



INSPECTION GÉNÉRALE DES CARRIÈRES

NOTICE TECHNIQUE

du 15 juillet 2004

**Travaux de consolidations souterraines
exécutées par piliers maçonnés
dans les carrières de calcaire grossier situées en région
parisienne.**

SOMMAIRE

PRÉAMBULE.....	3
1. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA CONSOLIDATION PAR PILIERS MAÇONNÉS.....	4
1.1. DÉFINITION ET CONTEXTE DES CONSOLIDATIONS	4
1.2. RÔLES DES INTERVENANTS	4
1.3. RESPONSABILITÉS.....	5
1.4. PROCÉDURE PRÉALABLE À L'EXÉCUTION D'UNE CONSOLIDATION PAR PILIERS MAÇONNÉS	5
1.5. DISPOSITIONS SPÉCIFIQUES À LA NATURE DES CONSTRUCTIONS OU DE LA PARCELLE.....	6
1.5.1. <i>Constructions individuelles</i>	6
1.5.2. <i>Immeubles</i>	6
1.5.3. <i>Faible recouvrement</i>	6
2. RECONNAISSANCE DE SOL PRÉALABLE	7
2.1. PRINCIPE GÉNÉRAL	7
2.2. OBJECTIFS DE LA RECONNAISSANCE DE SOLS	7
2.3. MODES ET MOYENS D'INVESTIGATION.....	7
2.3.1. <i>Moyens d'investigation in situ</i>	7
2.3.2. <i>Nombre de forages pour reconnaître la carrière</i>	8
2.3.3. <i>Autres moyens d'investigation</i>	8
2.4. CONTENU DU RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE.....	8
3. DIMENSIONNEMENT	8
3.1. PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT	8
3.2. SURFACE DES PILIERS SC	9
3.3. ESPACEMENT DES PILIERS.....	10
3.4. NON PONÇONNEMENT DU CIEL ET DU SOL.....	11
3.5. NON FLAMBEMENT DU PILIER	11
3.6. MATÉRIAUX DU PILIER	12
3.6.1. <i>Pierres naturelles : moellons de calcaire, meulières, ...</i>	12
3.6.2. <i>Joints</i>	12
3.6.3. <i>Parpaings pleins</i>	13
3.6.4. <i>Béton</i>	13
3.7. AUTRES TYPES DE CONSOLIDATIONS MAÇONNÉES.....	13
3.7.1. <i>Consolidation par voûtes maçonnées ou par ossature béton armé</i>	13
3.7.2. <i>Dérogation à l'uniforme répartition des piliers</i>	13
4. MISE EN ŒUVRE	13
4.1. GÉNÉRALITÉS	13
4.2. CAS DE REMBLAIS IMPORTANT EN PIED DE CARRIÈRE	14
4.3. CONSTITUTION DES PILIERS MAÇONNÉS.....	14
4.4. BOURRAGE DES VIDES	15
4.5. FONTIS, CIELS TOMBÉS, ANCIENS PUITS	15
4.6. FOUILLE DESCENDUE EN PIED DE CARRIÈRE	15
4.7. PUITS	16
4.7.1. <i>Puits d'accès ou de service</i>	16
4.7.2. <i>Sécurité des puits</i>	19
4.7.3. <i>Descente par les puits</i>	19
4.8. CHRONOLOGIE DES TRAVAUX.....	20
5. CONSTAT DE BONNE FIN DE TRAVAUX	21
5.1. RESPONSABILITÉS.....	21
5.2. RELEVÉ DES TRAVAUX EXÉCUTÉS – PLAN DE RÉCOLEMENT.....	21
5.3. OPÉRATIONS DE CONTRÔLE	21
5.4. DOSSIER DE RÉCOLEMENT DES TRAVAUX	22
6. CHANGEMENT DE PRESCRIPTION	22

Préambule

En application de l'**article 552 du Code Civil**, le propriétaire du sol est également propriétaire du sous sol. Il est donc **responsable** des dommages que celui ci peut causer. De ce fait, la responsabilité et la charge financière des travaux de mise en sécurité de sa propriété vis-à-vis des risques liés au sous-sol lui incombe, même si ces travaux sont prescrits par l'autorité administrative compétente dans la délivrance d'une autorisation administrative de construire.

La présente notice est rédigée à l'usage des maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, bureaux d'études et bureaux de contrôle qui doivent, à l'occasion d'un projet de construction situé au-dessus d'anciennes carrières souterraines de calcaire grossier, faire exécuter par une entreprise spécialisée des travaux de consolidations souterraines par piliers maçonnés, prescrits ou recommandés par l'Inspection générale des carrières de Paris à l'occasion d'une demande de permis de construire.

Cette notice fixe les **prescriptions** et les **règles de l'art minimales** exigées par l'IGC lors de cette demande. Elles doivent être respectées au cours des opérations de consolidations souterraines par piliers maçonnés. Son rôle consiste essentiellement à définir les **objectifs** pour garantir la fiabilité de la consolidation souterraine et à indiquer des moyens nécessaires à mettre en œuvre. Elle fournit, à cet égard, le cadre du contrôle général des travaux à exécuter mais, en aucun cas, elle ne saurait définir ce qu'il est suffisant de mettre en œuvre pour obtenir la consolidation effective. Cette responsabilité relève entièrement des intervenants à l'acte de construction : maître d'ouvrage, maître d'œuvre, bureau de contrôle technique, géotechnicien et entreprise chargée de l'exécution des travaux.

En particulier, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre et au bureau de contrôle technique, en fonction des contraintes particulières, de prendre des mesures plus contraignantes si la situation l'exige. La présente notice précise aussi des limites d'application de cette méthode de consolidation souterraine en fonction des caractéristiques de la parcelle, de la carrière et de la construction.

