à l'érosion du loess

La base de tous les pénétrants est érodée. L'ampleur du sous-cavage est telle que la galerie passe localement de 2,45 à 3,35 m, l'érosion des pénétrants faisant reculer les parois de loess de plus de cinquante centimètres, même en arrière des pénétrants maçonnés (Figure 84 à Figure 88).

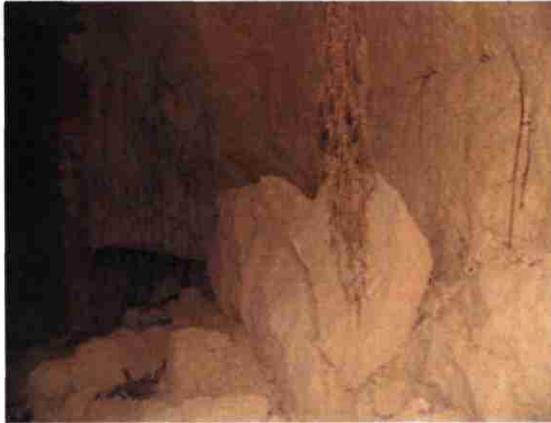


Figure 87 : Blocs de loess effondrés entre les structures maçonnées



Figure 88 : Détail de l'effondrement de panneaux de loess en arrière des arches maçonnées suite à l'érosion du loess

La jonction des deux galeries

Les deux galeries filantes sont connectées par une petite salle quasiment carrée de 2,5 x 3 m dont la hauteur sous voûte, diminuée par des blocs de loess tombés, est de 1,6 m.

Le sous-cavage décrit dans la galerie occidentale affecte également une partie du couloir de jonction entre les deux galeries. Plus important, toutes les maçonneries qui arment les croisements entre les galeries et le couloir de jonction sont éclatées, toutes les fissures indiquant clairement comme origine une compression verticale (Figure 90 à Figure 92).

2.5.4. Calcul des remontées de vide potentielles

Les calculs indiquent tous qu'en cas de formation de cloches de fontis de 1 m de rayon, à l'aplomb de toutes les sections non maçonnées leur évolution régressive aboutira à l'apparition d'un fontis en surface dont l'amplitude pourra atteindre l'équivalent de la hauteur de la galerie.

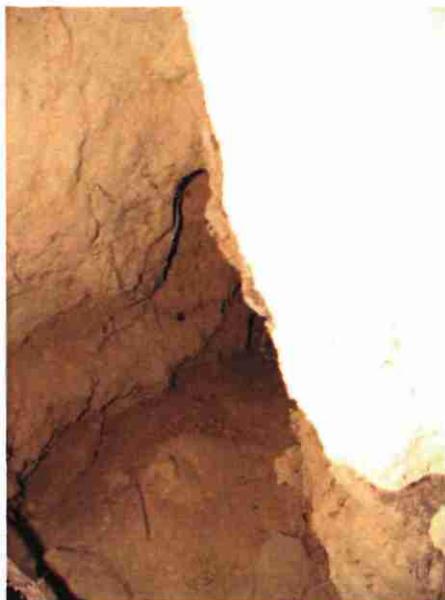


Figure 89 : Chenal d'érosion sous les remblais nord de la galerie occidentale



Figure 90 : Pignon Sud-Est du couloir de jonction fissuré

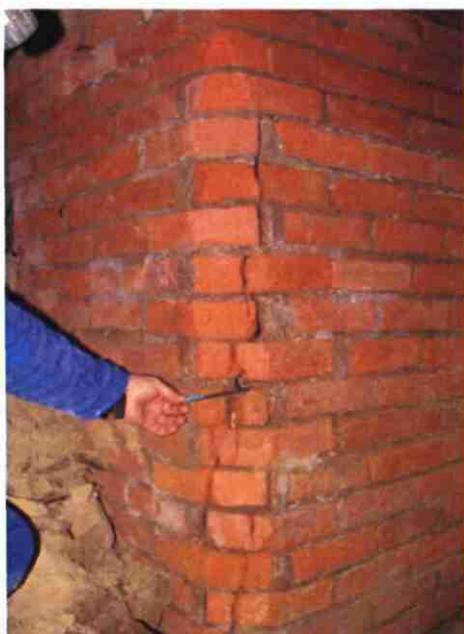


Figure 91 : Pignon Nord-Ouest du couloir de jonction éclaté

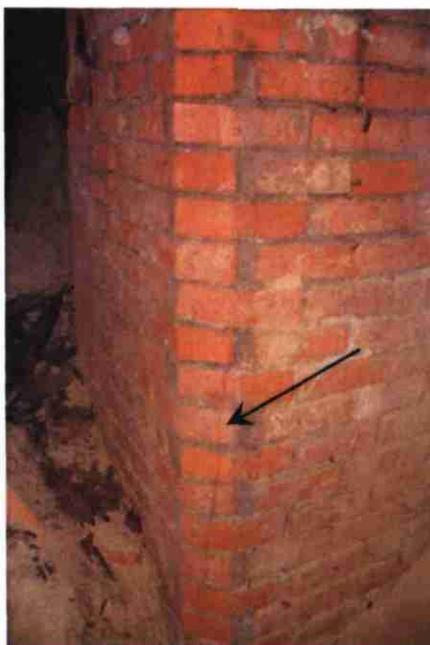


Figure 92 : Pignon Nord-Est du couloir de jonction éclaté

2.5.5. Conclusions et recommandations

Les galeries jumelles passant sous les espaces verts de la résidence Hirschler sont dans un état de stabilité précaire. Malgré des parements maçonnés, les ouvrages souterrains vieillissent mal du fait des incidents antérieurs et des travaux récents qui, sans complément, aggraveront la situation.

En dehors des zones déjà sinistrées, trois points essentiels ressortent :

- la galerie est le siège d'infiltrations ;
- les infiltrations dégradent les parements des galeries et précarisent leur stabilité ;
- les structures maçonnées, notamment dans la zone la plus sensible – au croisement des galeries – sont affaiblies et montrent des signes flagrants de rupture amorcée.

Tous ces facteurs et indices mettent en avant que les deux galeries jumelles seront amenées à subir un nouvel effondrement dans un délai que l'on estime court à moyen, et qui risquerait préférentiellement de survenir dans la zone de jonction des galeries.

Au NW de la propriété, la surcharge qu'entraînent les grands pins sur les ouvrages souterrains contribue à leur dégradation ; il est fortement recommandé de les abattre ou de combler entièrement les galeries sous-jacentes.

Le remodelage du talus n'a pas à notre connaissance été accompagné d'un système de drainage qui pourrait éviter aux eaux de ruissellement de s'infiltrer dans la galerie. Ces travaux complémentaires sont impérativement à mettre en œuvre en attendant le comblement total.

Ces deux galeries, à l'heure actuelle et d'après nos informations, concernent des espaces verts rarement visités. Ces ouvrages devront bénéficier d'un comblement total, mais en attendant, un barrièrage et une signalisation devront être mis en place afin de limiter tout risque de chute aggravée. Vu les enjeux en surface (espaces verts), le comblement ne nécessite pas de contraintes techniques particulières en terme de résistance et compacité. Il pourra être fait par terrassement et comblement à l'aide d'un tout-venant, seule la zone la plus profonde passant à proximité du bâtiment devra être clavée.

Ces observations et recommandations ne sont valables que pour les zones visitées et visitables. La mise en sécurité définitive de ces tronçons n'empêchera pas l'éventualité de survenance de sinistres dans les secteurs inaccessibles. À moins d'une campagne de sondages de reconnaissance des vides, au-delà des bouchons mis en place en 2002, et de leur traitement s'ils existent, il restera difficile de prévenir tout autre effondrement.



2.6. GALERIE DE LA PLACE DES POILUS

La galerie filante partant de la rue des Poilus a été investiguée le 16 février 2007.

La visite technique a été supervisée par Davy Cruz Mermy, Géologue au SGR Alsace, l'assistance sécurité de l'intervention étant confiée à l'équipe du SSF.

2.6.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité

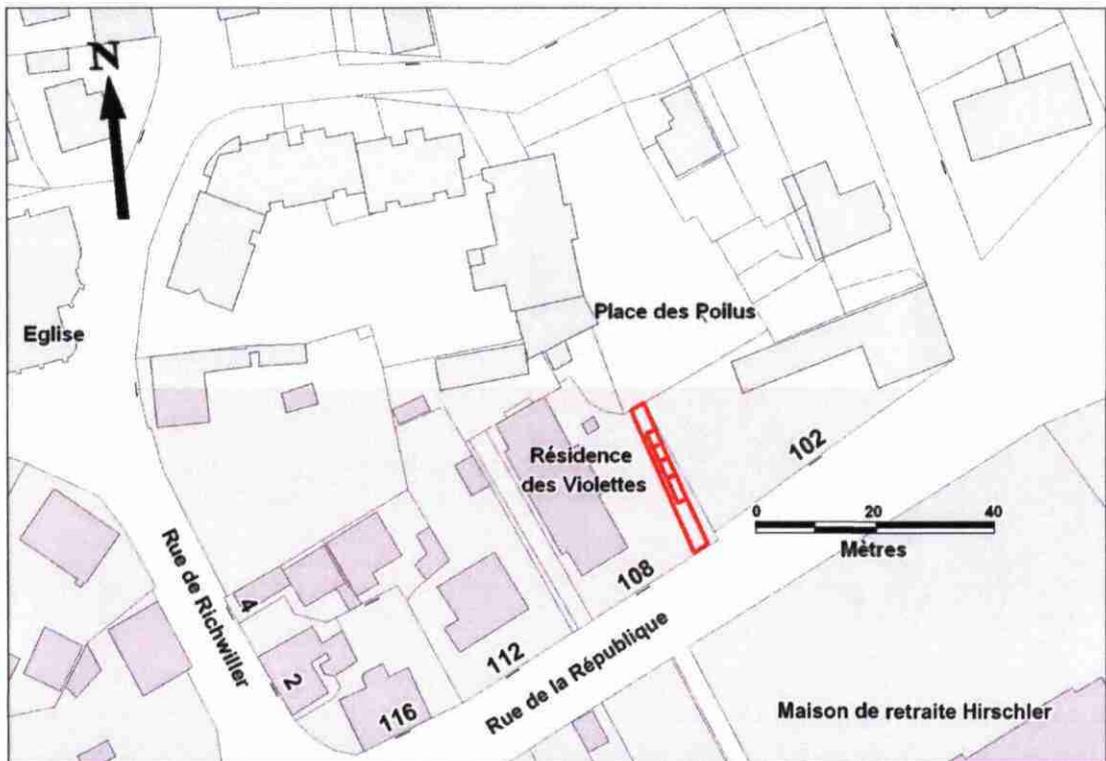


Figure 93 : Plan de localisation de la galerie souterraine passant sous les jardins de la résidence des Violettes et accessible depuis la place des Poilus

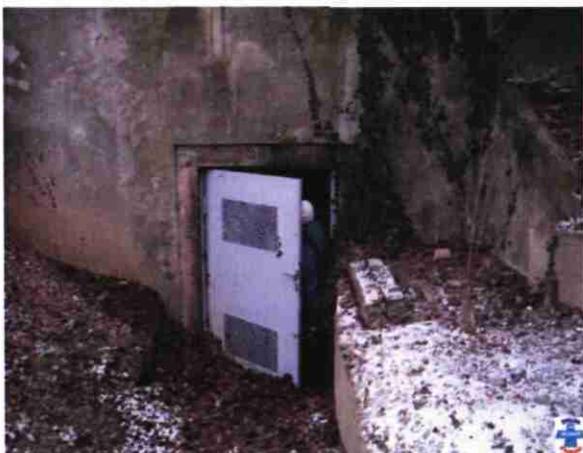
La galerie filante répertoriée sous l'indice PP01 est située dans le centre de Pfastatt. Orientée N160, cet ouvrage, subperpendiculaire à la rue de la République, passe sous la propriété de la résidence des Violettes sise au n°108 de la rue de la République (Figure 93). Elle ne présente aucun indice d'extension et d'après les levées topographiques du SSF, elle n'atteint pas le trottoir de la rue de la République et ne concerne que l'espace vert de la copropriété, où sort une de ses cheminées d'aération.

L'accès à la galerie se fait par une petite porte en bois depuis la place des Poilus. Elle est creusée quasiment à l'horizontale à flanc de talus, en direction du Sud (Figure 94).

La place des Poilus a été récemment aménagée, notamment les talus en contrebas des propriétés 180 et 102 de la rue de la République où des ouvrages de soutènement imposants ont été mis en place (murs en béton armé, butons, risbermes).

2.6.2. Description et dimensions de l'ouvrage

Cette galerie filante est maçonnée sur les 17 premiers mètres, puis le loess est à nu sur les 8 derniers mètres (Figure 101). 4,5 m après l'entrée, 4 cellules à cloisons de briques occupent la moitié orientale de l'ouvrage sur un peu moins de 13 m de long. Au niveau des cellules, seuls les piédroits sont maçonnés, la voûte restant à nu (loess en place).



Sur la partie maçonnée, la largeur moyenne de la galerie est de 2,7 m pour une hauteur maximale de 2,7 m également. Au-delà, en partie non maçonnée, la largeur maximale de l'ouvrage atteint 3,3 m pour une hauteur variant entre 2 et 2,4 m.

Figure 94 : Vue de l'entrée de la galerie au niveau de la place des Poilus – cliché SSF Décembre 2005

Quatre cheminées d'aération relient la voûte à la surface ; deux d'entre elles sont obturées. La cheminée la plus proche de la rue de la République ne débouche plus en surface : elle est remblayée sur toute sa hauteur par des débris et déchets. La première, à proximité de l'entrée, est également fermée.

Seules les deux cheminées intermédiaires sont dégagées : l'une atteint la surface tandis que l'autre, fermée, n'a pas été retrouvée dans le jardin. Au niveau de ces deux cheminées, l'épaisseur des terrains de recouvrement varie entre 3,5 et 4 m. On estime que l'épaisseur des terrains entre l'entrée et la rue de la République passe de moins de 2 m à 4 m. Cette variation s'explique tout d'abord par la déclivité du terrain en surface et ensuite par l'approfondissement de la galerie depuis l'entrée jusqu'à son extrémité sud, dont l'amplitude est proche du mètre.

2.6.3. Observations et signes évolutifs

La galerie partant de la Place des Poilus est dans un état acceptable et ne présente pas de désordres majeurs ou de signe flagrant d'instabilité susceptible d'affecter la surface.

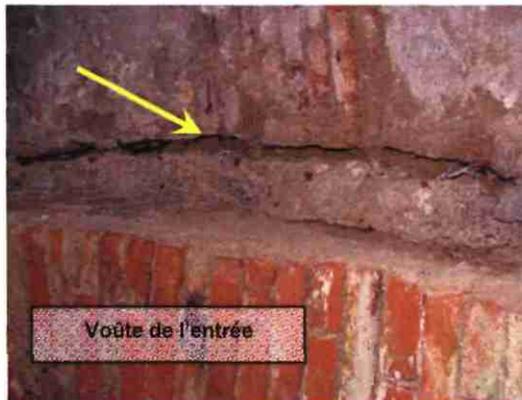
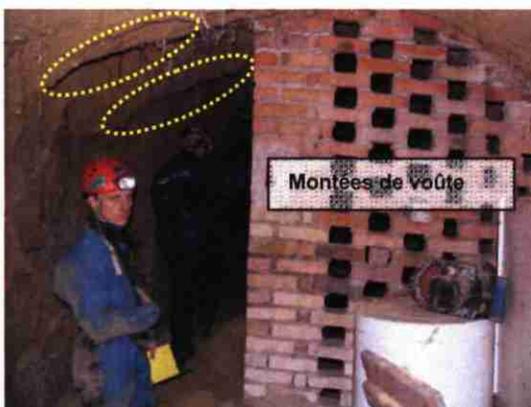


Figure 95 : Fissure de la voûte au niveau de l'entrée



Figure 96 : Fissure de la voûte à 2 m de l'entrée

Lors de la dernière intervention, des fissures ouvertes ont été observées sur les premiers mètres. Ces déformations indiquent un mouvement de traction pouvant correspondre à un déplacement généralisé des terrains sus-jacents du fait de l'appel au vide au niveau du talus de la place des Poilus. Ces fissures, déjà décrites par EEG-SIMECSOL en 2002, ne semblent pas évoluer mais cela reste difficile à affirmer en l'absence d'instrumentation ou de repère (Figure 95 et Figure 96).



Ainsi 3 fissures principales recoupent transversalement la galerie sur les 4 premiers mètres ; la première au niveau de l'entrée et les deux autres à 2 et 3 m de l'entrée.

Figure 97 : Extrémité sud des cellules avec montées de voûte

À 10 et 17 m de l'entrée, des racines participent à la dégradation des maçonneries et à la chute de petits panneaux de loëss. À 17 m, la pousse des racines est directement responsable d'une petite remontée de vide de 40 cm d'épaisseur (Figure 97).

Tout au Sud de la galerie, des remblais s'accumulent sur le sol, déversés au niveau des deux dernières cheminées, celle située le plus au Sud étant totalement bouchée (Figure 98 à Figure 100).