Elle définit les conditions spécifiques autorisant éventuellement un changement de prescription de cette technique de consolidation de la parcelle qui permet la mise en œuvre de fondations superficielles, en une technique de consolidation par injection conformément aux règles minimales définies par la notice IGC du 15 janvier 2003.

Par ailleurs l'Inspection générale des carrières n'ayant pas compétence en matière d'hygiène et de sécurité du travail, les prescriptions de cette notice se rapportant à ce domaine ne sauraient être considérées comme prenant en compte l'ensemble des prescriptions applicables en la matière. Elles ne sont édictées qu'en vue d'assurer la sécurité des agents de l'Inspection générale des carrières lors des contrôles. Il appartient donc à la personne responsable de l'hygiène et de la sécurité du chantier de consolidation de faire appliquer l'ensemble des mesures prescrites par le code du travail en vigueur.

La présente notice a été élaborée dans le cadre d'un **groupe de travail** formé à l'initiative de l'Inspection générale des carrières et constitué d'un ensemble de membres représentatifs de la profession comportant notamment le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, l'Agence Qualité Construction, le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, des organismes agréés de contrôle technique, des géotechniciens, des experts judiciaires, des maîtres d'œuvre et des entreprises spécialisées. La liste des membres du groupe de travail est donnée en annexe.

1. Principes généraux de la consolidation par piliers maçonnés

1.1. Définition et contexte des consolidations

Les consolidations souterraines, objet de la présente notice, concernent les carrières souterraines de calcaire grossier dont le recouvrement a été jugé apte, sur le plan géotechnique, à diffuser les charges induites par la construction projetée sous-minée. Le résultat consiste :

- à soutenir le toit de la carrière, banc de calcaire laissé en place par le carrier appelé « ciel de carrière », par des piliers en maçonnerie, exécutés sous la construction projetée, dans la hauteur de la carrière et reposant sur le bon sol,
- à ceinturer, à combler et à traiter par injection les fontis, conformément aux règles minimales définies par la notice IGC du 15 janvier 2003 relative aux travaux de consolidation par injection,
- à ceinturer les anciens puits,
- à bloquer les ciels tombés rencontrés.

La réalisation de consolidation par piliers maçonnés est possible **quelle que soit la hauteur du recouvrement** (cf. notamment §1.5.3) et quelle que soit la nature des immeubles ou des bâtiments à construire ou à modifier (extension ou réhabilitation). Un **dossier technique justificatif du dimensionnement** des piliers maçonnés et des ouvrages à réaliser constituant la consolidation souterraine, sera établi au préalable par les acteurs à la construction et transmis à l’Inspection générale des carrières avec le dossier de récolelement des ouvrages exécutés.

1.2. Rôles des intervenants

On trouvera ci-après les définitions et les rôles des intervenants. Ces définitions font référence pour le texte de la notice :

- **Maître d’ouvrage** : personne physique ou morale, représentée ou non par un mandataire, pour le compte de qui les travaux sont réalisés.
- **Maître d’œuvre** : personne physique ou morale, responsable de la conception et du dimensionnement de l’ouvrage et / ou qui assure le contrôle et le suivi de son exécution. Le maître d’œuvre peut –être un géotechnicien dans le cadre des missions G2 et G4 (NFP 94 500).
- **Constructeur ou locateur d’ouvrage** : maître d’œuvre, bureau d’études techniques, architecte, entrepreneur, technicien ou toute autre personne liée au maître d’ouvrage par un contrat de louage d’ouvrage.
- **Géotechnicien** : personne physique ou morale qui réalise des missions géotechniques de type G12 (NFP 94 500) sur ordre du maître d’ouvrage, du maître d’œuvre ou de l’entreprise.
- **Entreprise** : personne physique ou morale qui réalise les travaux, à partir des préconisations du cahier des charges établi par le maître d’œuvre, et sous sa direction.
- **Bureau de contrôle technique** : personne physique ou morale agréée par le Ministre de la Construction après avis d’une commission. L’activité de contrôle technique de la construction est exercée en conformité avec la norme NFP 03 100 relative aux critères généraux pour la contribution du contrôle technique à la prévention des aléas techniques dans le domaine de la construction. La mission type de contrôle technique comporte les phases suivantes concrétisées par :

- le rapport initial de contrôle technique, après examen des documents de conception relatifs aux travaux de consolidation,
 - la formulation d'avis initial, après examen du dossier d'exécution comportant notamment la note de dimensionnement des piliers et les plans d'exécution correspondants ; cet avis devant être émis avant exécution sous forme d'avis favorable, suspendu ou défavorable,
 - la formulation d'avis intermédiaire, après examen sur le chantier des ouvrages et des éléments d'équipement soumis à son contrôle,
 - le rapport final de contrôle technique, avant la réception des travaux de consolidation.
- **Inspection générale des carrières** : la mission de contrôle exercée par l'Inspection générale des carrières, en tant que conseil et expert technique au service du Maire ayant autorité pour la délivrance du permis de construire, se limite à s'assurer du respect de l'application effective de la prescription qui constitue un des supports du permis de construire formant un tout indivisible.

Il s'ensuit que le contrôle exercé par l'Inspection générale des carrières, ne constitue en aucun cas un acte de maîtrise d'œuvre. Son rôle se limite à constater in fine la réalisation de la prescription, attestée par la remise du dossier de récolement des travaux exécutés. L'Inspection générale des carrières délivre le récépissé de dépôt de plan nécessaire à l'obtention de la conformité au permis de construire.

Il n'entre pas dans le rôle de l'Inspection générale des carrières d'émettre un quelconque visa sur le dossier technique justificatif. Son rôle se limite à s'assurer que la mise en œuvre des piliers maçonnés par les acteurs à la construction s'effectue sur la base d'un dimensionnement validé des ouvrages.

C'est dans ce contexte qu'en cours d'exécution des travaux, des passages inopinés des contrôleurs réglementaires de l'Inspection générale des carrières permettent de contrôler la mise en application de la prescription et la conformité des travaux aux règles minimales de la présente notice technique.

A cet égard, l'article L 460-I du Code de l'Urbanisme prévoit un droit de visite sur le chantier à tout moment et même deux ans après l'achèvement des travaux.

1.3. Responsabilités

La responsabilité du constat de bonne fin des travaux et du contrôle de la qualité d'exécution des travaux relève entièrement et uniquement de la maîtrise d'œuvre, d'un bureau de contrôle technique s'il est missionné dans l'opération et de l'entreprise. La présente notice définit les règles de l'art minimales nécessaires pour exécuter la consolidation de la parcelle sous-minée autorisant la mise en œuvre de fondations superficielles pour la construction, objet du permis de construire, dont la conformité est subordonnée à la mise en œuvre de la prescription de consolidation souterraine par la technique des piliers maçonnés.

1.4. Procédure préalable à l'exécution d'une consolidation par piliers maçonnés

Pour pouvoir être soutenu, il faut que le "ciel de la carrière" soit suffisamment épais et en bon état sur l'ensemble de la carrière. Si le terrain est en fontis ou avec un ciel très bouleversé, il est évident que des piliers de soutènement sont inefficaces ou difficilement réalisables.

A cet égard, il appartient au maître d'ouvrage de confier à un géotechnicien une mission de faisabilité géotechnique de type G12. Cette mission doit être réalisée avant travaux. Le géotechnicien missionné établit un rapport dans lequel il se prononce sur la faisabilité de la solution et donne

obligatoirement les paramètres nécessaires à son dimensionnement, il précise les possibilités de renforcement là où l'état de fracturation les justifient.

Le maître d'œuvre établit obligatoirement et au préalable le dossier technique justificatif du dimensionnement (cf. § 3) dans le cadre de sa mission de conception et de suivi de l'exécution des travaux.

En outre, l'exécution de ces travaux suppose la carrière accessible par l'intermédiaire de puits existants ou à créer, ou d'entrées en cavage.

Dans le cas d'une prescription au permis de construire de consolidation par piliers maçonnés, un plan prévisionnel de ces travaux est transmis, avant l'exécution des travaux prescrits, à l'Inspection générale des carrières par le maître d'ouvrage.

1.5. Dispositions spécifiques à la nature des constructions ou de la parcelle

1.5.1. Constructions individuelles

Pour les constructions individuelles uni familiales (i.e. celles pour lesquelles le Code de l'urbanisme n'impose pas le recours à un architecte), il pourra être dérogé à l'obligation de justification du dimensionnement dès lors qu'un **ratio minimal** de surface portante des piliers supérieur ou égal à **20%** sera adopté par les acteurs à la construction.

En effet, l'expérience et l'usage ont communément admis que, pour la majorité des carrières souterraines de calcaire grossier de la région parisienne, les hauteurs de recouvrement permettent d'envisager, en général, pour ce type de construction, un ratio minimal de surface portante des piliers de 20%. L'utilisation de ce ratio, déterminé à partir de la surface du projet de construction, de laquelle peut être déduite la surface des étaux de masse ou des piliers existants lorsqu'ils sont en bon état, suppose une implantation uniformément répartie des piliers.

L'adoption de ce ratio demeure alors de la seule et entière responsabilité des acteurs à la construction qui doivent toujours s'assurer que ce ratio minimum garantit la fiabilité de la consolidation souterraine de la carrière.

1.5.2. Immeubles

On entend ici par immeuble tout ouvrage ne correspondant pas à la définition de construction individuelle (cf. § 1.5.1). Pour la construction de tels immeubles, on impose le recours à un **bureau de contrôle technique agréé** qui visera le dossier technique justificatif obligatoire comprenant les notes de dimensionnement établies par le maître d'œuvre. Ces visas devront obligatoirement être fournis dans le dossier final de récolement à remettre à l'Inspection Générale des Carrières en vue de l'obtention de la conformité (cf. §5.4).

1.5.3. Faible recouvrement

Pour des valeurs du recouvrement résiduel inférieures à 10 m, le dossier technique obligatoire justifiant le dimensionnement des ouvrages à réaliser devra être transmis à l'Inspection générale des carrières **avant exécution des travaux** avec le visa favorable d'un bureau de contrôle technique agréé. Ce dossier technique ne fera pas l'objet d'un visa de la part de l'Inspection générale des carrières.

2. Reconnaissance de sol préalable

2.1. Principe général

Une reconnaissance de sol doit obligatoirement être réalisée au droit du projet dans les limites de la parcelle en prenant en compte les éventuelles cartes des carrières souterraines.

Cette reconnaissance est effectuée par un géotechnicien missionné par le maître d'ouvrage. L'intervention du géotechnicien doit s'inscrire dans le cadre de la norme NFP 94 500 classifiant les missions géotechniques.

2.2. Objectifs de la reconnaissance de sols

La reconnaissance de sols a pour objet de préciser les points suivants :

- Caractéristiques des sols et de la nappe :
 - qualité des terrains de recouvrement (nature, caractéristiques mécaniques, épaisseur et qualité du ciel des carrières),
 - hauteur du recouvrement,
 - qualité du sol sous-jacent aux exploitations (nature et caractéristiques mécaniques),
 - niveaux piézométriques.
- Caractéristiques de la carrière :
 - extension géographique,
 - nombre d'étages exploités et épaisseurs des bancs séparatifs,
 - hauteur exploitée,
 - état et hauteur du remblaiement de la carrière,
 - présence éventuelle de fontis, ciels tombés, anciens puits...