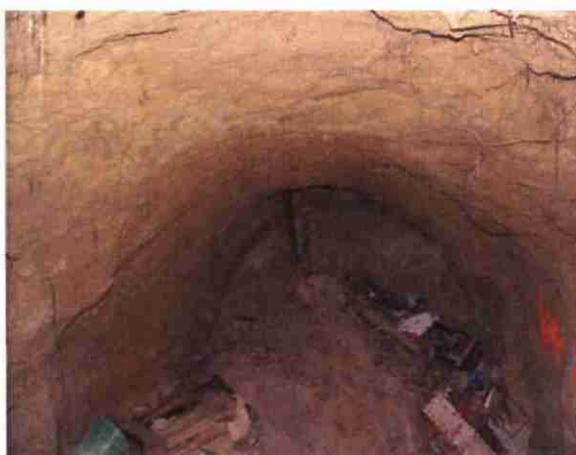


Figure 98 : Vue sur le tas de remblais déversé par la cheminée sud

Figure 99 : Détail sur l'état de comblement de la cheminée sud bouchée de remblais et déchets



Figure 100 : Vue de la troisième cheminée

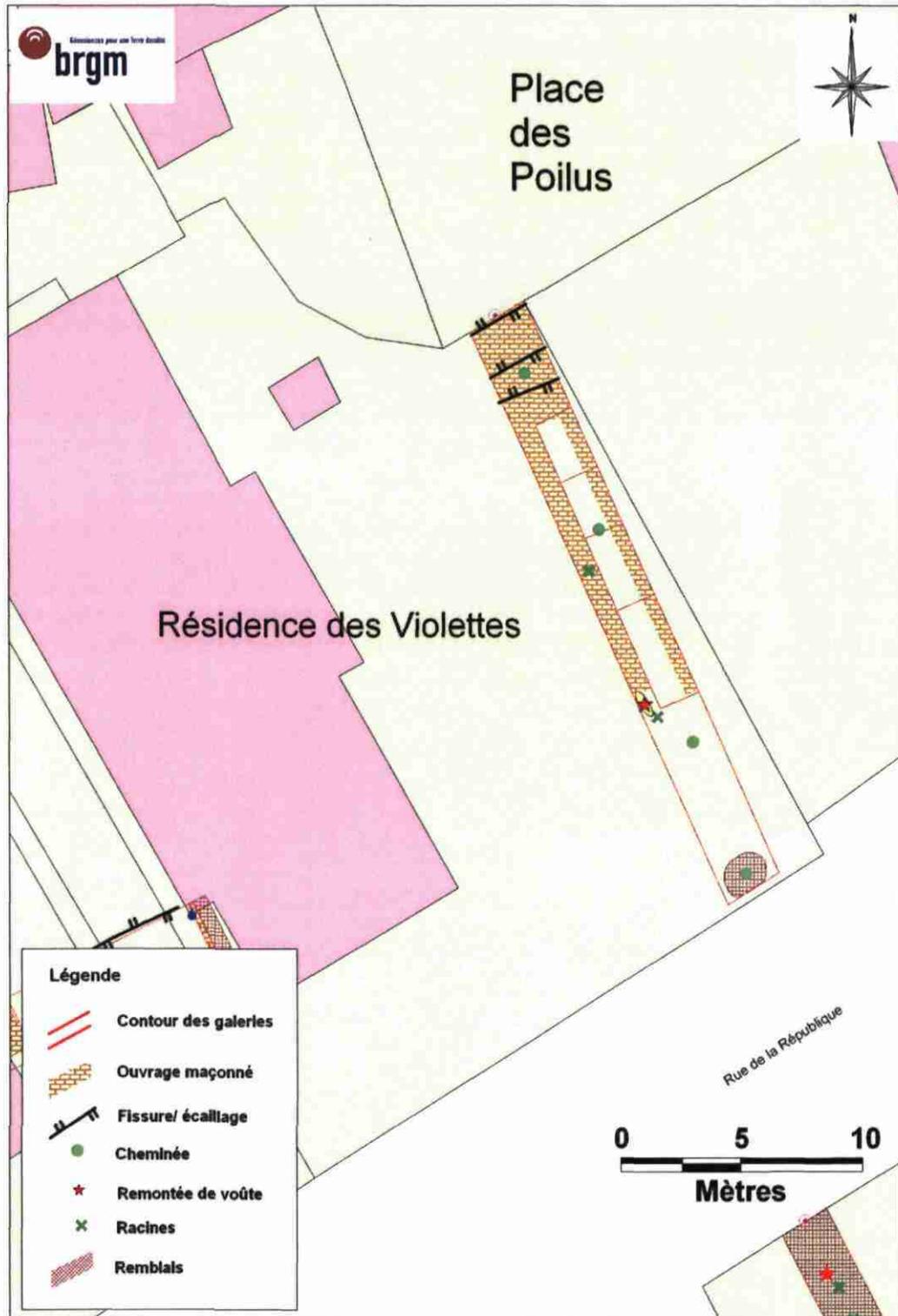


Figure 101 : Plan de la galerie avec les points d'observation

2.6.4. Calcul des remontées de vide potentielles

Même en prenant des hypothèses favorables à l'auto colmatage, les calculs indiquent qu'en cas de formation d'une cloche de fontis de 1 m de rayon, toute évolution régressive pourra se traduire par un fontis important en surface.

2.6.5. Conclusions et recommandations

La galerie de la Place des Poilus ne présente pas de signe d'instabilité ni d'évolution alarmante pour l'instant. Des travaux de confortement ne s'avèrent pas nécessaires en l'état vu l'absence de signe alarmant.

En 2002, la société EEG-SIMECSOL avait préconisé un comblement de l'extrémité de la galerie pour prévenir tout dommage sur la chaussée en cas d'effondrement, mais ces travaux ne revêtent aucun caractère urgent.

Compte tenu des enjeux en surface (proximité de la rue de la République, faible distance de la résidence des Violettes, chemin d'accès de l'espace vert), ce site nécessite un suivi et un contrôle régulier au moins annuel car comme les calculs de remontée de vide le démontrent, un désordre majeur en profondeur finira tôt ou tard par affecter la surface, notamment l'espace vert de la résidence des Violettes. À long terme, les vides évoluant en s'élargissant, un effondrement pourrait également atteindre le trottoir et une petite partie de la chaussée de la rue de la République.

2.7. GALERIE RUE DE RICHWILLER

La visite de contrôle de la galerie dont l'entrée est située dans le sous-sol du n°2 de la rue de Richwiller (Propriété Ehrburger) a été réalisée le 23 février 2007.

La visite technique a été supervisée par Davy Cruz Mermy, Géologue au SGR Alsace, l'assistance sécurité de l'intervention étant confiée à l'équipe du SSF. Une première visite en avait été faite le 6 septembre 2005 par Christian Mathon, expert géotechnicien du Brgm, accompagné de Monsieur Czernichowski des services techniques municipaux.

2.7.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité

La galerie, répertoriée sous l'indice RR01, part depuis le sous-sol au n°2 de la rue de Richwiller et s'étend parallèlement à la rue de la République sur 45 m, jusque sous le passage ouest de la résidence des Violettes (Figure 102).

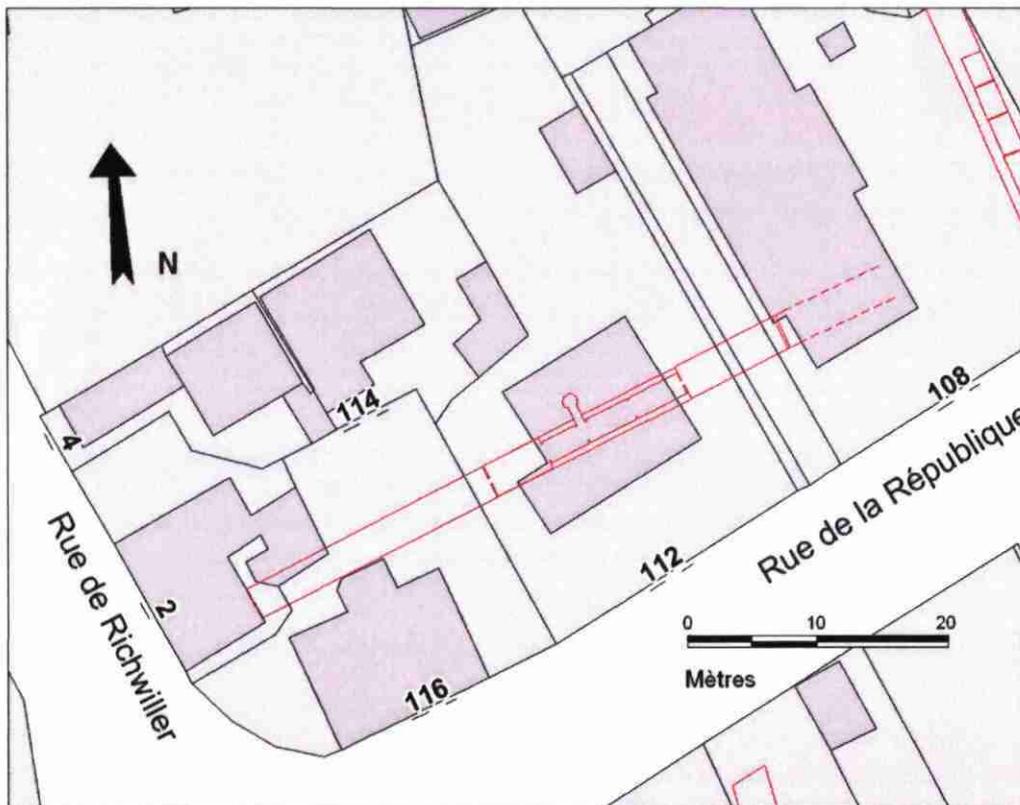


Figure 102 : Plan de localisation de la galerie souterraine sous les propriétés rue de la République et rue de Richwiller

D'après le cadastre fourni par la ville de Pfastatt, cette galerie s'étend sous 6 parcelles, démarrant en bordure de la façade orientale du n°2 de la rue de Richwiller et passant à faible distance du n°116 de la rue de la République. Elle se poursuit en traversant la propriété située au n°112 de la rue de la République sous les fondations de la maison, enfin elle traverse la voie d'accès aux parkings de la résidence des Violettes avant de s'arrêter probablement juste avant les fondations du bâtiment sis au n°110 de la rue de la République.

La zone non bâtie au nord du n°116 de la rue de la République tient lieu de servitude d'accès au n°114 de la même rue et au garage du n°2 de la rue de Richwiller.

2.7.2. Description de l'ouvrage

La galerie RR01 est une galerie filante, sans extension latérale. Elle démarre au coin sud-est de la maison Ehrburger, sise au n°2 de rue de Richwiller, l'accès se faisant depuis le sous-sol, derrière la cuve à mazout (Figure 109).

Les parois de la galerie sont à nu jusqu'aux environs de la limite entre les parcelles 26 et 80, puis elles sont confortées – voûte et piédroits – sous l'essentiel de la parcelle 80. Deux types de confortements se succèdent : maçonnerie en briques puis poutrelles/hourdis et parpaings en béton, cette dernière section ayant été maçonnée dans la dernière moitié du XX^{ième} siècle. À son extrémité orientale, la galerie est à nouveau nue un peu au-delà de l'aplomb de la maison construite sur la parcelle 80 jusqu'à son obturation sous la parcelle 74a.

La galerie se compose de 4 sections qui seront décrites depuis son accès au n°2 de rue de Richwiller en direction de la résidence des Violettes.

Section 1

À son entrée, la voûte de la galerie est estimée à environ 1.5 m sous la surface. Sur les 5 premiers mètres la galerie, haute d'environ 2 mètres, descend et son toit s'approfondit pour se situer à un peu plus de 3,5 mètres de profondeur sous la surface, au niveau du parking du n°116 de la rue de la République.

Section 2

Dès que le niveau bas est atteint, la galerie s'élargit pour élargir entre 2,5 et 3,1 m de large et la hauteur sous voûte varie entre 2 à 3 m. Cette section, où le loess est à nu, s'étend sur une quinzaine de mètres et se termine par une cloison en briques située environ 1,5 m après la limite de propriété du n°112 de la rue.

Les sections 1 et 2 forment un vide d'un volume compris entre 150 et 160 m³.

Section 3

Au-delà de cette cloison, la galerie est maçonnée sur 4,7 m de long. Elle a alors une section de 2,6 m de large par 2,1 m de haut. Plus loin, elle bénéficie d'une maçonnerie plus récente, en moellons, qui s'étend grossièrement sous la maison sise au n°112. La section maçonnée est large d'environ 1,75 m et la hauteur sous voûte en de 2 m. Le toit de la galerie est situé à 2,6 m sous la cave. La profondeur du radier de cette cave n'est pas connue avec certitude mais est estimée à 1,4 m ; le toit de la galerie passant sous la maison est estimé entre 3,8 m et 4,5 m de profondeur.

Le volume total de la section 2 est estimé à près de 60 m³.

Section 4

Au-delà, la galerie n'est plus maçonnée mais s'élargit nettement en passant de 2 à 2,75 m de largeur et la hauteur sous voûte varie entre 2 et 2.25 m. Le recouvrement est évalué entre 3 m et 4 m d'épaisseur.

Le volume de la section 4 est compris entre 45 et 50 m³.

2.7.3. Observations et signes évolutifs

La section 1 ne présente pas de désordre significatif. À noter tout de même la présence d'un vide courant le long des fondations de la maison, lié aux problèmes d'infiltration à l'origine d'un effondrement (cf. note BRGM NT05ALS20). De ce vide partent des traces de ruissellement, sans que l'on puisse savoir si le phénomène est toujours actif malgré les travaux de réparation engagés par la propriétaire (Figure 103). À l'entrée, le linteau est cassé mais soutenu par la cloison en briques (Figure 104).



Figure 103 : Vide d'érosion à Figure 104 : linteau cassé à l'accès du n°2 rue de l'extérieur du soubassement de la Richwiller ; fracture redessinée maison

Ces traces d'écoulement atteignent la section 2 où des désordres importants sont observés ; il s'agit notamment de décollements de panneaux de loess au niveau des piédroits de la galerie. Par endroits, des panneaux se sont déjà effondrés et la galerie passe localement de 2,6 à 3,1 m de large. Dans la section 2, la voûte s'effondre par blocs et celle-ci est localement remontée de plus de 1 m, avec une hauteur sous voûte atteignant 3,4 m au lieu de 2,2 m dans les niveaux les mieux conservés – qui restent très rares.

Dans les derniers mètres de la section 2, les remontées de vides atteignent une amplitude de 60 à 70 cm (Figure 105).

Le début de la section 3, maçonnée en briques, ne présente aucun désordre ni signe évolutif. La cheminée d'aération ne semble plus fonctionner ; son conduit courbé ne permet pas de mesurer précisément l'épaisseur de terrain de recouvrement.

La deuxième partie, maçonnée de parpaings et hourdis, est également dans un bon état et en dehors d'une condensation élevée, aucun désordre n'y est relevé (Figure 112).

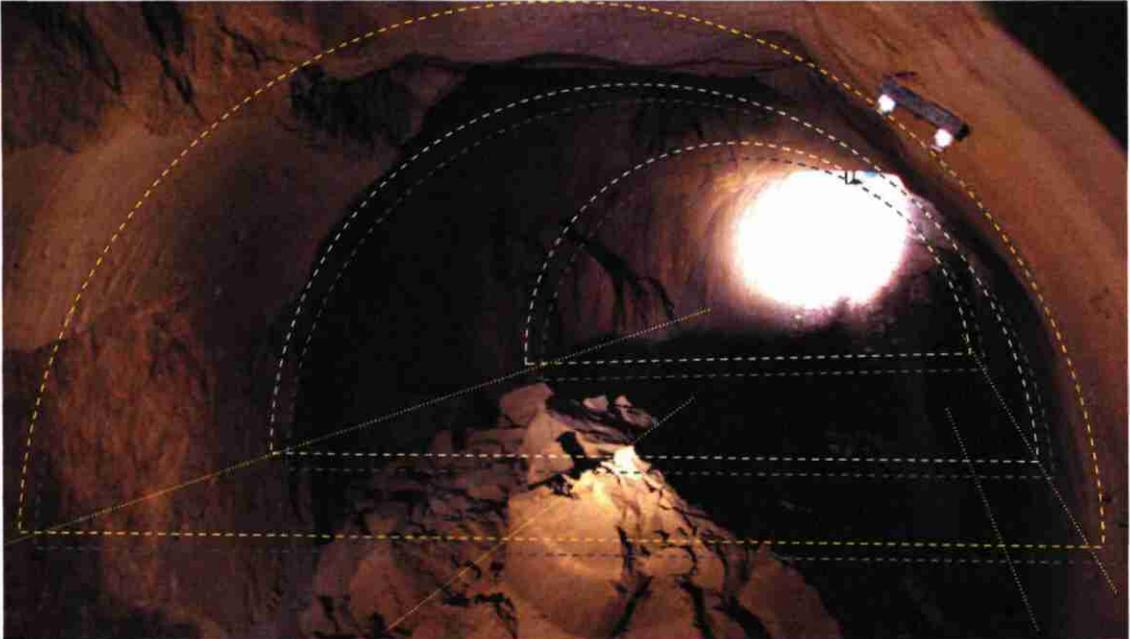


Figure 105 : Section 2, zone éboulée – chute du toit et décollement des piédroits

La section 4 est dans la même configuration que la section 2, à savoir des décollements de panneaux au niveau des piédroits entraînant un élargissement de la galerie, associé à une remontée de vide par la chute de panneaux de la voûte, celle-ci étant remontée de 85 cm à près de 1,5 m (Figure 111). Le sol de la galerie est recouvert d'un amoncellement de loëss tombé du toit atteignant près de 1 m d'épaisseur.

2.7.4. Calcul des remontées de vide potentielles

Les calculs indiquent tous qu'en cas de formation d'une cloche de fontis de 1 m de rayon, sur une section non maçonnée, son évolution régressive aboutira à la formation d'un fontis en surface, dont l'amplitude sera au moins égale à l'épaisseur du recouvrement.