2.3. Modes et moyens d'investigation

2.3.1. Moyens d'investigation in situ

La reconnaissance géotechnique en milieu sous miné par des carrières souterraines fait appel aux moyens d'investigation suivants :

- sondages destructifs avec enregistrement des paramètres de forage,
- sondages destructifs avec essais pressiométriques et enregistrement des paramètres de forage (NFP 94 110-1),
- sondages carottés.

Les enregistrements de paramètres de forage comprennent au minimum :

- la vitesse d'avancement de l'outil de forage,
- la pression sur l'outil de forage,
- la pression du fluide d'injection,
- le couple de rotation pourra éventuellement être fourni

Pour une bonne interprétation de ces enregistrements :

- la pression sur l'outil sera toujours réglée à une valeur constante,
- des tests de chute libre de l'outil de forage à différentes profondeurs seront obligatoirement réalisés.

2.3.2. Nombre de forages pour reconnaître la carrière

Le nombre de sondages à prévoir prend en compte les caractéristiques connues, ou à reconnaître, des carrières sous la parcelle. Ce nombre ne peut jamais être inférieur à 2.

Pour les parcelles de plus de 200 m², les sondages sont répartis comme suit :

- 1 tous les 200 m² au droit des constructions et voiries,
- 1 tous les 400 m² au droit des espaces verts non construits.

Les sondages doivent être en nombre suffisant pour permettre au géotechnicien de se prononcer sur l'ensemble des objectifs de la reconnaissance de sols (cf. §2.2) permettant ainsi le dimensionnement de l'ouvrage.

2.3.3. Autres moyens d'investigation

Les carrières accessibles doivent faire l'objet d'une visite par le géotechnicien dans le cadre de sa mission. Dans certains cas, une inspection vidéo peut compléter les informations recueillies par les sondages.

Il est de la responsabilité du géotechnicien de demander ces investigations complémentaires s'il les juge nécessaires.

2.4. Contenu du rapport d'étude géotechnique

Les investigations géotechniques font l'objet d'un rapport d'études rédigé par un géotechnicien dans le cadre d'une mission G12 selon la norme NFP 94 500.

Ce rapport constitue un des éléments obligatoires et indissociables constituant le dossier technique justificatif. Il se prononce notamment sur les solutions envisageables pour la consolidation des carrières souterraines et, en particulier, établit la faisabilité d'une solution de fondations superficielles associée à une consolidation des carrières souterraines par piliers maçonnés.

Ce rapport comprend notamment les emplacements des sondages (sur un plan de masse sur lequel figurent les constructions projetées), les coupes géologiques et les diagraphies des sondages réalisés, la description du matériel utilisé, la valeur de la vitesse à partir de laquelle un vide franc est décelé.

3. Dimensionnement

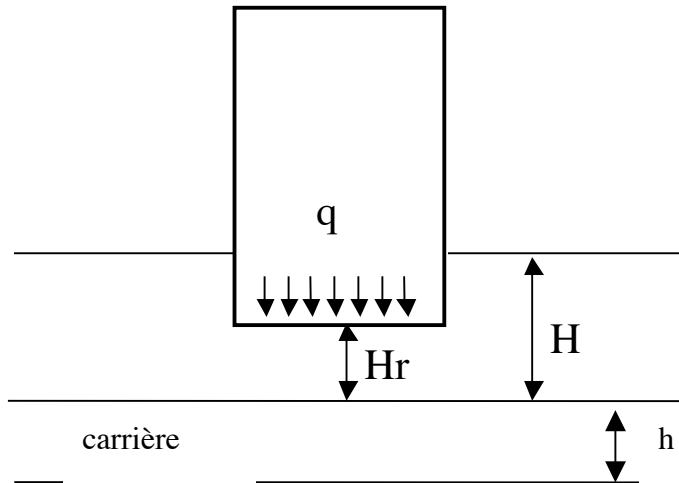
Le dossier technique justificatif du dimensionnement sera réalisé par un maître d'œuvre ayant une compétence géotechnique sur la base des données et hypothèses du rapport de sol (mission G2 ou équivalent). Ce calcul est de la responsabilité des acteurs à la construction et ne fera pas l'objet d'un visa de l'Inspection générale des carrières.

3.1. Principe de dimensionnement

Le dossier technique doit justifier le transfert de la totalité des charges sus-jacentes à la carrière au sol de cette carrière.

Dans les charges, on prend en compte la valeur σ_p la plus forte parmi :

- le poids des terrains de recouvrement avant tout terrassement $\gamma.H$
- le poids de l'ouvrage à construire et du recouvrement résiduel après terrassement ($\gamma.H_r + q$).



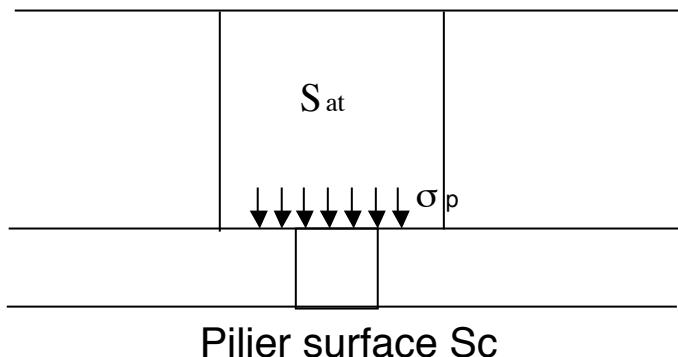
Le transfert de ces charges verticales est assuré par des piliers de consolidation régulièrement répartis selon le dimensionnement préalable. Ils sont exécutés dans un matériau adéquat sur la hauteur des carrières. La répartition des charges sur ces piliers doit être justifiée ainsi que l'absence de poinçonnement du ciel et du sol.

3.2. Surface des piliers S_c

Le calcul de la surface S_c de pilier doit prendre en compte :

- les charges verticales (voir ci-dessus),
- la contrainte admissible σ_c , contrainte de calcul issue de la résistance du matériau constituant le pilier ($R_c \times$ coefficient de sécurité). Ce paramètre sera défini au paragraphe 3.6

$$S_c = S_{at} \frac{\sigma_p}{\sigma_c}$$

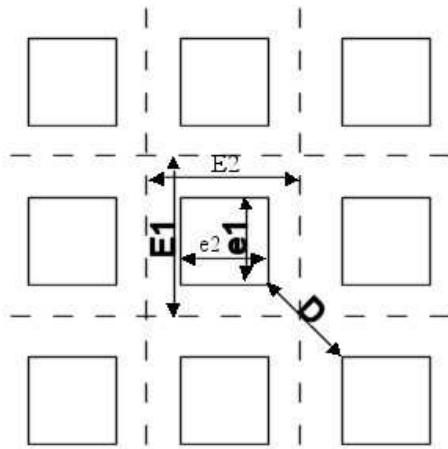


Pilier surface S_c

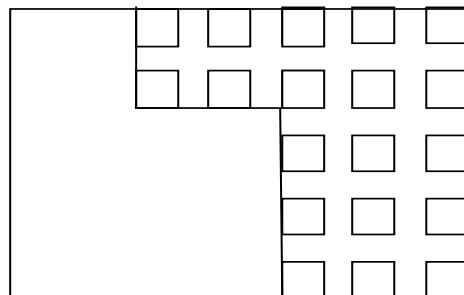
Cette modélisation correspond à la méthode dite de l'aire tributaire applicable dans l'hypothèse d'une carrière d'extension horizontale importante au regard du recouvrement et de la superficie du projet.

$$\text{Aire tributaire } S_{at} : \quad S_{at} = E_1 \times E_2 \\ \text{Surface des piliers } S_c : \quad S_c = e_1 \times e_2$$

On notera que les piliers tournés induisent une diminution de l'aire tributaire et ne comptent pas dans la surface des piliers S_c .



En outre, les dimensions et l'implantation des piliers sont adaptées de façon que le nu extérieur des piliers inscrits dans la surface à consolider (= surface de l'ouvrage à construire) coïncide avec les limites de cet ouvrage.

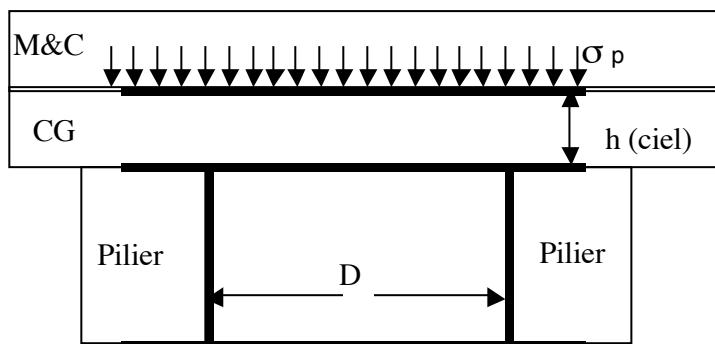


Le rapport surface totale des piliers / surface de l'ouvrage est appelé taux de consolidation.

3.3. Espacement des piliers

L'implantation et l'espacement des piliers doivent permettre de justifier le rôle de dalle de répartition des charges assuré par le ciel de la carrière de calcaire grossier. L'espacement, soit la diagonale D entre deux piliers, est déterminé par les caractéristiques de la dalle reposant sur les piliers qui reprennent la totalité des charges. Ce dimensionnement est établi par le maître d'œuvre à partir de l'hypothèse d'un fonctionnement mécanique du ciel, intermédiaire entre une voûte entre piliers et une plaque en flexion entre piliers.

Il convient de prendre en compte dans les hypothèses adoptées pour ces justifications le caractère en général discontinu et souvent fracturé du massif.

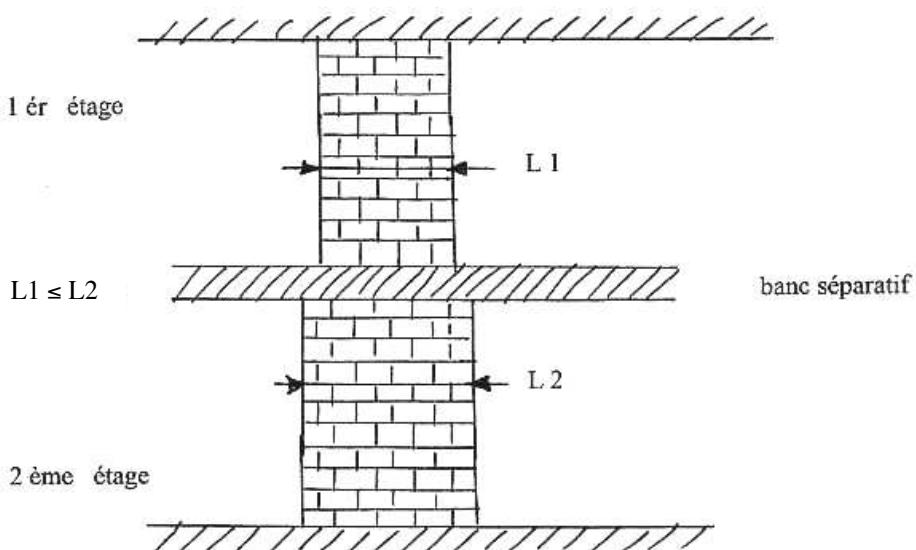


De manière usuelle, l'espacement D, soit la diagonale entre deux piliers, était au maximum de 4,50m. L'adoption de cette valeur est de la responsabilité du maître d'œuvre qui doit vérifier par le calcul qu'elle garantit l'efficacité de la consolidation.