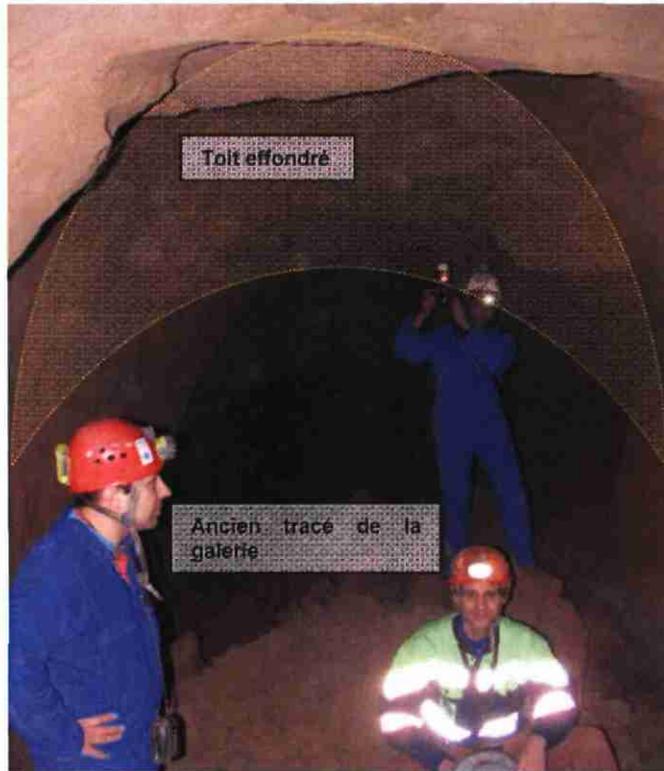


Figure 106 : Section 2, zone éboulée



Figure 107 : Section 2, trace de ruissellement

Figure 108 : Section 2, zone éboulée –
décollement des piédroits



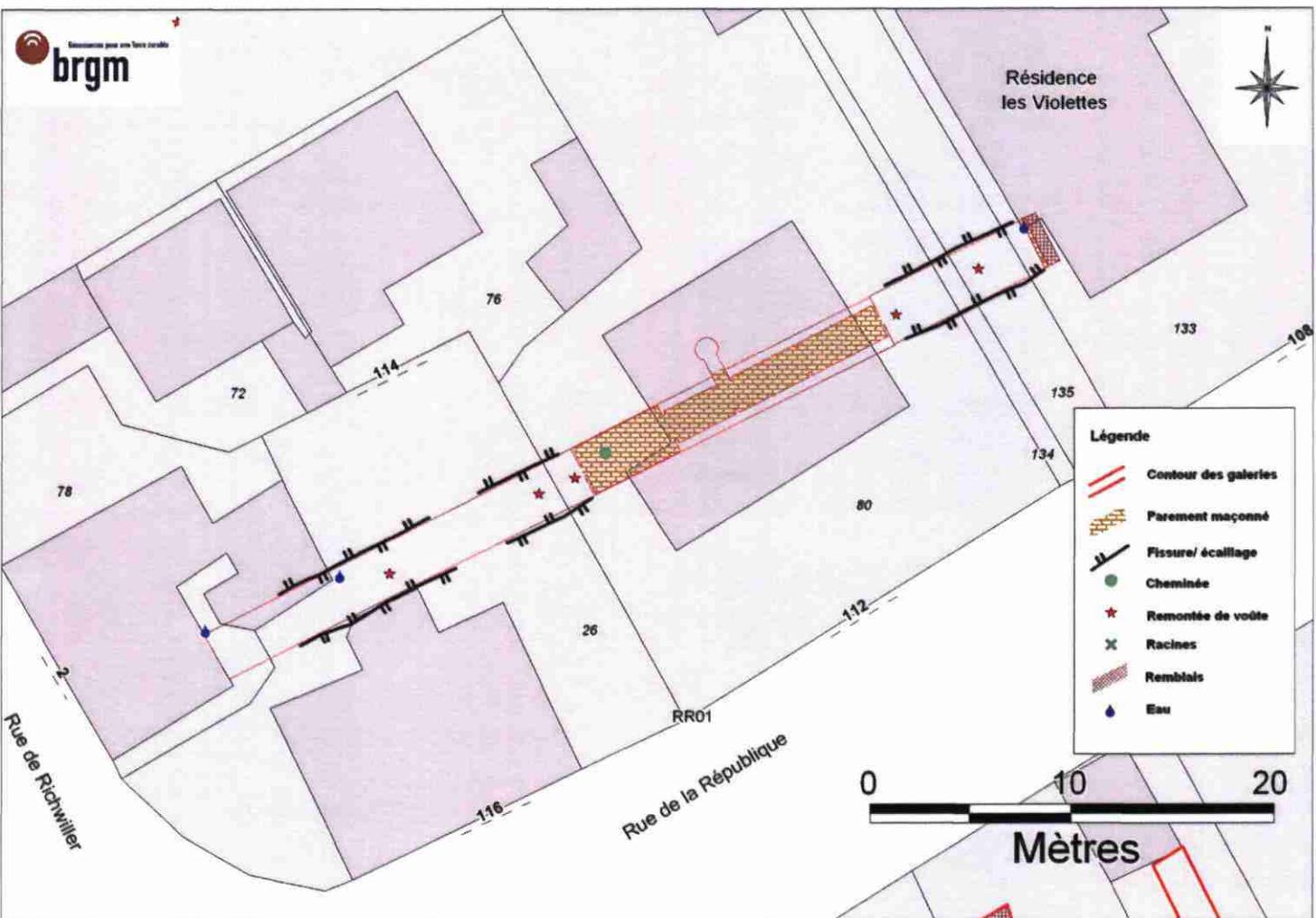


Figure 109 : Plan descriptif de la galerie RR01

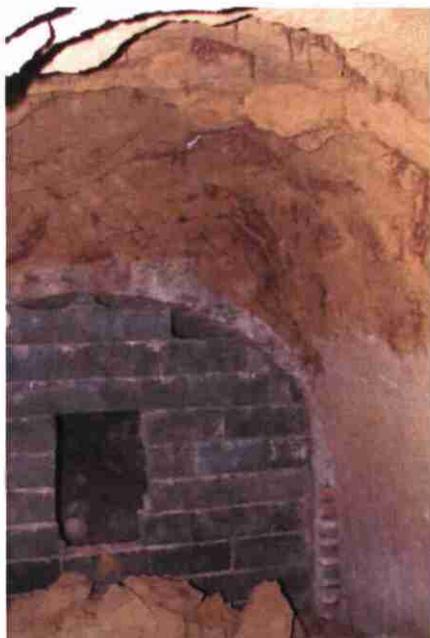


Figure 110 : Section 2, zone éboulée et entrée de la section 3

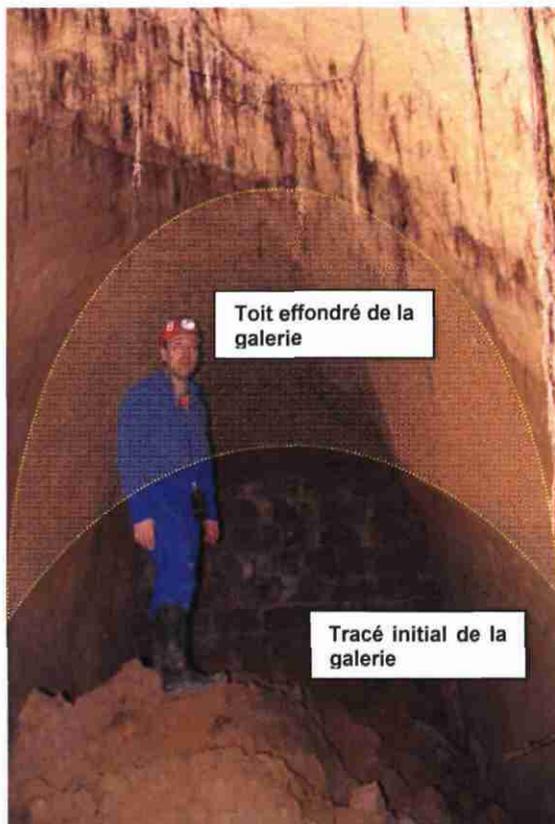


Figure 111 : Vue générale de la section 4 dont le toit s'effondre sur toute sa longueur

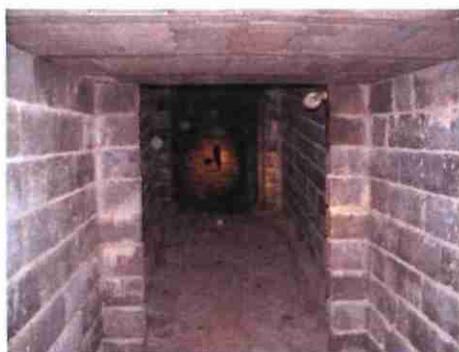


Figure 112 : vue générale de la section 3

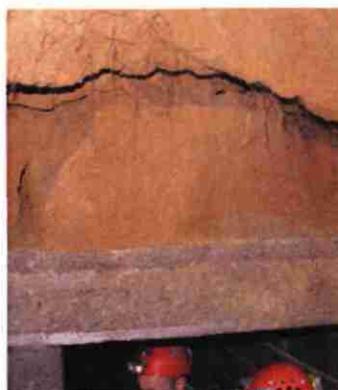


Figure 113 : Section 3, illustration du rôle anti-érosion de la maçonnerie

2.7.5. Conclusions et recommandations

La galerie filante référencée sous l'indice RR01 traverse les terrains de 4 propriétés et s'étend notamment à proximité et sous les soubassements de 3 maisons et d'une résidence, où sa nature et la qualité des fondations de cette dernière restent inconnues, mais sont susceptibles d'affecter les zones d'accès, de parking et de passage pour piétons et automobiles.

Si la partie centrale, grâce à sa maçonnerie, résiste à l'érosion, les deux extrémités montrent des signes flagrants d'instabilité continue dont résultera tôt ou tard l'apparition d'un fontis en surface. Les calculs de remontée de vide, même avec des facteurs stabilisants (fort taux de foisonnement et angle d'étalement élevé), indiquent que l'effondrement de cette galerie affectera brutalement la surface. La sécurité des biens et des personnes n'est donc plus assurée au droit de cette galerie.

La section 3 semble ne pas subir de dommages particuliers aussi il n'est pas nécessaire, dans l'état actuel, de la renforcer, mais l'implantation d'une cheminée d'aération à chaque extrémité permettrait de réduire la condensation pour une meilleure tenue des loëss à moyen et long terme.

Il est en revanche indispensable de recourir au confortement ou au comblement des sections 1, 2 et 4 de la galerie RR01. Le choix du comblement définitif semble le plus adapté.

Les volumes à combler ont été estimés entre 190 et 210 m³. En évaluant un coût total de comblement de l'ordre de 150 e€/m³, les travaux de comblement des sections les plus fragiles pourraient avoisiner les 30 000 €.

Les travaux seront contraints par la traversée de la galerie sous la parcelle 26 et la proximité des fondations des habitations. Aussi est-il indispensable que ces travaux soient effectués par tranches, la première devant se faire préférentiellement sous la parcelle 26 pour ensuite accéder en arrière de la maison du n°116 de la rue de la République.

Le contexte impose que le comblement se fasse en plusieurs fois.

Parmi les multiples solutions, il serait possible de combler la galerie par l'injection de coulis au niveau d'un forage en gros diamètre tubé -par exemple 500 mm- équipé d'un drain vertical en son centre, ancré sous le plancher initial des galeries. Le drain en question doit faire 120 mm intérieur et être crépiné/protégé de manière à ne laisser passer que l'eau d'injection du remblai hydraulique envoyé dans l'espace annulaire. Le remblai déversé doit être très perméable. Le drain a pour objectif de pomper son eau de transport, sachant que le niveau de l'eau devra rester bas sous peine de voir se produire des affaissements en surface, certes légers, mais dommageables en particulier sous les 2 maisons situées au croisement des 2 rues.

Au préalable, il serait possible de déverser un remblai sec très perméable ; le cône de remblais pouvant localement être contenu par des maçonneries simples étayées de contreforts si nécessaire. Soit avant le déversement des graves, soit après, sera implanté le drain vertical. Le coulis ne serait utilisé dans ce cas que pour claver les vides résiduels. Dès l'opération achevée, le drain sera bétonné.

Il ne s'agit là que d'un exemple de méthode possible qui pourra être comparé sur le plan technique et financier à d'autres, notamment au comblement pneumatique de sablon.

Le bureau d'étude fera en sorte de proposer la méthode la moins agressive pour le confortement des galeries ; il devra être porté une attention particulière aux drainages et imperméabilités nécessaires aux parois et aux murs qui limitent les sections 3 et 4 du reste à combler. La mise en place d'un mur souple ou mur en L pourrait être une solution, son dimensionnement devant être confié à un bureau d'étude spécialisé.

2.8. GALERIE RUE DE L'IRRIGATION

La visite de contrôle de la galerie dite « de la rue de l'Irrigation » date du 23 février 2007.

La visite technique a été supervisée par Davy Cruz Mermy, Géologue au SGR Alsace, l'assistance sécurité de l'intervention étant confiée à l'équipe du SSF.

2.8.1. Localisation de l'ouvrage - Enjeux à proximité

La galerie de la rue l'Irrigation est en réalité accessible depuis la rue de la République. Son entrée est située à quelques mètres en amont de son intersection avec la rue éponyme de la galerie (Figure 114).

Sur cette portion de la rue de la République, entre les carrefours avec les rue d'Illzach et de l'Irrigation, plusieurs entrées de réseaux de galeries sont connues ; la plupart d'entre elles sont obturées, rendant les réseaux inaccessibles. Ainsi, de l'autre côté de la rue, quelques centaines de mètres en amont, on peut visiter les galeries passant sous l'école Waltz et depuis peu le réseau dit « du foyer de vie Marc Duval » a été comblé entre 2006 et 2007. Sur le même côté mais plus en amont, deux entrées sont toujours visibles (parcelle n°42) mais les galeries, comme celles situées sous le parc résidentiel Atik (parcelle n°229), ont été comblées.

Celle galerie filante, parallèle à la rue de l'Irrigation, concerne à 99% la parcelle 212 de la section 13 et empiète légèrement sur la parcelle 213 de la même section. Ces parcelles sont pour l'instant des prairies.

2.8.2. Description et dimensions de l'ouvrage

La galerie de la rue de l'Irrigation s'étend sur 50 m selon une orientation NE-SW. Il s'agit d'un ouvrage linéaire unique sans extension latérale.

Elle se compose de trois parties : une première salle, longue de 4,5 m et large de 1,45 m, est entièrement maçonnée ; la deuxième salle est plus large – 2,5 m en moyenne – et seuls les piédroits sont maçonnés, la voûte étant en loess chaulé. Cette section s'étend sur une quinzaine de mètres de long. La dernière partie, longue de trente mètres, est identique à la précédente, les deux étant séparées par une cloison (Figure 115).

La première section est située sous le talus qui surplombe la rue de la République.

Les deux grandes sections se terminent par une cheminée que l'on retrouve en surface (Figure 120 et Figure 121). Celle de la section 2 est courbée, celle de la section 3 permet de mesurer l'épaisseur des terrains de recouvrement qui atteint 8,5 m.

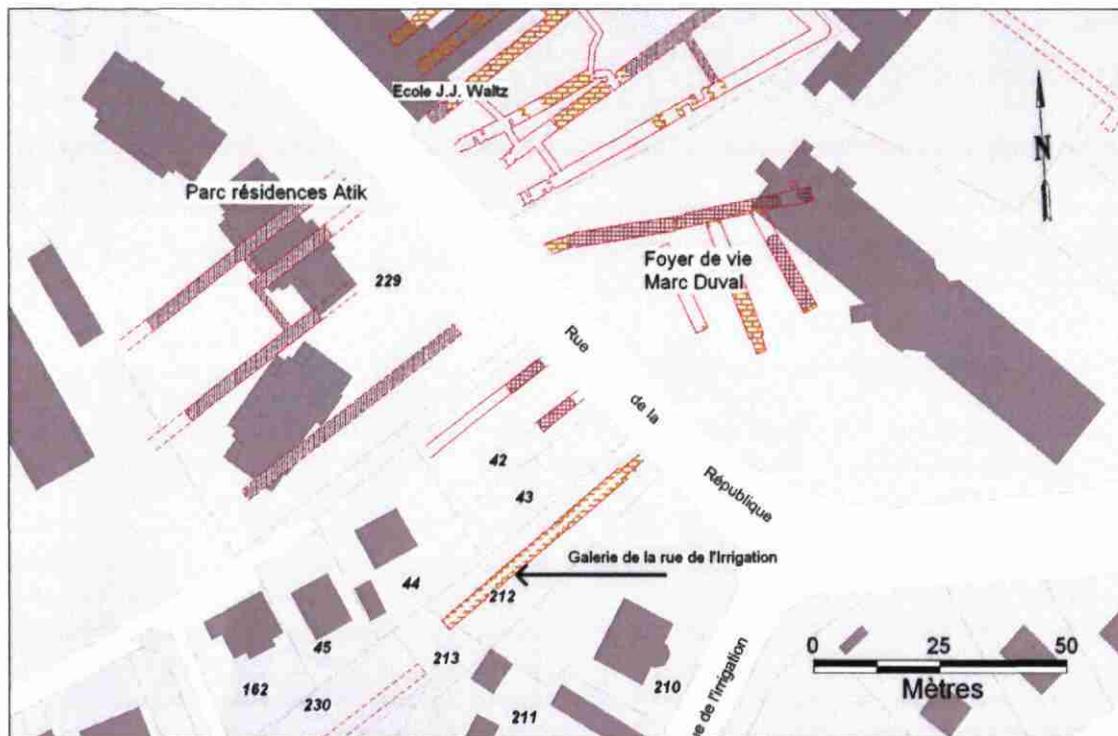


Figure 114 : Plan de localisation de la galerie

La bouche de sortie de la première cheminée est située dans la partie haute du talus qui surplombe la parcelle 210. La deuxième est située dans la zone plane de la parcelle 213.

Les conduits de cheminée ont un diamètre de près de 40 cm.

Concernant les désordres affectant cette galerie, il a été relevé :

- le linteau de la cloison délimitant les sections 1 et 2 est fissuré en son milieu (Figure 122);
- sur les 3 premiers mètres de la section 2, la voûte en loess est régulièrement traversée de petites racines et des fissures apparaissent (Figure 123) ;
- à 14 m de l'entrée, au milieu de la section 2, les parements en briques s'effondrent sur plusieurs mètres de long et localement la largeur de la galerie passe de 2,5 à 3,8 m (Figure 124 et Figure 125);
- le linteau de la cloison entre les sections 2 et 3 est cassé de façon franche et ne remplit plus son rôle de soutien (Figure 126) ;
- de part et d'autre de la cloison précitée, des racines percent la voûte et apparaissent tout le long de la section 3 ;
- à l'entrée de la section 3, on note sur les parements des décollements de panneaux (Figure 127).

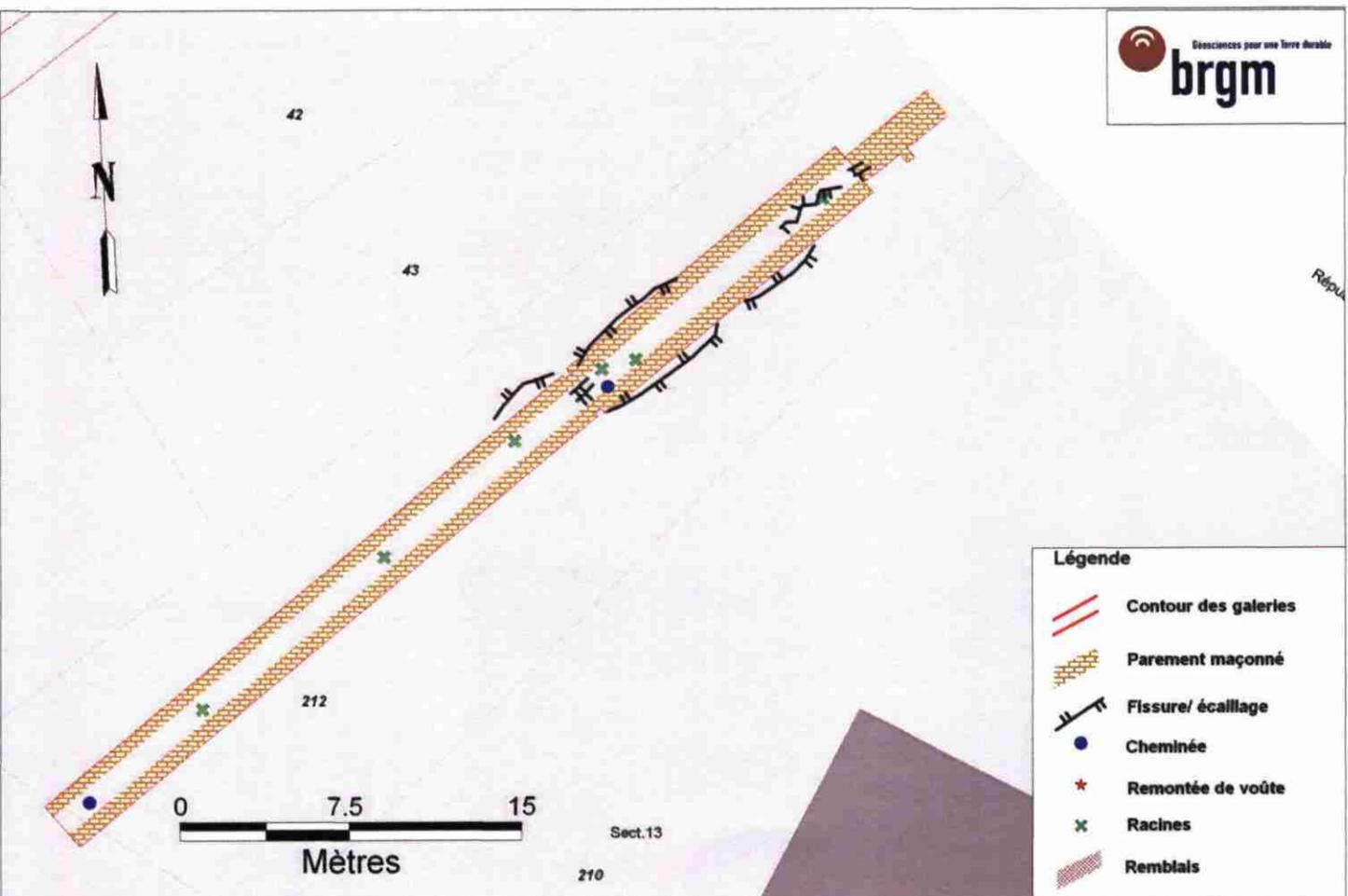


Figure 115 : Plan de la galerie avec les points d'observations

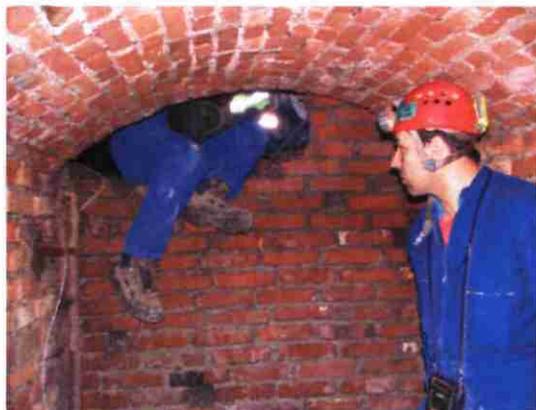


Figure 116 : Vue de l'entrée de la section 1 de la galerie



Figure 117 : Vue de l'accès à la galerie depuis l'extérieur

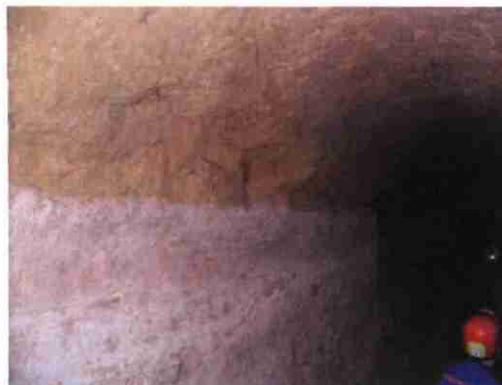


Figure 118 : Vue de la section 2 et les traces d'un panneau effondrée



Figure 119 : Vue de la section 3, à noter le grand nombre de racines en voûte



Figure 120 : Vue de la sortie de cheminée de la section 3



Figure 121 : Vue du conduit de cheminée de la section 2



Figure 122 : Vue du linteau fracturé entre les sections 1 et 2



Figure 123 : Percement de racines et fissuration de la voûte de la section 2

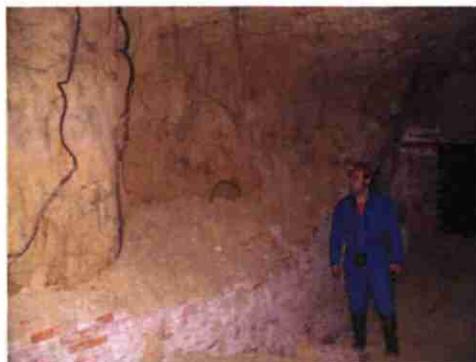


Figure 124 : Vue de la zone effondrée, parement section 2

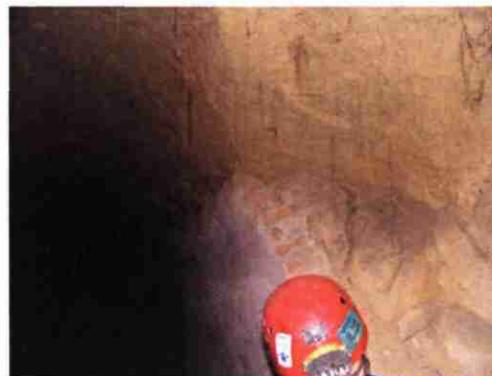


Figure 125 : Détail de l'effondrement des parements

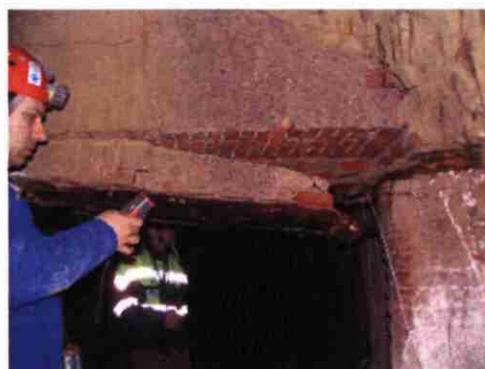


Figure 126 : Vue du linteau tombé entre les sections 2 et 3

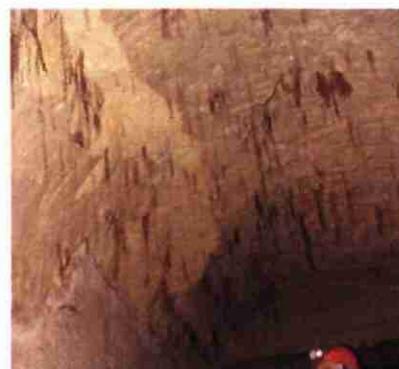


Figure 127 : Trace d'un panneau de loess tombé

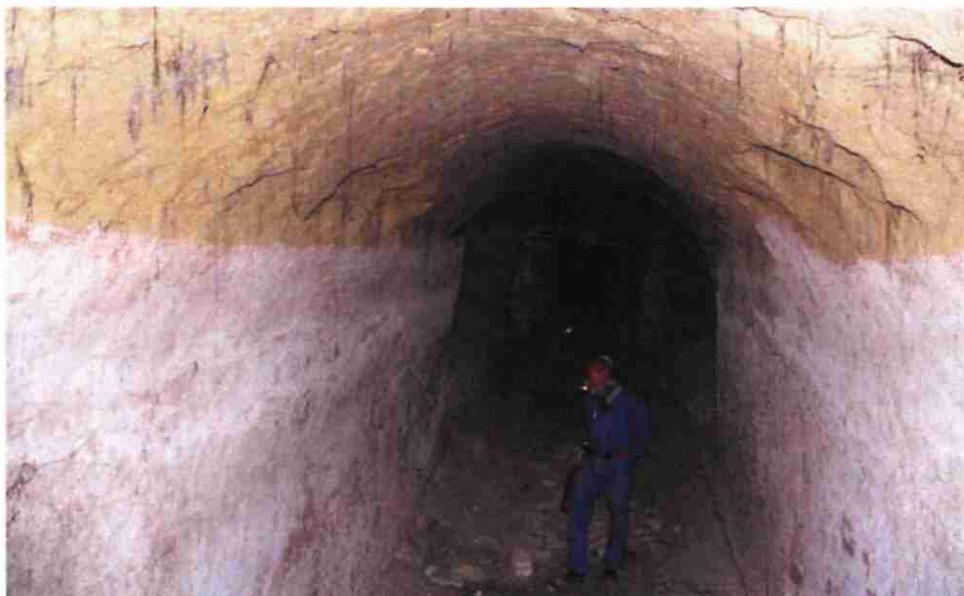


Figure 128 : Vue générale de la section 2, au fond, l'accès à la section 3 et devant, la zone de parements effondrés

2.8.3. Calcul des remontées de vide potentielles

Les calculs indiquent tous qu'en cas de formation de cloches de fontis de 1 m de rayon, à l'aplomb de toutes les sections non maçonnées leur évolution régressive se traduira en surface par un fontis dont la profondeur sera importante en surface et l'amplitude, au moins égale à l'épaisseur du recouvrement.

2.8.4. Conclusions et recommandations

La galerie dite « de la rue de l'Irrigation » est dans un état de conservation satisfaisant, hormis la zone de la section 2 où les parements se sont effondrés.

Étant donné l'absence d'enjeux en surface au droit de l'ouvrage, ce site ne justifie pas à l'heure actuelle une mise en sécurité urgente. En revanche un effondrement de la galerie pourrait entraîner des glissements de terrain et chutes de blocs depuis le talus amont des habitations de la rue de l'Irrigation. Pour cette raison ce site devra faire l'objet d'un suivi de contrôle.

Au cas où les parcelles 212 et 213 devraient être construites, une mise en garde des constructeurs vis à vis du risque d'effondrement serait impérative, ces derniers devant le prendre en compte dans leur projet.

2.9. GALERIES DU SECTEUR ACACIAS-TUILERIE

La visite des galeries de la rue des Tuileries – sous les terrains de l'IEM des Acacias – a été effectuée le 9 mars 2007.

La visite technique a été supervisée par Christian Mathon, Expert géotechnicien, accompagné de Davy Cruz Mermey, Géologue au SGR Alsace, l'assistance sécurité étant confiée au SSF.

2.9.1. Localisation - Enjeux à proximité

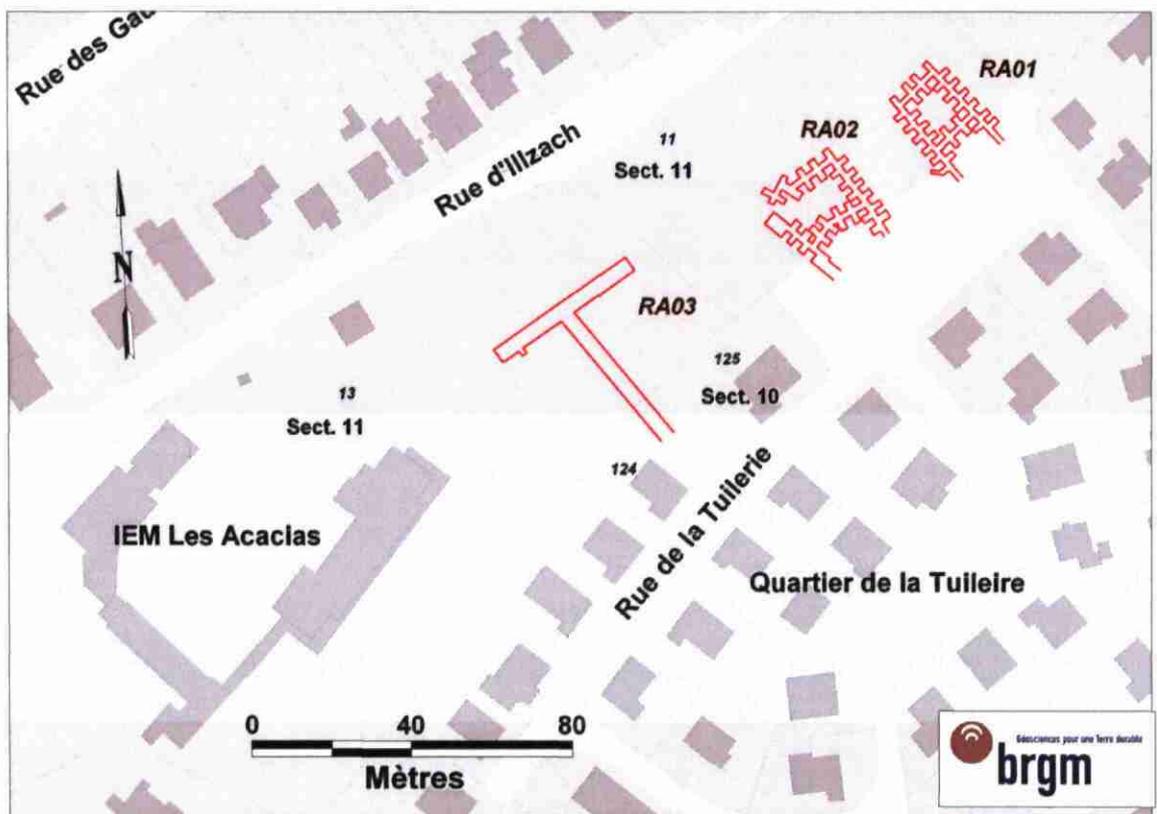


Figure 129: Plan de localisation des galeries de la rue de la Tuilerie

Les investigations dans le secteur de la rue de la Tuilerie ont été engagées en 2005 et 2006 sur la base d'un plan d'archive datant de la période allemande, probablement de la deuxième Guerre Mondiale (Figure 131).

Le plan représentait un vaste réseau doté de longues galeries et de plusieurs salles s'étendant depuis la rue de la République, sous l'école Waltz, et le centre éducatif des Acacias (IEM), entre l'actuelle rue de la Tuilerie et la rue d'Ilzsch, jusqu'à la bordure nord-est de la colline.

Le creusement de galeries sur ce secteur fut facilité par le contexte topographique. L'ancien quartier de la Tuilerie, situé à une quinzaine de mètres en contrebas de la ligne de crête de la colline, fut le point de départ de galeries creusées à l'horizontale à la base du talus de loess (accès en cavage). L'exploitation des loess pour la fabrication de tuiles s'est arrêtée dans les années 60. Le quartier de la Tuilerie a été construit sur la friche du carreau industriel.

À la place du grand réseau escompté, seuls trois réseaux indépendants et d'extension restreinte, ne correspondant que partiellement aux tracés indiqués sur le plan d'époque, ont été découverts.

Ces réseaux sont enregistrés sous l'indice RA (Réseau des Acacias) et sont numérotés de 1 à 3 de l'Est vers l'Ouest (Figure 132).

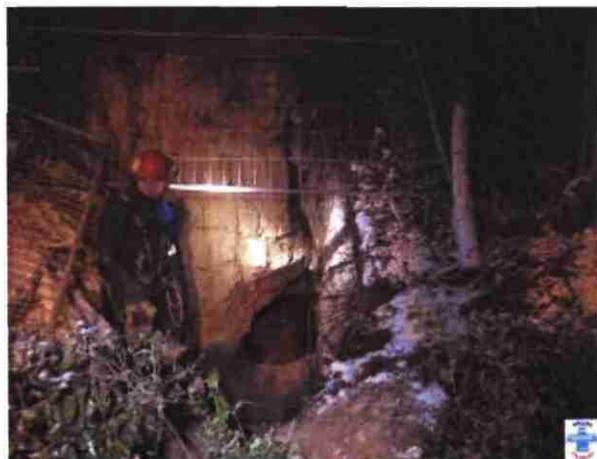
Deux réseaux (RA01 et RA02) composés de 4 galeries réparties en carré, sont contenues sous la parcelle 11 de la section 11. Cette dernière, adjacente au centre éducatif, est une prairie non construite et rares y sont les passants.

Le réseau RA03 est composé de deux tronçons perpendiculaires, qui filent en partie sous le talus raide et s'étendent principalement sous la parcelle 13 de la section 11, près de 30 m à l'Est du bâtiment de l'IEM des Acacias.

2.9.2. Nature de l'ouvrage et accès

L'origine des réseaux RA01 et RA02 n'est pas connue précisément, mais la découverte d'un casque militaire allemand et de détonateurs dans les galeries en carré indique qu'il pourrait s'agir de galeries à usage militaire.

Les deux réseaux en carré ont été trouvés grâce aux travaux de terrassement engagés par les services techniques de la ville. En se basant sur le plan d'archive, le pied de la



falaise, à l'Est du n°38 de la rue de la Tuilerie, a été sondé par des tranchées creusées à la pelle mécanique (Figure 130). Les accès aux réseaux RA01 et RA02 correspondent aux entrées E4 et E5 indiquées sur le plan d'archives (Figure 131).

L'organisation globale des galeries correspond aux tracés du plan mais contrairement à ce qui était indiqué, elles ne sont pas connectées à un réseau plus vaste.