3.4. Non poinçonnement du ciel et du sol

La section des piliers et les caractéristiques mécaniques du calcaire en place doivent permettre de justifier le non poinçonnement du ciel et du sol.

Dans le cas d'étages superposés, les piliers sont à l'aplomb l'un de l'autre et les dimensions du pilier de l'étage inférieur seront supérieures à celles du pilier de l'étage supérieur.



3.5. Non flambement du pilier

La section des piliers doit permettre de justifier le non flambement des piliers (vérification à l'élancement conformément aux règles du DTU 26.1. maçonnerie, notamment pour les carrières de grande hauteur).

Ainsi, de manière usuelle, le pilier a une dimension $e_1 \times e_2$ telle que :

- $e_1 > 1,20 \text{ m}$ et $e_2 > 1,20 \text{ m}$
- $e_1 > h/3$ et $e_2 > h/3$ h est la hauteur de l'exploitation

L'adoption de ces valeurs est de la responsabilité du maître d'œuvre qui doit s'assurer que ces valeurs minimum garantissent l'efficacité de la consolidation.

3.6. Matériaux du pilier

Les matériaux pouvant être utilisés en carrière pour l'édification de maçonneries, sont ceux qui permettent d'obtenir in fine des soutènements capables de supporter une contrainte aussi bien dans le mortier constituant les joints que pour les pierres appareillées (meulières, moellons de calcaire, parpaings pleins en béton, béton).

3.6.1. Pierres naturelles : moellons de calcaire, meulières, ...

Les pierres employées pour la réalisation des piliers maçonnés devront avoir une résistance suffisante à la compression pour la reprise des sollicitations.

Cette résistance R (résistance en compression uniaxiale en valeur moyenne) sera déterminée en respectant les exigences et les conditions d'essais de la norme NFEN 1926 (méthode d'essai pour pierres naturelles qui remplace la norme NF 10-509) ou de la norme NFP 94420 de décembre 2000 (mécanique des roches). Le choix de l'une ou l'autre de ces normes d'essais est de la responsabilité du maître d'œuvre et devra dépendre notamment des conditions de saturation en eau de la carrière et des piliers maçonnés.

La contrainte admissible à long terme dans les pierres naturelles aura la valeur suivante : $\sigma_c \leq R/3$; R étant obtenue sur la base d'un échantillon d'au moins 6 éprouvettes, sous la responsabilité du maître d'œuvre.

On note que la valeur inférieure de la résistance à la compression des moellons devra être supérieure à 6 MPa.. $R \geq 6 \text{ MPa}$

3.6.2. Joints

Le mortier utilisé pour les joints devra présenter une résistance à la compression supérieure à celle des moellons : $R_{\text{mortier}} > R_{\text{moellons}}$

Cette résistance est obtenue sur un échantillon de 6 éprouvettes.

Par analogie avec les dispositions pour les moellons, il s'ensuit :

$$R_{\text{mortier}} \geq 6 \text{ MPa} \text{ et } \sigma_{\text{mortier}} \geq 2 \text{ MPa}$$

L'épaisseur des joints réalisés avec un tel mortier ne pourra être supérieure à 4 cm en moyenne avec une valeur maximale de 6 cm.

Le matage en ciel devra faire l'objet d'une note technique d'exécution validée par le Bureau de contrôle.

3.6.3. Parpaings pleins

Les parpaings pleins réalisés avec un ciment normalisé résistant aux eaux agressives et séléniteuses seront admis. Un justificatif des résistances à la compression émis par un laboratoire d'essais des matériaux agréé COFRAC, sera produit par l'entreprise.

Le mortier des joints respectera la même règle que pour les pierres naturelles :

$$R_{\text{mortier}} \geq R_{\text{parpaings}} \geq 6 \text{ MPa}$$

3.6.4. Béton

Bien que peu courante en carrière, cette solution justifiée par une note de calcul précisera la mise en charge au niveau du ciel. Le montage du pilier et le matage en ciel devront faire l'objet d'une note technique d'exécution validée par le bureau de contrôle.

On appliquera les règles du DTU 13-1 (et BAEL 91 quand le béton sera armé)

Les carrières protégées au titre des monuments historiques imposent pour les piliers en parpaings et en béton un habillage de pierres calcaires toute hauteur.

3.7. Autres types de consolidations maçonnées

3.7.1. Consolidation par voûtes maçonnées ou par ossature béton armé

Pour certaines carrières de très grande hauteur, il peut être plus intéressant d'envisager la consolidation au moyen de voûtes maçonnées ou de portiques en béton armé.

Dans ce cas, le Maître d'œuvre établit dans le cadre du dossier technique justificatif une étude détaillée comprenant une note de calcul complète de dimensionnement des ouvrages et les plans d'exécution correspondants établis par l'entreprise.

Cette technique particulière doit garantir le même niveau de consolidation que la technique de base. Un dossier technique justificatif établi par le Maître d'œuvre est obligatoirement remis à l'Inspection générale des Carrières avant exécution des travaux et comporte la note de calcul justificative visée par le bureau de contrôle technique agréé s'il est missionné à cet effet.

3.7.2. Dérogation à l'uniforme répartition des piliers

Lorsque la construction projetée se situe en partie sur la masse, il pourra être proposé une répartition différente des piliers prenant en compte cet aspect particulier. Dans ce cas, le dossier technique justificatif doit fournir un plan d'implantation spécifique visé par le maître d'œuvre.

4. Mise en œuvre

4.1. Généralités

Toutes les consolidations doivent toujours être fondées sur le calcaire sain et d'une manière générale au bon sol.