Figure 130 : Vue de l'une des entrées dégagées à la pelle mécanique

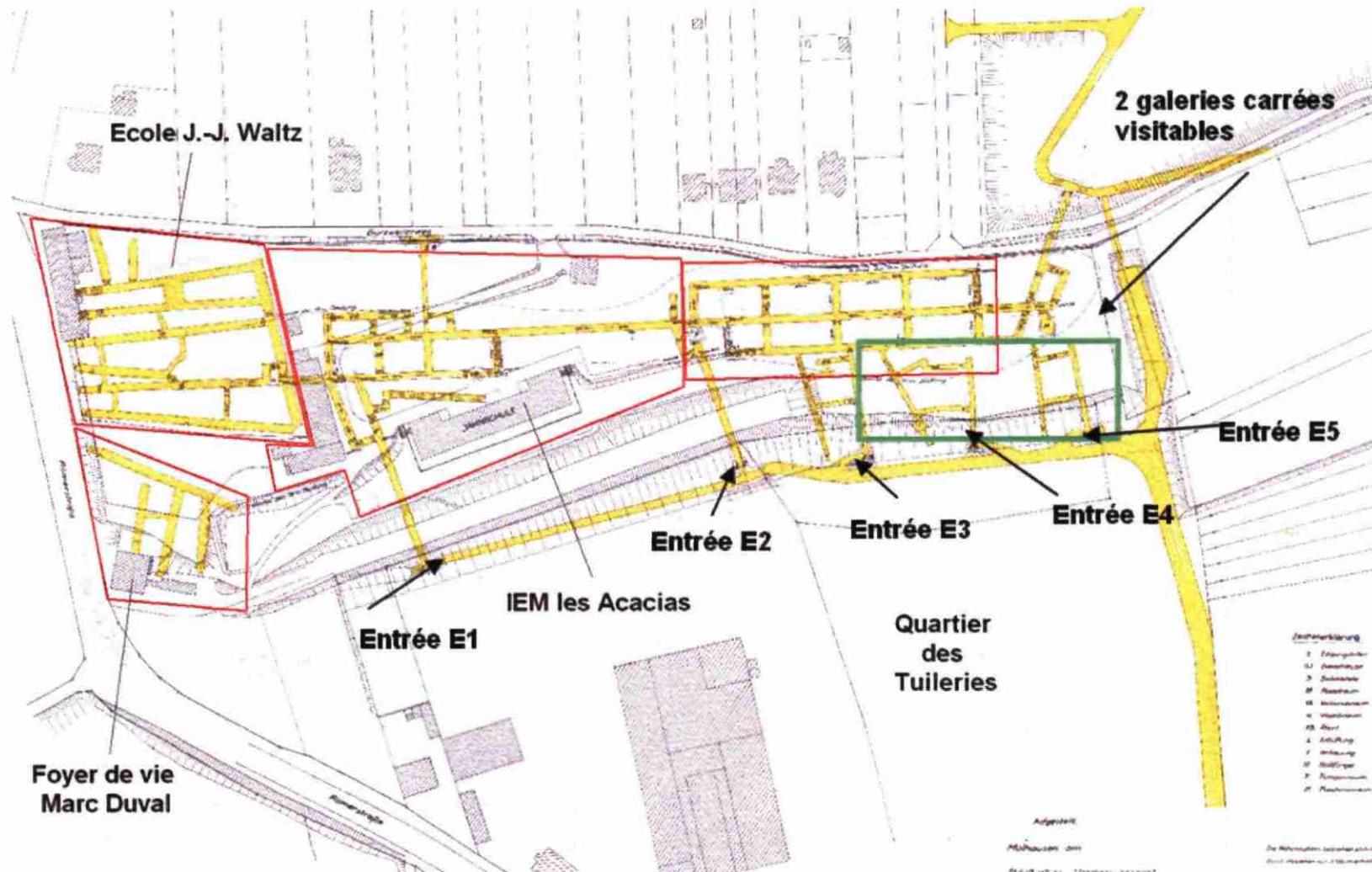


Figure 131 : Plan d'archive entre le secteur de la Tuilerie et de la rue d'Illzach



Figure 132 : Détail des galeries de la Tuilerie visitées (en rouge) et l'extrait du tracé issu du plan d'époque (orange)



Le réseau RA03 est nettement différent, bien plus large et plus profond ; les niveaux de loess excavés sont plus argileux que dans les deux précédents, ce qui ferait penser à une galerie d'exploitation des loess pour la fabrication de tuiles ou à une galerie de stockage.

La galerie RA03 a été découverte à la faveur de son effondrement au pied du talus, dans le jardin du n°38 de la rue de la Tuilerie (parcelle 125 - section 10) (Figure 133). L'entrée de cette galerie correspond à l'entrée E2 du plan allemand, mais son tracé diffère totalement (Figure 132).

Figure 133 : Vue de l'entrée de la galerie RA03

2.9.3. Description et dimensions de l'ouvrage

Les réseaux RA01 et RA02

Ces réseaux sont tous deux accessibles grâce aux tranchées creusées en pied du talus, au niveau d'un terrain public enherbé. Chaque réseau bénéficiait de 2 entrées mais une seule était accessible pour chaque réseau lors de la visite de mars 2007, l'autre étant effondrée ou obturée.

Les radiers des réseaux sont situés à près de 2 m sous le niveau de la rue. Chacun est composé de 4 tronçons s'étirant sur une longueur cumulée d'environ 80 m. Leur hauteur sous voûte est en moyenne de 1,8 m (Figure 134).

Les tronçons, larges de 1,5 m, comportent des alcôves et des niches, qui mesurent globalement toutes 2,8 x 1,5 m pour une hauteur de 1,8 m ; chaque réseau est doté d'une vingtaine de ces cellules régulièrement réparties.

Les 4 tronçons du réseau RA01 sont entièrement connectés, alors qu'un volumineux éboulement bouche la connexion entre les sections nord et ouest du réseau RA02.

En dehors de l'effondrement dans l'angle nord-ouest du réseau RA02 et d'une niche équipée d'une porte métallique à l'entrée du réseau RA01, rien ne les différencie (Figure 135 à Figure 141).

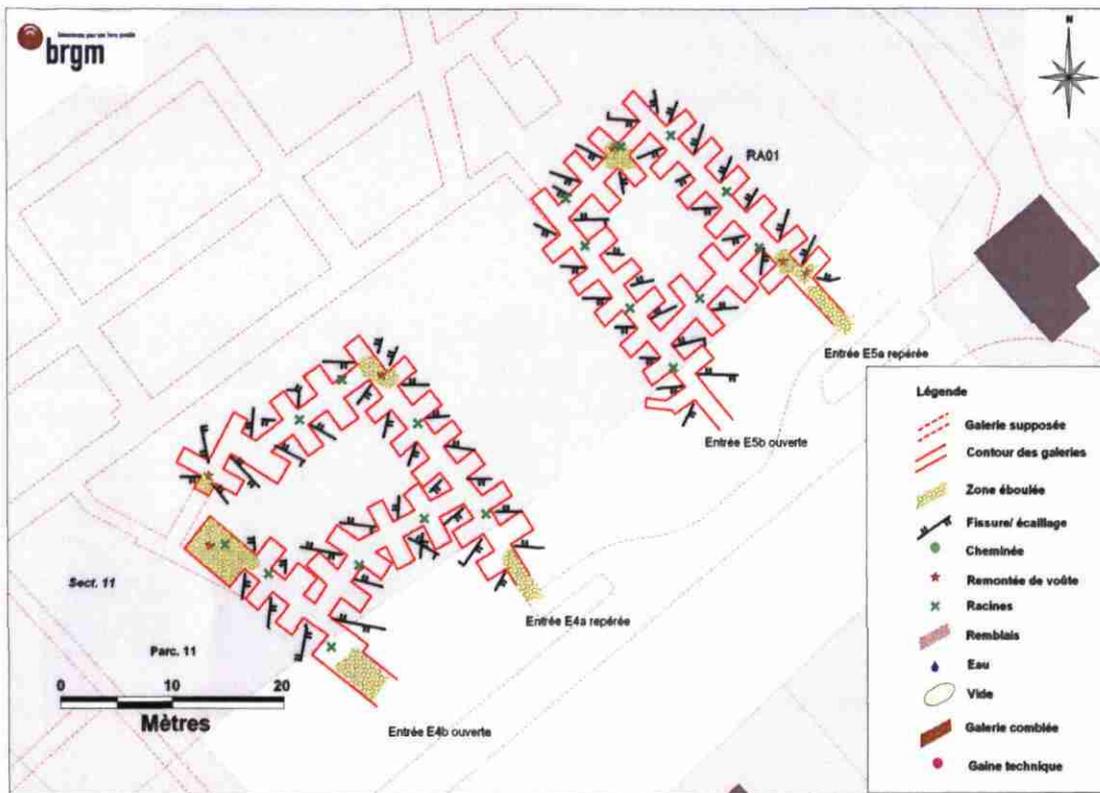


Figure 134 : Carte des observations effectuées dans les réseaux RA01 et RA02 le 9 mars 2007

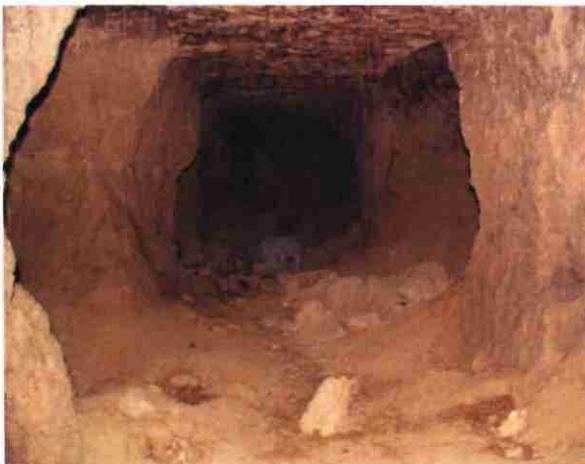


Figure 135 : Vue d'une galerie du réseau RA02

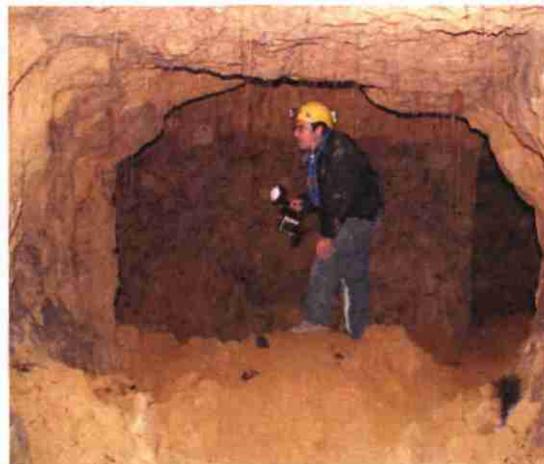


Figure 136 : Vue d'une galerie du réseau RA02

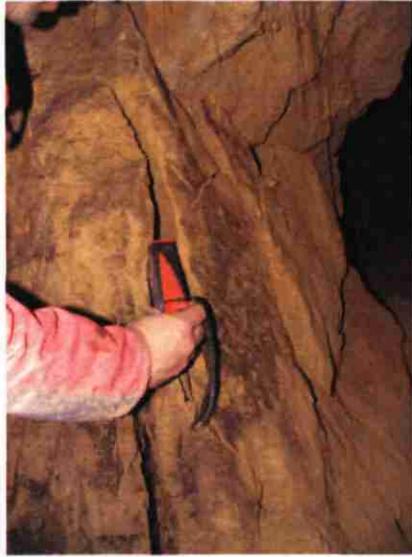


Figure 137 : Parement fortement fissuré

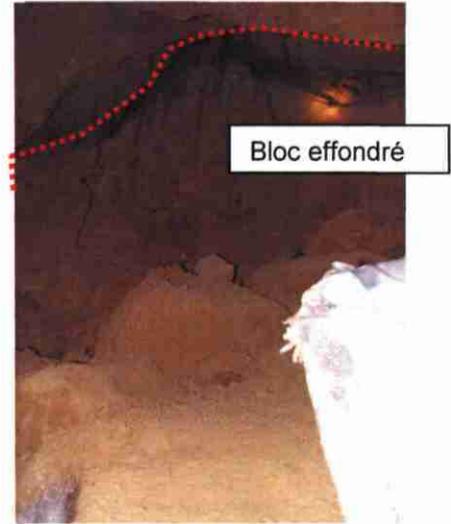


Figure 138 : Vue de l'effondrement principal du réseau RA02 ; le toit résiduel de la galerie est souligné en rouge

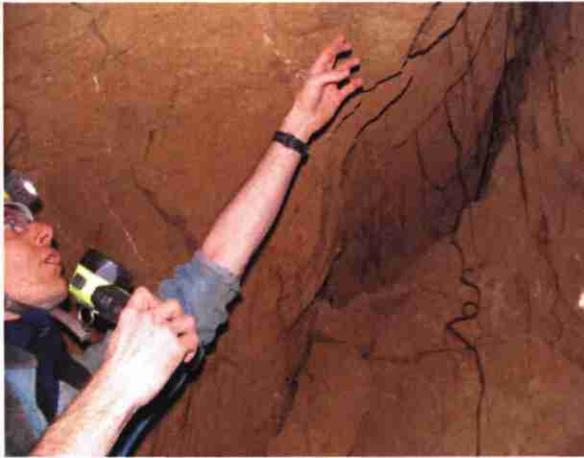


Figure 139 : Vue de la base de l'effondrement principal du réseau RA02

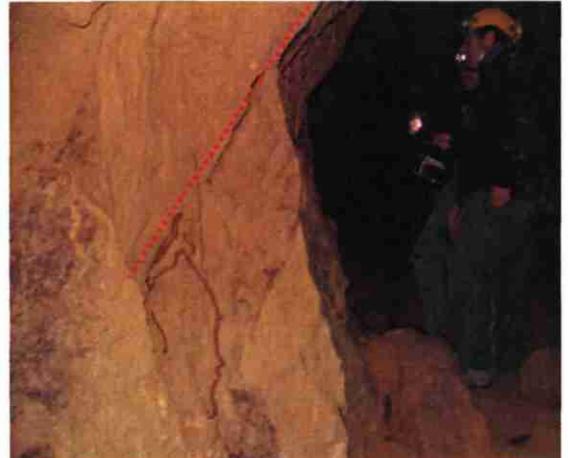


Figure 140 : fissuration typique d'un piédroit ; la fissuration est soulignée en rouge

Les deux réseaux sont percés de racines de façon variable suivant les secteurs, mais la voûte de l'effondrement principal, dans le RA03, permet d'observer des racines très épaisses et en grande quantité. L'effondrement s'est fait en masse, le bloc effondré mesurant entre 5 et 10 m³. Il est survenu à la connexion entre deux tronçons (nord et ouest) et il n'est pas exclu qu'il y avait également une troisième section ou une extension vers le nord, en direction du supposé réseau principal. En effet dans ce contexte souterrain, les croisées de galeries sont bien souvent des points de faiblesse du fait des plus grandes longueurs de portée entre les piédroits.

L'intervention du BRGM a surtout mis en avant un problème de conservation de ces deux réseaux qui sont soumis au même phénomène et aux mêmes désordres, à savoir que toutes les voûtes et les piédroits des sections, comme des alcôves, sont systématiquement fissurés, voire éclatés, de façon telle que certains « piliers » ne subsistent plus qu'à l'état de rognon (Figure 141).

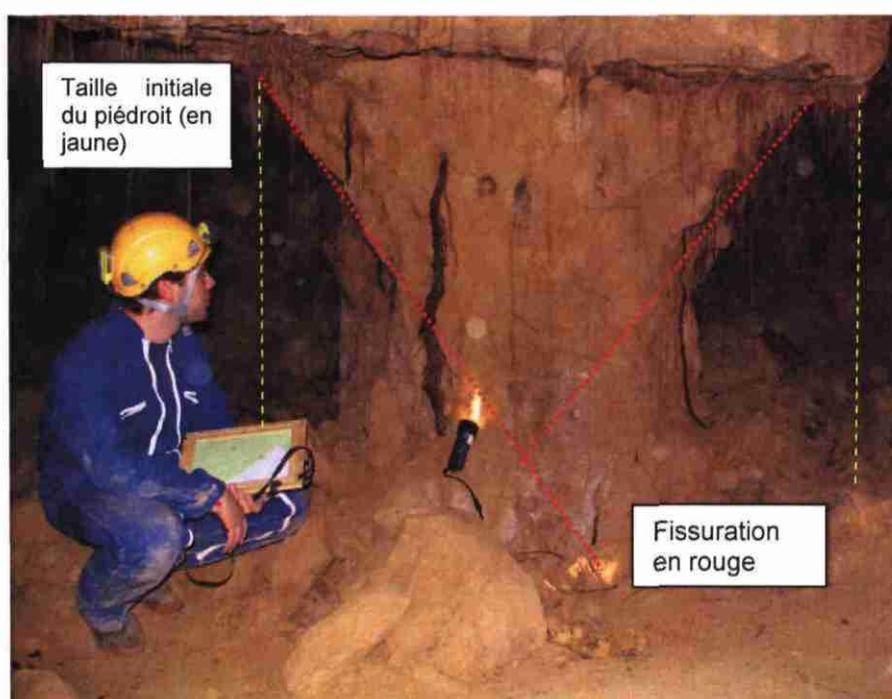


Figure 141 : Piédroit entre deux alcôves en forme de trognon de pomme (diabolo) , fissuration évoluée

Ces fissures sont liées principalement à la pression des terres sus-jacentes, dont l'épaisseur atteint une douzaine de mètres. Les loëss dans lesquels les galeries ont été creusées reposent sur des niveaux argileux. Le creusement des galeries a modifié la répartition naturelle des charges au sein de ces niveaux qui, poinçonnés, cèdent sous la contrainte verticale.

L'état de stabilité et de conservation de ces deux réseaux sont jugés très médiocres.

Réseau RA03

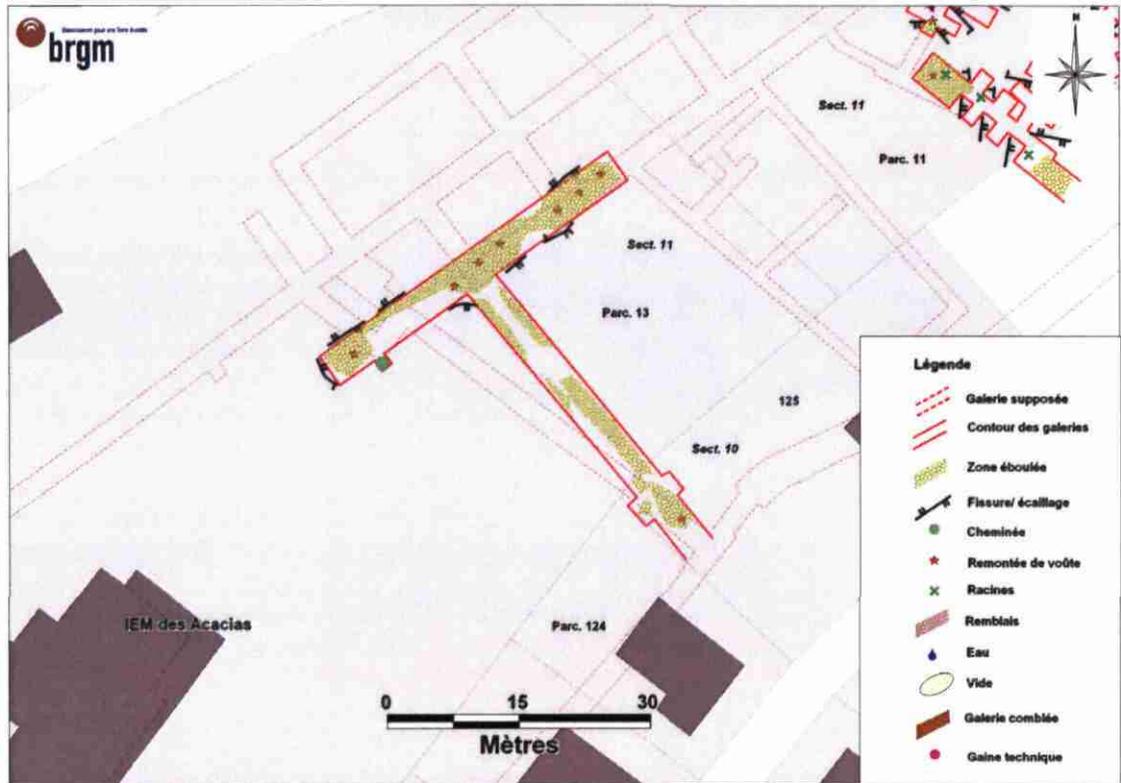


Figure 142 : Carte des observations effectuées dans le réseau RA03 le 9 mars 2007

Le réseau RA03 est accessible grâce à l'effondrement de son entrée dans le jardin du n°38 de la rue de la Tuilerie (Figure 133). Depuis, l'accès a été réaménagé par le propriétaire et il est fermé à l'aide d'une porte en bois cadénassée.

Le réseau est composé de 2 galeries. La première, orientée NO-SE, s'enfonce en partie sous la parcelle 125 de la section 10 sur une dizaine de mètres ; au-delà, tout le réseau s'étend sous la parcelle 13 de la section 11 (Figure 142).

La hauteur de la première galerie est en moyenne de 2,3 m pour une largeur de 3 m. Elle mesure près de 40 m depuis l'accès jusqu'à sa connexion avec la seconde, qu'elle recoupe en son milieu. Quelques mètres au-delà de l'entrée, deux alcôves ont été creusées, laissant encore apparaître les coups de piochon. Cette galerie est également remarquable par le fait qu'elle conserve encore des traces de son dispositif de soutènement initial. Il s'agissait d'un boisage composé d'une poutre encastree à ses extrémités au sommet des piédroits mais reposant probablement sur 2 poteaux disposés contre ces piédroits. L'espacement des boisages devait être de 2 à 3 m si l'on en croit les encastremets pour les poutres encore visibles au sommet des piédroits.

Cette galerie ne présente pas de montées de voûte majeures. À noter tout de même la présence régulière de panneaux de loëss tombés au sol qui encombrant localement le passage. Ces blocs sont répartis quasiment sur tout le tracé de la galerie 1 (Figure 143).

Les levés topographiques ont permis de quantifier l'approfondissement du radier de la



galerie qui, à la jonction entre les deux couloirs, est situé à environ 3 m sous le niveau de la rue de la Tuilerie. Le radier de la deuxième galerie reste au même niveau.

La deuxième galerie, orientée NE-SO, est composée de deux tronçons, l'un partant vers l'Est, l'autre vers l'Ouest ; chaque tronçon mesure 20 m de long.

Figure 143 : Vue de la galerie 1 en 2005 – photo mairie de Pfastatt

À la jonction des deux galeries, la seconde présente un effondrement important de la voûte, laissant un épais cône de loëss tombé sur un rayon de près de 3 m ; la voûte est remontée de 3 m au dessus de son niveau initial (Figure 146). À l'angle entre la galerie 1 et du tronçon occidental de la galerie 2, le piédroit éclate sous le poids des terres sus-jacentes.

En plus de l'effondrement à l'intersection des deux galeries, le tronçon oriental de la galerie 2 présente deux autres fontis, respectivement centrés à 8 et 1 m de l'extrémité orientale.

Au niveau des effondrements, les piédroits s'érodent, ce qui entraîne l'élargissement de la galerie ; la section atteint localement 3,9 m de large, contre 2,5 m à l'état initial supposé, mesurés à l'extrémité orientale du tronçon 2. L'élargissement de la galerie augmente la portée du toit, ce qui est défavorable à la stabilité de l'ouvrage. Toujours à l'extrémité orientale, la hauteur initiale supposée atteint 2,5 m. Partant de ce point, la largeur augmente rapidement pour atteindre 3,5 m en moyenne.

Le tronçon occidental est moins endommagé. Les piédroits sont décollés voire effondrés sur la quasi-totalité de la longueur de la galerie mais sa voûte est moins affectée (Figure 145 et Figure 147). Sa largeur varie de 3,7 à 4 m pour une hauteur de 1,7 à 2 m.

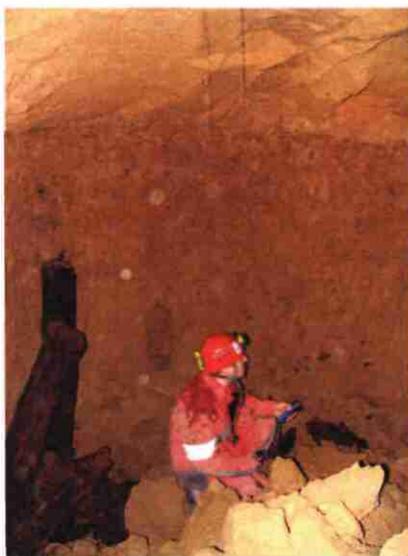


Figure 144 : Extrémité orientale, galerie 2

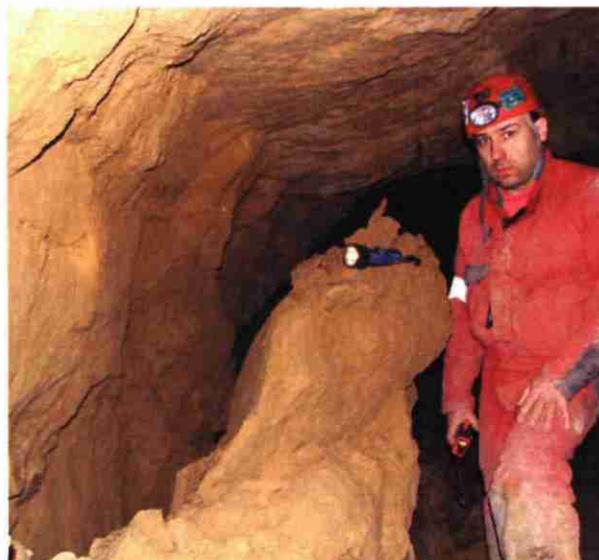


Figure 145 : Effondrement d'un panneau latéral, galerie 2 tronçon occidental

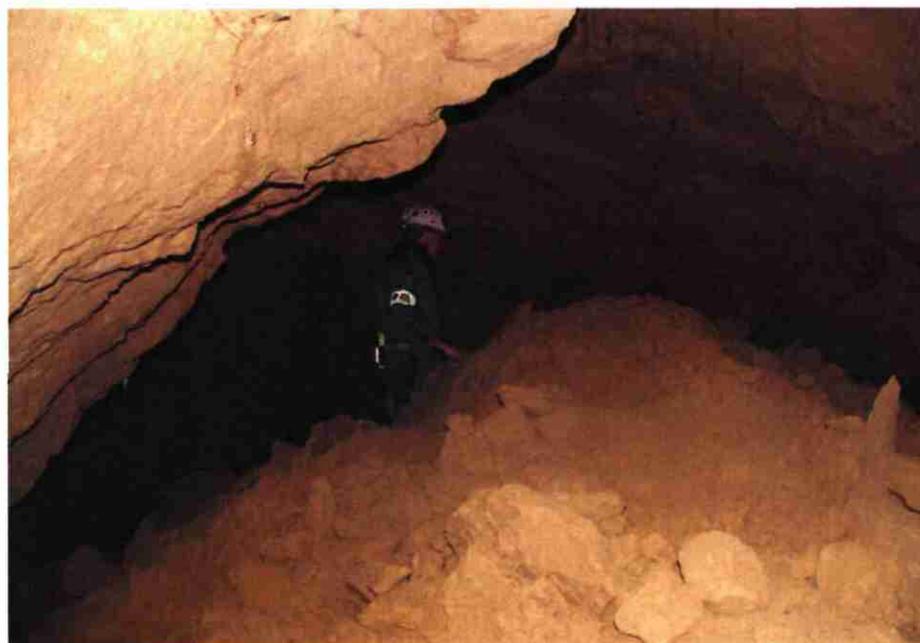


Figure 146 : Vue de l'effondrement principal au milieu de la galerie 2

Un petit effondrement du toit, au niveau de l'extrémité occidentale, encombre le radier de blocs épars.

A 5 m du fond de la galerie, côté sud, une cheminée à section carrée de 1,3 m de côté remonte 8 m au dessus du radier. Cette cheminée n'atteint pas la surface mais débouche sur une petite galerie naissante réduite et rapidement condamnée par un cône de remblais de démolition déversé depuis la surface.

Le radier de la galerie 2 est situé à près de 15 m sous la surface.

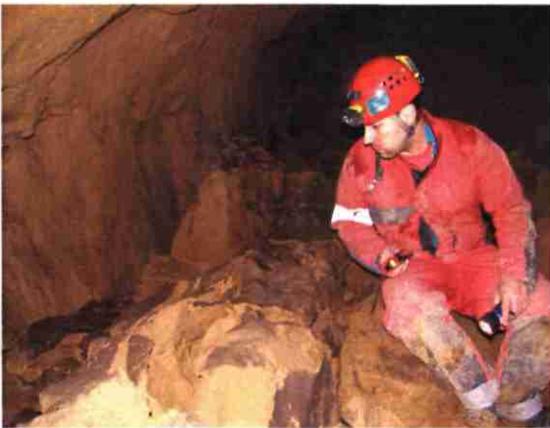


Figure 147 : Effondrement continu des piédroits, galerie 2 tronçon occidental

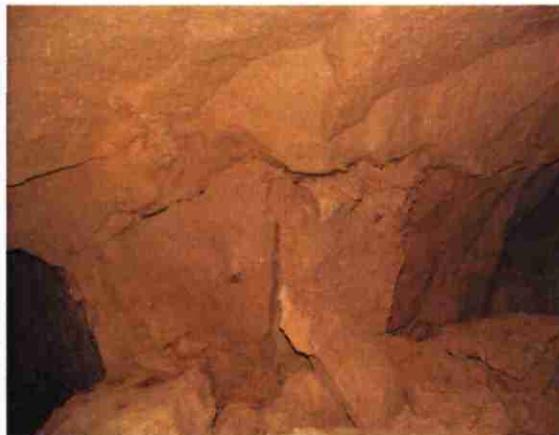


Figure 148 : Éclatement du piédroit à l'angle des galeries 1 et 2

2.9.4. Calcul des remontées de vide potentielles

Réseaux RA1 et RA2

Les calculs indiquent que ces galeries sont dans un contexte limite en matière de remontée potentielle des vides. En effet, les modélisations intégrant les paramètres précédents indiquent que dans le cas de montées de voûtes de diamètre réduit (1 à 2 m) la régression atteint la surface dans tous les cas de figure. Pour les cloches de fontis de diamètre important, égal ou supérieur à la largeur de la galerie, la régression se stabiliserait avant d'atteindre la surface.

Dans ce contexte, l'auto colmatage du vide n'est possible que dans les cas les plus favorables (fort foisonnement, angle de frottement interne élevé et cloche de fontis de grande taille), or les loëss présentant des variations verticales de composition et de

comportement ; ces conditions optimistes sont donc peu réalistes et, à moins que les galeries soient comblées, même grossièrement, les vides issus de l'effondrement des réseaux RA01 et RA02 pourraient atteindre la surface.

Réseau RA3

Les remarques faites dans le paragraphe précédant sont d'autant plus marquées pour cette galerie.

Concernant le tronçon 1, le moindre recouvrement sur la moitié sud rend la remontée de vide inévitable pour des cloches de fontis de rayon inférieur à 1,8 m. Au-delà de ce rayon, les vides francs n'atteindraient pas la surface, mais les calculs ne prennent en compte que des facteurs favorables à l'auto comblement du vide.

Dans le cas d'une cloche de fontis d'un diamètre au plus égal à la largeur de la galerie de la terminaison nord du tronçon 1, celle-ci entraînerait la formation d'un fontis en surface, et ce même avec des paramètres favorables à l'auto comblement.

En reprenant les dimensions de l'extrémité orientale du tronçon 2, qui pourraient correspondre à l'état initial avant déstabilisation de la voûte, les calculs indiquent un risque important d'apparition de fontis en surface, même en prenant des valeurs sécurisantes.

Concernant les zones où la voûte est effondrée et où l'on considère les loëss tombés comme un remblai partiel, les calculs indiquent que les remontées de vides sont également possibles si le rayon du fontis est faible (entre 1 et 1,5 m). Au-delà de ces rayons de cloche de fontis, en prenant en compte des facteurs sécurisants, les modélisations n'indiquent pas de remontées de vide. Les mises en garde sur les calculs sont les mêmes qu'énoncées dans les paragraphes précédents. Dans tous les cas, des affaissements restent probables.

Ces calculs ne prennent en compte que les données disponibles lors de la rédaction de la présente note et ne prennent pas en compte une éventuelle inondation des galeries, qui accentuerait la taille des effondrements, dans les galeries comme en surface.

2.9.5. Conclusions et recommandations

Le quartier des Tuileries permet d'accéder à 3 petits réseaux de galeries creusés sous l'axe de la colline de loëss passant à l'Est de l'IEM des Acacias.

La visite de contrôle effectuée le 9 mars 2007 a permis au BRGM de constater l'état médiocre de stabilité et de conservation de ces 3 ouvrages, fortement fissurés et localement effondrés.

Les calculs de remontées de vide indiquent de fortes probabilités pour qu'un vide atteigne la surface – fontis – en cas d'effondrement des réseaux RA01 et RA02.

Les mêmes calculs effectués pour le cas du réseau RA03 sont plus mitigés, mais ne permettent pas d'éliminer franchement tout risque de remontée de fontis en surface, notamment pour des cloches de fontis de faible diamètre au toit des galeries.

À l'heure actuelle, la parcelle 11 de la section 11 est inoccupée mais si elle devait être aménagée, les projets devront prendre en compte le risque d'effondrement au droit des réseaux RA01 et RA02 et des recherches complémentaires devront être engagées afin de s'assurer de l'absence de vide sous les projets, hors de l'aplomb de ces réseaux.

Concernant le réseau RA03, sa proximité avec le centre d'accueil pour enfants handicapés implique qu'il soit traité afin d'éliminer tout risque d'apparition de fontis dommageable en surface.

Le comblement des galeries, par exemple en déversant des remblais dans les puits, depuis la surface, permettrait d'atténuer ce risque vis-à-vis des biens et des personnes. Un comblement, s'il n'est pas total, n'interdit pas les affaissements en surface qui, bien que sans danger direct sur les personnes, peuvent endommager les structures.

Au-delà de ces galeries désormais connues demeurent toujours de nombreuses interrogations sur l'existence d'un grand réseau tel que celui figurant sur le plan d'archives. Ce plan correspondrait-il à un projet non abouti dont seules certaines galeries auraient été achevées ?

L'enjeu que représente l'IEM des Acacias sur le secteur est de première importance et il est nécessaire de conduire des recherches spécifiques de cavités. Les essais géophysiques engagés en 2006 dans le cadre de la première phase du projet permettront de cibler des zones prioritaires pour l'implantation de sondages de reconnaissance.

3. Conclusion générale

Le projet d'évaluation de la stabilité des ouvrages souterrains connus sous la commune de Pfastatt a visé particulièrement 11 réseaux et galeries, accessibles et cartographiés en 2006 lors de la première phase.

Les interventions du BRGM se sont déroulées aux mois de février et mars 2007 avec l'appui technique du SSF chargé de la sécurité des équipes. Elles ont été regroupées pour investiguer l'ensemble des cibles en 4 missions.

L'évaluation de la situation par les ingénieurs du BRGM fait ressortir une situation globalement peu favorable en termes de stabilité et de conservation des ouvrages souterrains. Chaque site a cependant des caractéristiques propres en termes de dimensions, profondeur, maçonneries et enjeux menacés.

L'analyse de la dégradation d'un ouvrage souterrain impose la prise en compte des enjeux associés. L'importance de ces derniers, croisée avec l'état de stabilité, permet de hiérarchiser l'urgence des éventuels travaux de confortement à mettre en œuvre, comme des recommandations d'usage à observer.

Il ressort ainsi que certains ouvrages ne nécessitent qu'une simple surveillance car leur état de conservation est jugé bon à acceptable pour le moment ; il s'agit de :

- la Galerie de l'Hôpital ;
- la Galerie des Poilus.

Ces deux sites sont associés à des enjeux humains élevés, car ils s'étendent sous des passages publics et des bâtiments sensibles. Si la situation venait à évoluer, des recommandations de travaux spécifiques seraient justifiées.

D'autres sites sont dans un état jugé moyen voire médiocre, mais les enjeux en surface sont de moindre importance et ne nécessitent donc pas de traitements urgents ; il s'agit de

- la galerie de la rue de l'Irrigation ;
- la galerie de la rue du Château.

Dans le premier cas, l'état de l'ouvrage est relativement satisfaisant et l'enjeu actuel en surface est quasiment nul. Au cas où la parcelle concernée viendrait à être construite, l'évaluation des risques devrait être revue et le projet de construction devra alors prendre en compte l'existence de la galerie. Le dimensionnement des structures devra être adapté et le comblement du vide devra être imposé.