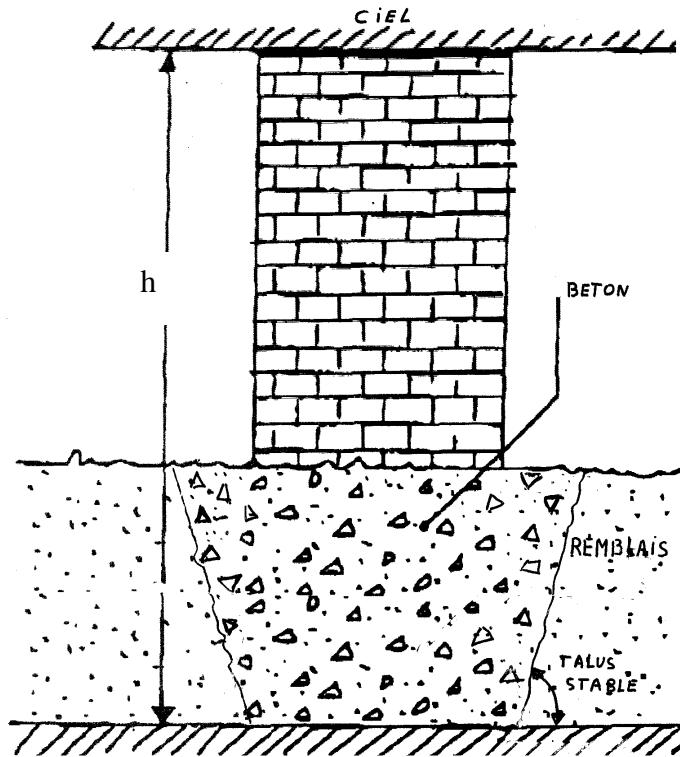
Si la Maîtrise d'Oeuvre en fait la demande, il appartiendra au Géotechnicien de fournir un avis sur l'assise du pilier en pied de carrière, dans le cadre de sa mission normalisée.

En particulier, toute présence de bourrage de « bousin » ou de coulis parasité (filet tendre marneux ou argileux de 0,10 à 0,50 m d'épaisseur situé entre deux bancs calcaires) doit être impérativement éliminée à l'emplacement de l'édification des consolidations.

Dans tous les cas, la résistance du sol et du ciel de carrière doit être caractérisée ; si l'on doute que sa résistance atteigne la valeur requise, des prélèvements suivis d'essais en laboratoire doivent être réalisés ; si la résistance du sol ou du ciel est inférieure à la valeur requise, les valeurs minimales doivent être modifiées en conséquence.

4.2. Cas de remblais important en pied de carrière

Dans le cas d'une hauteur de remblais importante en pied de carrière (3 à 4 m pour une hauteur d'exploitation de 8 m par exemple), une solution mixte est admise. Elle consiste à creuser les remblais selon la forme des piliers à édifier jusqu'au calcaire, à bétonner cette fouille ainsi créée, puis à éléver le reste en maçonnerie jusqu'au ciel de la carrière. Dans ce cas, la partie bétonnée est, et doit rester, frettée par les bourrages sauf justification au flambement de cette structure mixte.



4.3. Constitution des piliers maçonnés

Les piliers doivent être soigneusement appareillés sur toute leur section, en particulier le remplissage du centre du pilier avec des moellons en vrac est strictement interdit.

Les moellons sont hourdés au mortier de ciment, résistant aux eaux séléniteuses. Le dosage du mortier doit garantir la résistance minimale exigée au §3.6.2.

Le matage entre la partie supérieure des piliers et le ciel doit être réalisé correctement.

Une attention toute particulière doit être exercée par l'entrepreneur qui exécute ce travail pour que le matage soit aussi parfait que possible, en ne laissant subsister aucun vide entre le moellon et le ciel de la carrière sur toute la surface du pilier afin que la transmission des efforts soit totale.

4.4. Bourrage des vides

En règle générale, le bourrage entre les piliers (en terre ou en sablon) est facultatif. Il n'est normalement pas nécessaire dès lors que le dimensionnement des consolidations maçonnées (section et espacement) est correctement effectué.

4.5. Fontis, ciels tombés, anciens puits

Les fontis (effondrement des terrains sus-jacents à la carrière), et les ciels tombés existant sous la propriété à consolider doivent être bloqués et ceinturés.

La ceinture de maçonnerie doit suivre autant que possible le contour du désordre visible en carrière et doit avoir une épaisseur égale au minimum au 1/3 de la hauteur d'exploitation avec un minimum de 0,50 m.

Les matériaux et éboulis des fontis sont consolidés, conformément aux règles minimales de la notice technique de consolidation par injection du 15 janvier 2003.

L'ensemble de ces opérations s'effectue à partir de forages réalisés depuis la surface. Les mortiers et coulis doivent être parfaitement homogènes et ne contenir que la quantité d'eau strictement nécessaire.

Les anciens puits d'extraction ou les anciens puits de service rencontrés dans les travaux sous la partie bâtie ainsi que les « puits servant de fondations profondes », en traversant la hauteur de la carrière, sont ceinturés en maçonnerie avec les mêmes règles d'épaisseur que pour les puits d'accès créés ou que pour les fontis et ciels tombés décrits plus haut.