Dans le second cas, la dégradation de l'ouvrage est généralisée mais ne menace pour l'instant qu'une parcelle agricole et un chemin rarement utilisé. Les calculs de propagation de remontées de voûte indiquent qu'une faible partie du réseau pourrait provoquer des fontis en surface.

Le traitement des galeries est envisageable mais sans urgence. Ceci n'interdit pas au propriétaire d'engager sans attendre des travaux de traitement.

Rejoignant le caractère et le contexte des deux précédentes, certaines galeries sont dans un état médiocre voire alarmant pour des enjeux en surface moyens à forts. Il s'agit :

- des réseaux du quartier des Tuileries ;
- des galeries de la maison de retraite Hirschler ;
- des galeries du secteur du Monument aux Morts.

Les investigations menées sur le premier site, doté de 3 petits réseaux, ont permis de dresser le constat d'une situation extrêmement précaire en terme de stabilité. Les deux réseaux « en carré » (RA01 et RA02) ont atteint un stade de dégradation irrémédiable. A l'heure actuelle, seule une parcelle enherbée et apparemment peu fréquentée pourrait être affectée par des fontis. Comme pour les cas précédents, si les terrains venaient à accueillir un projet immobilier ou d'aménagement, le comblement des ouvrages souterrains devra être imposé et les structures de l'ouvrage devront prendre en compte la déformabilité du sol. Étant donné la profondeur des galeries et leur faible accessibilité, le comblement ne pourrait se faire que par injection de coulis, en totalité ou de façon complémentaire (clavage) au déversement de remblais.

Le troisième réseau (RA03) du site est également dans un état médiocre, mais en cas d'effondrement il n'affecterait que la partie orientale des terrains utilisés par l'IEM des Acacias. Ce secteur compte parmi les enjeux d'importance soumis aux risques d'effondrement. Ce réseau devra faire l'objet d'un comblement dans les délais les plus brefs. La profondeur et l'état de la galerie parallèle au talus imposera de la remblayer depuis la surface (coulis à base de ciment ou remblais plus clavage des vides résiduels). La galerie d'accès pourra éventuellement être remblayée depuis son entrée.

Le parc et les bâtiments de la Résidence Hirschler ont subi d'importants dommages lors de l'effondrement des galeries en 2002. Malheureusement, les observations effectuées lors de la visite des galeries souterraines ne sont pas rassurantes. En effet, les galeries subissent des dommages importants qui aboutiront d'ici peu à un effondrement. Les terrains soumis à cet aléa sont des espaces verts, qui *a priori* ne sont empruntés qu'en cas d'entretien. Néanmoins la difficulté réside en la proximité de la rue de la République et de son trottoir, qui pourraient être atteints, en cas d'effondrement, par la chute d'éléments du mur voire même par les arbres (grands pins séculaires). Ce site bénéficie d'un terrain suffisamment important pour que les galeries puissent être terrassées et totalement comblées de façon traditionnelle ; un comblement par injection de coulis est également possible.

Le secteur du Monument aux Morts est dans une configuration quasiment identique. Les investigations ont permis de constater la fragilité et la forte dégradation de la galerie MM02, dont les effondrements en cours peuvent atteindre la surface d'un moment à l'autre. Les terrains soumis à cet aléa sont les gazons d'une propriété privée. En l'état, les enjeux sont relativement faibles, aussi la surface affectée peut-elle dans un premier temps être délimitée et interdite d'accès en attente de travaux. Le degré d'urgence de ceux-ci pourra être révisé selon les besoins du propriétaire et l'utilisation de la zone concernée, qui peuvent modifier l'importance de l'enjeu. Ceci n'interdit pas au propriétaire d'engager sans attendre des travaux de traitement.

La galerie MM01, désormais aveugle et qui passe sous le jardin du n°1 de la rue des Ancêtres, est dans la même situation. La galerie ne menace pas directement le bâti. Bien qu'en voie d'effondrement total, les simulations indiquent que le terrain concerné subirait des dommages dont l'amplitude serait inférieure au mètre. Un comblement, partiel – c'est à dire pas jusqu'au toit – ou total, selon la destination envisagée pour ce terrain, permettrait de remédier à l'apparition de fontis. La situation ne présente pas d'urgence à l'heure actuelle. Une signalisation du danger et une délimitation de l'emprise serait suffisante dans un premier temps. Ceci n'interdit pas au propriétaire d'engager sans attendre des travaux de traitement.

Les deux derniers réseaux sont dans une configuration qui nécessite une attention très particulière du fait de la sensibilité des enjeux qu'ils effleurent et de leur état de conservation. Il s'agit :

- la galerie de la rue de Richwiller ;
- le réseau de l'école maternelle Waltz.

Le premier est dans un état de stabilité très précaire. L'importance du vide qu'il représente, son faible recouvrement et les enjeux qu'il menace imposent un traitement rapide. Le degré d'urgence des travaux à engager se justifie par la position très proche des maisons et le passage à sa verticale de voies d'accès aux propriétés voisines. La remédiation du risque passe obligatoirement par son comblement total. Le contexte environnant limite les méthodes applicables, aussi l'injection semble le choix le plus pertinent ; des variantes associant remblai et coulis sont envisageables.

Le dernier site est dans un état de conservation moyen à bon, mais les enjeux concernés (école maternelle) sont de première importance. La ville de Pfastatt a engagé depuis 2003 des études et des travaux visant à limiter la dégradation du site, qui seront poursuivis dans les prochaines années. L'intervention du BRGM visait plus particulièrement à proposer une liste actualisée de priorités d'actions. La nature du site impose la poursuite des travaux jusqu'à sa mise en sécurité définitive, ainsi qu'un suivi périodique dont la durée dépendra de l'évolution des enjeux.

Au-delà des sites visitables et contrôlés en 2007, de grandes interrogations subsistent concernant l'état de compacité des sols, par exemple entre la rue du Parc et la rue de la République, où des galeries, parfois comblées, s'étendent sous des terrains constructibles. La vigilance s'impose d'elle-même aux services qui instruisent les demandes de permis de construire ; il leur appartient, en l'absence de texte réglementaire, de recommander aux pétitionnaires des études de sols adaptées. En

cas de modification du POS ou PLU, et dès lors qu'une galerie souterraine a été inventoriée, sa présence, même à l'état résiduel, devra être prise en compte.

Indépendamment des recommandations d'études préalables, il est indispensable d'informer la population sur l'existence du risque potentiel (DICRIM, DCS) et de veiller à transmettre à tous les propriétaires concernés les informations délivrées dans le présent rapport.

Enfin, le réseau qui serait situé sous l'IEM les Acacias reste encore hypothétique. S'il existe, même partiellement, l'importance des enjeux en surface impose la nécessité d'un programme spécifique de reconnaissance tel que proposé comme une troisième phase de ce projet.

Liste des sites à traiter par priorité

Priorité 1 : travaux de confortement et mise en sécurité à très courts termes :

- Rue de Richwiller ;
- Quartier des Tuileries réseau RA03 ;
- Maison de retraite Hirschler ;
- MM02 ;
- École maternelle Waltz.

Priorité 2 : travaux de confortement et mise en sécurité à courts et moyens termes :

- MM01 ;
- Quartier des Tuileries réseaux RA01 et RA02 ;
- École maternelle Waltz.

Priorité 3 : Travaux de confortement et mise en sécurité à moyens et longs termes

- Rue du Château ;
- Rue de l'Irrigation
- École maternelle Waltz.

Priorité 4 Travaux de confortement et mise en sécurité à longs termes

Aucune nécessité de travaux importants pour le confortement des galeries, visites régulières obligatoires.

- Réseaux place des Poilus ;
- Galerie technique de l'Hôpital.



Annexe 1

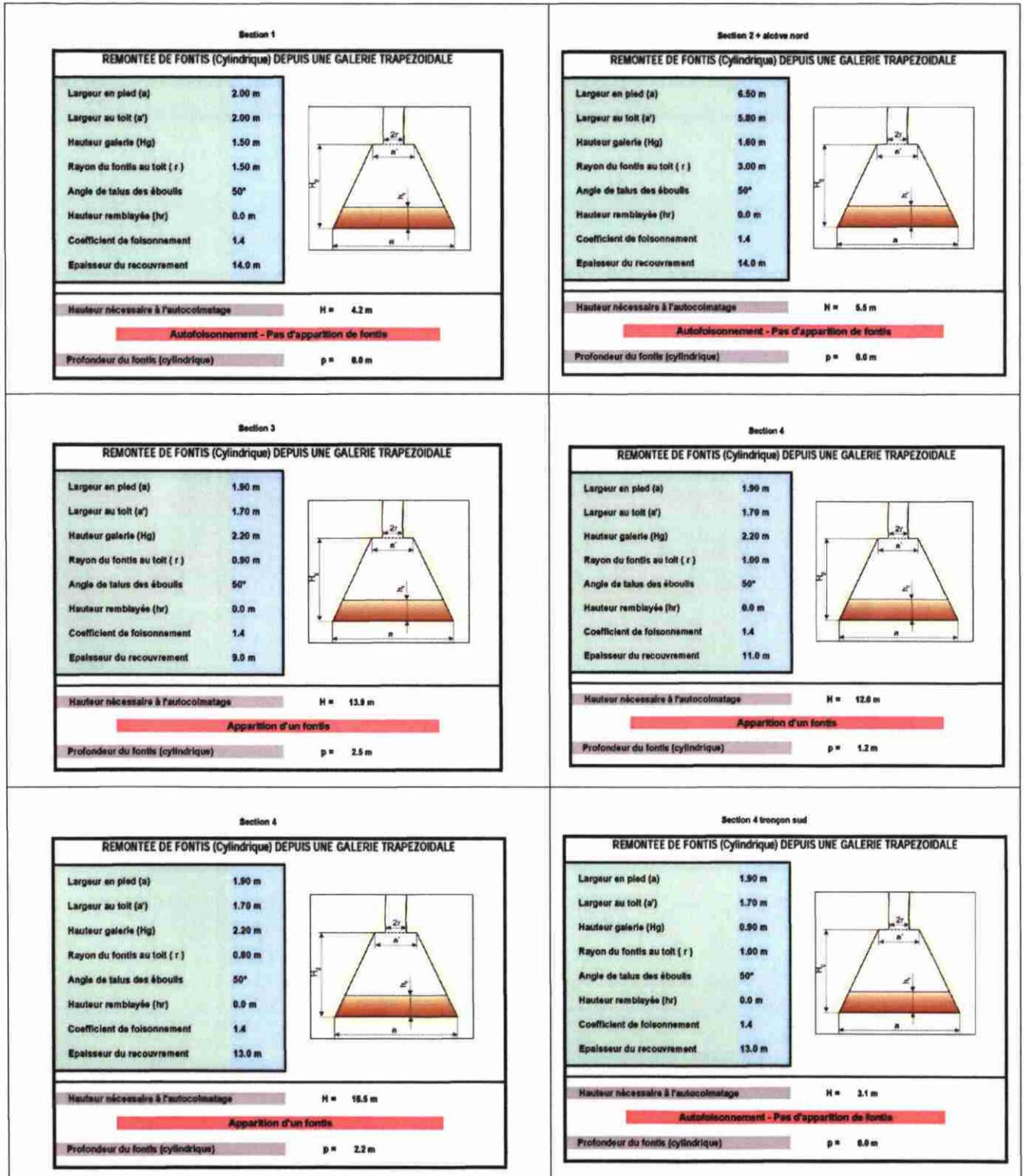
Calcul de remontée de vide



Ecole Waltz

G1		G2	
REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE	
Largeur en pied (a)	2.60 m	Largeur en pied (a)	2.50 m
Largeur au toit (a')	2.60 m	Largeur au toit (a')	2.50 m
Hauteur galerie (Hg)	2.50 m	Hauteur galerie (Hg)	3.00 m
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m
Angle de talus des éboulis	50°	Angle de talus des éboulis	50°
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m
Coefficient de foisonnement	1.4	Coefficient de foisonnement	1.4
Épaisseur du recouvrement	3.0 m	Épaisseur du recouvrement	3.5 m
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage H = 20.0 m		Hauteur nécessaire à l'autocolmatage H = 27.3 m	
Apparition d'un fontis		Apparition d'un fontis	
Profondeur du fontis (cylindrique) p = 3.0 m		Profondeur du fontis (cylindrique) p = 3.5 m	
G4		G6	
REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE	
Largeur en pied (a)	2.50 m	Largeur en pied (a)	2.50 m
Largeur au toit (a')	2.50 m	Largeur au toit (a')	2.50 m
Hauteur galerie (Hg)	2.50 m	Hauteur galerie (Hg)	2.50 m
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m
Angle de talus des éboulis	50°	Angle de talus des éboulis	50°
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m
Coefficient de foisonnement	1.4	Coefficient de foisonnement	1.4
Épaisseur du recouvrement	7.0 m	Épaisseur du recouvrement	5.0 m
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage H = 18.4 m		Hauteur nécessaire à l'autocolmatage H = 18.4 m	
Apparition d'un fontis		Apparition d'un fontis	
Profondeur du fontis (cylindrique) p = 5.1 m		Profondeur du fontis (cylindrique) p = 5.9 m	
G8		G9	
REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE	
Largeur en pied (a)	3.15 m	Largeur en pied (a)	2.50 m
Largeur au toit (a')	3.15 m	Largeur au toit (a')	2.50 m
Hauteur galerie (Hg)	3.00 m	Hauteur galerie (Hg)	2.50 m
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m
Angle de talus des éboulis	50°	Angle de talus des éboulis	50°
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m
Coefficient de foisonnement	1.4	Coefficient de foisonnement	1.4
Épaisseur du recouvrement	4.5 m	Épaisseur du recouvrement	4.6 m
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage H = 32.6 m		Hauteur nécessaire à l'autocolmatage H = 19.4 m	
Apparition d'un fontis		Apparition d'un fontis	
Profondeur du fontis (cylindrique) p = 4.5 m		Profondeur du fontis (cylindrique) p = 4.8 m	

Rue du Château



Section 5

REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE

Largueur en pied (a)	1.90 m
Largueur au toit (a')	1.70 m
Hauteur galerie (Hg)	0.90 m
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m
Angle de talus des éboulis	48°
Hauteur remblayée (hr)	6.0 m
Coefficient de foisonnement	1.2
Épaisseur du recouvrement	13.0 m

Hauteur nécessaire à l'autocolmatage **H = 8.4 m**

Autofolonnement - Pas d'apparition de fontis

Profondeur du fontis (cylindrique) **p = 6.0 m**

Section 5 - bordure orientale

REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE

Largueur en pied (a)	1.00 m
Largueur au toit (a')	1.00 m
Hauteur galerie (Hg)	1.00 m
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m
Angle de talus des éboulis	50°
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m
Coefficient de foisonnement	1.4
Épaisseur du recouvrement	8.0 m

Hauteur nécessaire à l'autocolmatage **H = 3.3 m**

Autofolonnement - Pas d'apparition de fontis

Profondeur du fontis (cylindrique) **p = 6.0 m**

Section 5

REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE

Largueur en pied (a)	1.90 m
Largueur au toit (a')	1.90 m
Hauteur galerie (Hg)	2.20 m
Rayon du fontis au toit (r)	1.30 m
Angle de talus des éboulis	50°
Hauteur remblayée (hr)	6.0 m
Coefficient de foisonnement	1.4
Épaisseur du recouvrement	9.0 m

Hauteur nécessaire à l'autocolmatage **H = 8.6 m**

Autofolonnement - Pas d'apparition de fontis

Profondeur du fontis (cylindrique) **p = 6.0 m**

Section 6

REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE

Largueur en pied (a)	5.50 m
Largueur au toit (a')	5.20 m
Hauteur galerie (Hg)	1.35 m
Rayon du fontis au toit (r)	2.70 m
Angle de talus des éboulis	50°
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m
Coefficient de foisonnement	1.4
Épaisseur du recouvrement	10.0 m

Hauteur nécessaire à l'autocolmatage **H = 4.4 m**

Autofolonnement - Pas d'apparition de fontis

Profondeur du fontis (cylindrique) **p = 6.0 m**

Section 6

REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE

Largueur en pied (a)	2.60 m
Largueur au toit (a')	2.40 m
Hauteur galerie (Hg)	1.35 m
Rayon du fontis au toit (r)	1.30 m
Angle de talus des éboulis	50°
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m
Coefficient de foisonnement	1.4
Épaisseur du recouvrement	11.0 m

Hauteur nécessaire à l'autocolmatage **H = 5.3 m**

Autofolonnement - Pas d'apparition de fontis

Profondeur du fontis (cylindrique) **p = 6.0 m**

Galeries Monument aux Morts

REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE																																					
<table border="1"> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>3.30 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>3.30 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>0.90 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.80 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Épaisseur du recouvrement</td><td>4.5 m</td></tr> </table>	Largeur en pied (a)	3.30 m	Largeur au toit (a')	3.30 m	Hauteur galerie (Hg)	0.90 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.80 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.2	Épaisseur du recouvrement	4.5 m		<table border="1"> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>3.30 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>3.30 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>0.90 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.80 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Épaisseur du recouvrement</td><td>4.5 m</td></tr> </table>	Largeur en pied (a)	3.30 m	Largeur au toit (a')	3.30 m	Hauteur galerie (Hg)	0.90 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.80 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.4	Épaisseur du recouvrement	4.5 m					
Largeur en pied (a)	3.30 m																																						
Largeur au toit (a')	3.30 m																																						
Hauteur galerie (Hg)	0.90 m																																						
Rayon du fontis au toit (r)	1.80 m																																						
Angle de talus des éboulis	50°																																						
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																																						
Coefficient de foisonnement	1.2																																						
Épaisseur du recouvrement	4.5 m																																						
Largeur en pied (a)	3.30 m																																						
Largeur au toit (a')	3.30 m																																						
Hauteur galerie (Hg)	0.90 m																																						
Rayon du fontis au toit (r)	1.80 m																																						
Angle de talus des éboulis	50°																																						
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																																						
Coefficient de foisonnement	1.4																																						
Épaisseur du recouvrement	4.5 m																																						
<table border="1"> <tr><td>Hauteur nécessaire à l'autocolmatage</td><td>H = 5.5 m</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Apparition d'un fontis</td></tr> <tr><td>Profondeur du fontis (cylindrique)</td><td>p = -0.2 m</td></tr> </table>	Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 5.5 m	Apparition d'un fontis		Profondeur du fontis (cylindrique)	p = -0.2 m		<table border="1"> <tr><td>Hauteur nécessaire à l'autocolmatage</td><td>H = 2.7 m</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Autofoisonnement - Pas d'apparition de fontis</td></tr> <tr><td>Profondeur du fontis (cylindrique)</td><td>p = 0.0 m</td></tr> </table>	Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 2.7 m	Autofoisonnement - Pas d'apparition de fontis		Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 0.0 m																									
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 5.5 m																																						
Apparition d'un fontis																																							
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = -0.2 m																																						
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 2.7 m																																						
Autofoisonnement - Pas d'apparition de fontis																																							
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 0.0 m																																						
Cas de faible foisonnement - MM01 galerie résiduelle		Cas de foisonnement élevé - MM01 galerie résiduelle																																					
<table border="1"> <tr><td colspan="2">REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE</td></tr> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>2.30 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>1.90 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>1.40 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.00 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Épaisseur du recouvrement</td><td>3.0 m</td></tr> </table>	REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		Largeur en pied (a)	2.30 m	Largeur au toit (a')	1.90 m	Hauteur galerie (Hg)	1.40 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.4	Épaisseur du recouvrement	3.0 m		<table border="1"> <tr><td colspan="2">REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE</td></tr> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>2.75 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>2.50 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>2.50 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.00 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Épaisseur du recouvrement</td><td>3.0 m</td></tr> </table>	REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		Largeur en pied (a)	2.75 m	Largeur au toit (a')	2.50 m	Hauteur galerie (Hg)	2.50 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.4	Épaisseur du recouvrement	3.0 m	
REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE																																							
Largeur en pied (a)	2.30 m																																						
Largeur au toit (a')	1.90 m																																						
Hauteur galerie (Hg)	1.40 m																																						
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m																																						
Angle de talus des éboulis	50°																																						
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																																						
Coefficient de foisonnement	1.4																																						
Épaisseur du recouvrement	3.0 m																																						
REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE																																							
Largeur en pied (a)	2.75 m																																						
Largeur au toit (a')	2.50 m																																						
Hauteur galerie (Hg)	2.50 m																																						
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m																																						
Angle de talus des éboulis	50°																																						
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																																						
Coefficient de foisonnement	1.4																																						
Épaisseur du recouvrement	3.0 m																																						
<table border="1"> <tr><td>Hauteur nécessaire à l'autocolmatage</td><td>H = 6.7 m</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Apparition d'un fontis</td></tr> <tr><td>Profondeur du fontis (cylindrique)</td><td>p = 1.5 m</td></tr> </table>	Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 6.7 m	Apparition d'un fontis		Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 1.5 m		<table border="1"> <tr><td>Hauteur nécessaire à l'autocolmatage</td><td>H = 20.4 m</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Apparition d'un fontis</td></tr> <tr><td>Profondeur du fontis (cylindrique)</td><td>p = 1.0 m</td></tr> </table>	Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 20.4 m	Apparition d'un fontis		Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 1.0 m																									
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 6.7 m																																						
Apparition d'un fontis																																							
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 1.5 m																																						
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 20.4 m																																						
Apparition d'un fontis																																							
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 1.0 m																																						
MM02 - Extrémité nord		MM02 - Extrémité sud																																					

Maison de retraite Hirschler

REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOÏDALE																		
<table border="1"> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>2.35 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>2.35 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>2.10 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.00 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Épaisseur du recouvrement</td><td>5.5 m</td></tr> </table>	Largeur en pied (a)	2.35 m	Largeur au toit (a')	2.35 m	Hauteur galerie (Hg)	2.10 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.4	Épaisseur du recouvrement	5.5 m		
Largeur en pied (a)	2.35 m																	
Largeur au toit (a')	2.35 m																	
Hauteur galerie (Hg)	2.10 m																	
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m																	
Angle de talus des éboulis	50°																	
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																	
Coefficient de foisonnement	1.4																	
Épaisseur du recouvrement	5.5 m																	
Hauteur nécessaire à l'autocoûtage	H = 12.8 m																	
Apparition d'un fontis																		
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 3.4 m	L'entrée du site																
REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOÏDALE																		
<table border="1"> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>2.45 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>2.45 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>2.10 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.00 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Épaisseur du recouvrement</td><td>2.5 m</td></tr> </table>	Largeur en pied (a)	2.45 m	Largeur au toit (a')	2.45 m	Hauteur galerie (Hg)	2.10 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.4	Épaisseur du recouvrement	2.5 m		
Largeur en pied (a)	2.45 m																	
Largeur au toit (a')	2.45 m																	
Hauteur galerie (Hg)	2.10 m																	
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m																	
Angle de talus des éboulis	50°																	
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																	
Coefficient de foisonnement	1.4																	
Épaisseur du recouvrement	2.5 m																	
Hauteur nécessaire à l'autocoûtage	H = 14.8 m																	
Apparition d'un fontis																		
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 2.6 m	Palier galerie orientale																
REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOÏDALE																		
<table border="1"> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>2.35 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>2.35 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>2.15 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.00 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Épaisseur du recouvrement</td><td>7.0 m</td></tr> </table>	Largeur en pied (a)	2.35 m	Largeur au toit (a')	2.35 m	Hauteur galerie (Hg)	2.15 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.4	Épaisseur du recouvrement	7.0 m		
Largeur en pied (a)	2.35 m																	
Largeur au toit (a')	2.35 m																	
Hauteur galerie (Hg)	2.15 m																	
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m																	
Angle de talus des éboulis	50°																	
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																	
Coefficient de foisonnement	1.4																	
Épaisseur du recouvrement	7.0 m																	
Hauteur nécessaire à l'autocoûtage	H = 14.2 m																	
Apparition d'un fontis																		
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 1.2 m	Fond de la galerie orientale																

REMONTEE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		REMONTEE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE																																	
<table border="1"> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>3.30 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>2.40 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>2.45 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.00 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Epaisseur du recouvrement</td><td>5.5 m</td></tr> </table>	Largeur en pied (a)	3.30 m	Largeur au toit (a')	2.40 m	Hauteur galerie (Hg)	2.45 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.4	Epaisseur du recouvrement	5.5 m		<table border="1"> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>3.10 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>2.35 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>2.45 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.00 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Epaisseur du recouvrement</td><td>5.5 m</td></tr> </table>	Largeur en pied (a)	3.10 m	Largeur au toit (a')	2.35 m	Hauteur galerie (Hg)	2.45 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.4	Epaisseur du recouvrement	5.5 m	
Largeur en pied (a)	3.30 m																																		
Largeur au toit (a')	2.40 m																																		
Hauteur galerie (Hg)	2.45 m																																		
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m																																		
Angle de talus des éboulis	50°																																		
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																																		
Coefficient de foisonnement	1.4																																		
Epaisseur du recouvrement	5.5 m																																		
Largeur en pied (a)	3.10 m																																		
Largeur au toit (a')	2.35 m																																		
Hauteur galerie (Hg)	2.45 m																																		
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m																																		
Angle de talus des éboulis	50°																																		
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																																		
Coefficient de foisonnement	1.4																																		
Epaisseur du recouvrement	5.5 m																																		
<table border="1"> <tr><td>Hauteur nécessaire à l'autocolmatage</td><td>H = 25.7 m</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Apparition d'un fontis</td></tr> <tr><td>Profondeur du fontis (cylindrique)</td><td>p = 5.5 m</td></tr> </table>	Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 25.7 m	Apparition d'un fontis		Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 5.5 m		<table border="1"> <tr><td>Hauteur nécessaire à l'autocolmatage</td><td>H = 20.4 m</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Apparition d'un fontis</td></tr> <tr><td>Profondeur du fontis (cylindrique)</td><td>p = 5.5 m</td></tr> </table>	Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 20.4 m	Apparition d'un fontis		Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 5.5 m																					
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 25.7 m																																		
Apparition d'un fontis																																			
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 5.5 m																																		
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 20.4 m																																		
Apparition d'un fontis																																			
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 5.5 m																																		
Galerie occidentale		Galerie occidentale																																	

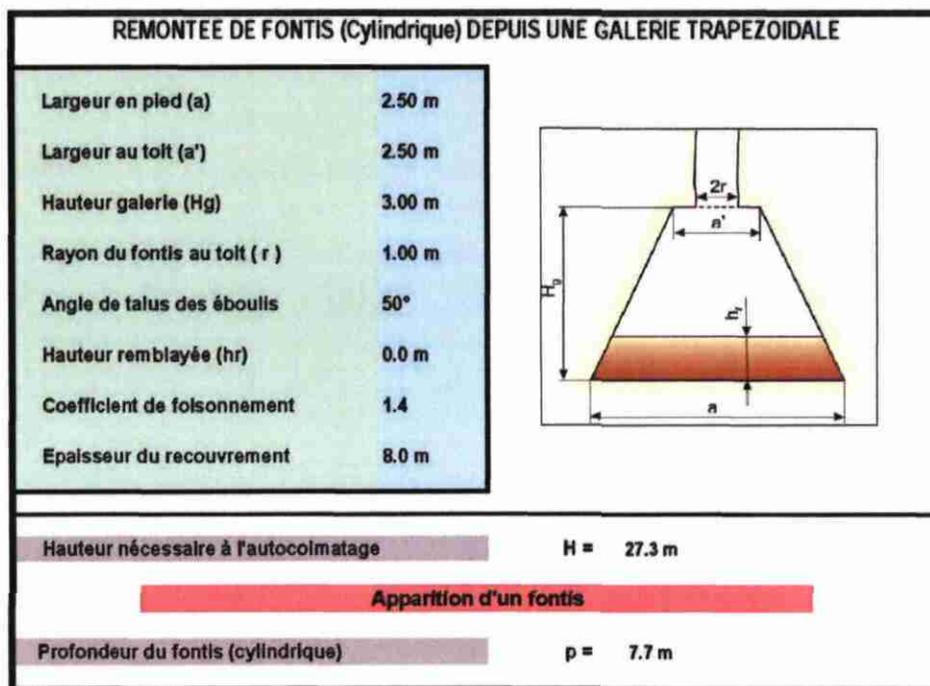
Place des Poilus

REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		
Largueur en pied (a)	2.70 m	
Largueur au toit (a')	2.00 m	
Hauteur galerie (Hg)	2.70 m	
Rayon du fontis au toit (r)	1.40 m	
Angle de talus des éboulis	50°	
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	
Coefficient de foisonnement	1.4	
Epaisseur du recouvrement	3.5 m	
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 14.2 m	Extrémité nord (entrée)
Apparition d'un fontis		
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 3.5 m	
REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		
Largueur en pied (a)	3.40 m	
Largueur au toit (a')	2.00 m	
Hauteur galerie (Hg)	2.40 m	
Rayon du fontis au toit (r)	1.20 m	
Angle de talus des éboulis	50°	
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	
Coefficient de foisonnement	1.4	
Epaisseur du recouvrement	4.5 m	
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 15.7 m	Extrémité sud (côté rue)
Apparition d'un fontis		
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 4.5 m	

Rue de Richwiller

REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		
Largueur en pied (a)	2.00 m	
Largueur au toit (a')	1.70 m	
Hauteur galerie (Hg)	2.00 m	
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	
Angle de talus des éboulis	50°	
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	
Coefficient de foisonnement	1.4	
Epaisseur du recouvrement	1.5 m	
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 10.6 m	Section 1
Apparition d'un fontis		
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 1.5 m	
REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		
Largueur en pied (a)	3.00 m	
Largueur au toit (a')	2.60 m	
Hauteur galerie (Hg)	3.00 m	
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	
Angle de talus des éboulis	50°	
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	
Coefficient de foisonnement	1.4	
Epaisseur du recouvrement	4.0 m	
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 30.3 m	Section 2
Apparition d'un fontis		
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 4.0 m	
REMONTÉE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		
Largueur en pied (a)	2.50 m	
Largueur au toit (a')	2.00 m	
Hauteur galerie (Hg)	3.00 m	
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	
Angle de talus des éboulis	50°	
Hauteur remblayée (hr)	1.0 m	
Coefficient de foisonnement	1.4	
Epaisseur du recouvrement	4.5 m	
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 12.0 m	Section 4
Apparition d'un fontis		
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 3.1 m	

Rue de l'Irrigation

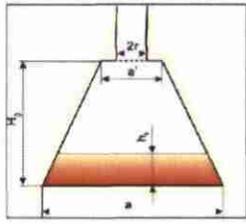
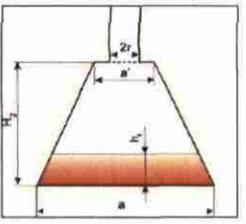


Secteur Acacias-Tuilerie - RA01 et RA02

REMONTÉE DE FONTIS DEPUIS UNE CROISEE DE GALERIES			
Largeur galerie (a)	1.70 m		
Largeur au toit (b)	1.60 m		
Hauteur galerie (Hg)	1.80 m		
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m		
Angle de talus des éboulis	50°		
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m		
Coefficient de foisonnement	1.4		
Epaisseur du recouvrement	12.0 m		
Hauteur de remontée du fontis	H = 13.4 m		
Apparition d'un fontis			Cas favorable fontis R=1m
REMONTÉE DE FONTIS DEPUIS UNE CROISEE DE GALERIES			
Largeur galerie (a)	1.50 m		
Largeur au toit (b)	1.40 m		
Hauteur galerie (Hg)	1.80 m		
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m		
Angle de talus des éboulis	30°		
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m		
Coefficient de foisonnement	1.2		
Epaisseur du recouvrement	12.0 m		
Hauteur de remontée du fontis	H = 63.3 m		
Apparition d'un fontis			Cas défavorable fontis R = 1m

Secteur Acacias-Tuilerie - RA03

REMONTEE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE																		
<table border="1"> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>3.00 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>2.90 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>2.50 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.00 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Epaisseur du recouvrement</td><td>12.0 m</td></tr> </table>	Largeur en pied (a)	3.00 m	Largeur au toit (a')	2.90 m	Hauteur galerie (Hg)	2.50 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.4	Epaisseur du recouvrement	12.0 m		Section 1 proche de l'entrée, Recouvrement 12 m
Largeur en pied (a)	3.00 m																	
Largeur au toit (a')	2.90 m																	
Hauteur galerie (Hg)	2.50 m																	
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m																	
Angle de talus des éboulis	50°																	
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																	
Coefficient de foisonnement	1.4																	
Epaisseur du recouvrement	12.0 m																	
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage H = 22.0 m Apparition d'un fontis	Profondeur du fontis (cylindrique) p = 4.6 m																	
<table border="1"> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>3.00 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>2.90 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>2.50 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.00 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Epaisseur du recouvrement</td><td>15.0 m</td></tr> </table>	Largeur en pied (a)	3.00 m	Largeur au toit (a')	2.90 m	Hauteur galerie (Hg)	2.50 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.4	Epaisseur du recouvrement	15.0 m		Section 1 Recouvrement 15 m
Largeur en pied (a)	3.00 m																	
Largeur au toit (a')	2.90 m																	
Hauteur galerie (Hg)	2.50 m																	
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m																	
Angle de talus des éboulis	50°																	
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																	
Coefficient de foisonnement	1.4																	
Epaisseur du recouvrement	15.0 m																	
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage H = 22.0 m Apparition d'un fontis	Profondeur du fontis (cylindrique) p = 3.7 m																	
<table border="1"> <tr><td>Largeur en pied (a)</td><td>3.80 m</td></tr> <tr><td>Largeur au toit (a')</td><td>3.70 m</td></tr> <tr><td>Hauteur galerie (Hg)</td><td>2.50 m</td></tr> <tr><td>Rayon du fontis au toit (r)</td><td>1.00 m</td></tr> <tr><td>Angle de talus des éboulis</td><td>50°</td></tr> <tr><td>Hauteur remblayée (hr)</td><td>0.0 m</td></tr> <tr><td>Coefficient de foisonnement</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Epaisseur du recouvrement</td><td>15.0 m</td></tr> </table>	Largeur en pied (a)	3.80 m	Largeur au toit (a')	3.70 m	Hauteur galerie (Hg)	2.50 m	Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	Angle de talus des éboulis	50°	Hauteur remblayée (hr)	0.0 m	Coefficient de foisonnement	1.4	Epaisseur du recouvrement	15.0 m		Section 2 galerie occidentale
Largeur en pied (a)	3.80 m																	
Largeur au toit (a')	3.70 m																	
Hauteur galerie (Hg)	2.50 m																	
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m																	
Angle de talus des éboulis	50°																	
Hauteur remblayée (hr)	0.0 m																	
Coefficient de foisonnement	1.4																	
Epaisseur du recouvrement	15.0 m																	
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage H = 26.3 m Apparition d'un fontis	Profondeur du fontis (cylindrique) p = 4.9 m																	

REMONTEE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		
Largueur en pied (a)	3.70 m	
Largueur au toit (a')	3.60 m	
Hauteur galerie (Hg)	5.00 m	
Rayon du fontis au toit (r)	1.80 m	
Angle de talus des éboulis	50°	
Hauteur remblayée (hr)	3.2 m	
Coefficient de foisonnement	1.3	
Epaisseur du recouvrement	15.0 m	
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 9.7 m	
Autofoisonnement - Pas d'apparition de fontis		
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 0.0 m	
Intersection en voie d'effondrement des galeries, cas d'un fontis R=1.8m		
REMONTEE DE FONTIS (Cylindrique) DEPUIS UNE GALERIE TRAPEZOIDALE		
Largueur en pied (a)	3.80 m	
Largueur au toit (a')	3.70 m	
Hauteur galerie (Hg)	5.50 m	
Rayon du fontis au toit (r)	1.00 m	
Angle de talus des éboulis	50°	
Hauteur remblayée (hr)	3.0 m	
Coefficient de foisonnement	1.4	
Epaisseur du recouvrement	1.0 m	
Hauteur nécessaire à l'autocolmatage	H = 25.2 m	
Apparition d'un fontis		
Profondeur du fontis (cylindrique)	p = 1.0 m	
Intersection en voie d'effondrement des galeries, cas d'un fontis R=1m		



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Alsace
15, rue du Tanin – Parc des Tanneries - Lingolsheim
BP177
67834 – Tanneries Cedex- France
Tél. : 03 88 77 48 90