4.6. Fouille descendue en pied de carrière

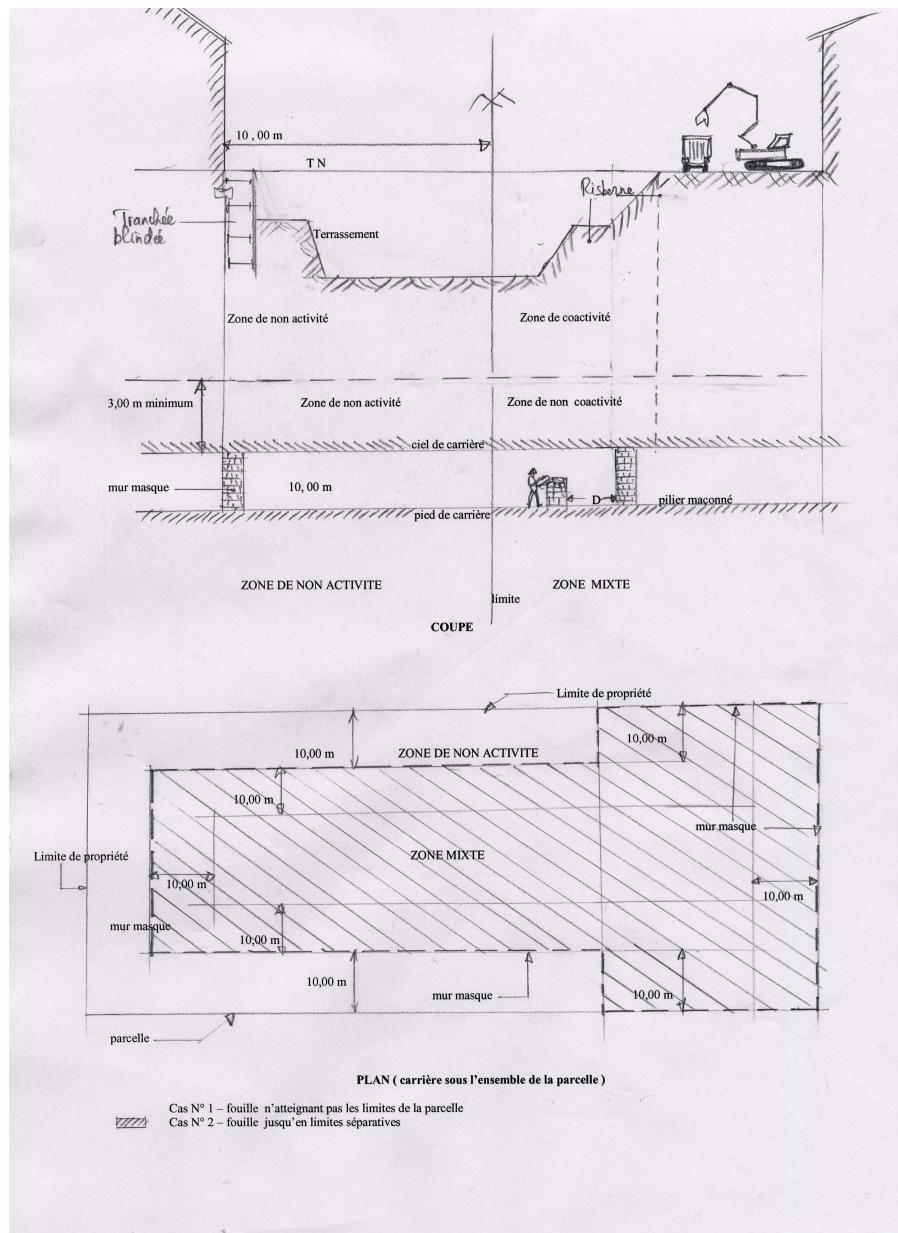
Dans certains cas, les sous-sols de bâtiment peuvent atteindre le sol de la carrière (pied) ; ainsi, le bâtiment est fondé sur le calcaire en place.

Dans le cas où la fouille descend jusqu'au pied de carrière, le ciel de celle-ci doit être soutenu, en périphérie, par un épaulement maçonné appelé, « mur-masque » exécuté avec les matériaux mentionnés au chapitre précédent, dont l'épaisseur est égale au minimum au 1/3 de la hauteur d'exploitation, avec un minimum de 0,50 m.

La réalisation d'un « mur-masque » en béton résistant aux eaux séléniteuses peut être autorisée par l'Inspection générale des Carrières, sur le vu d'une note de calculs et avec l'accord d'un Bureau de contrôle si il est mandaté pour le chantier.

Le « mur-masque » doit être obligatoirement désolidarisé du voile de l'ouvrage à construire et parfaitement maté au ciel de carrière.

Le mur masque qui soutient les terrains de la propriété voisine, doit être réalisé avant que les terrassements n'atteignent les 3 mètres au-dessus du ciel de carrière reconnu.



En particulier, si un ciel effondré s'appuie sur les bourrages rendant dans ce cas le terrassement dangereux, l'épaulement peut éventuellement ne pas être réalisé pour des raisons de sécurité pour les ouvriers. Ce secteur est alors conforté par tout autre moyen adéquat : injection sous pression selon la notice de l'IGC en date du 15 janvier 2003 relative aux consolidations souterraines ou autres dispositions à soumettre à l'agrément du Maître d'œuvre.

4.7. Puits

4.7.1. Puits d'accès ou de service

Pour accéder au niveau des vides de carrière à consolider, et à défaut d'entrée en cavage, un certain nombre de puits de service doit être foncé permettant la descente du personnel, du matériel et des matériaux servant à la consolidation.

Lorsqu'un puits doit être réalisé en bordure de masse répertoriée sur la carte des carrières, il est recommandé d'exécuter au préalable un forage de reconnaissance afin d'optimiser l'implantation du puits pour atteindre et reconnaître la carrière. En cas de résultat contradictoire par rapport aux informations fournies par la carte, il convient de réimplanter un forage destructif complémentaire permettant de confirmer les caractéristiques exactes de la carrière.

Pour une construction individuelle à consolider, le fonçage d'un seul puits d'accès est en général suffisant.

Pour une construction collective, deux puits, voire plus, sont bien souvent nécessaires. Leur espacement est habituellement de 40 mètres environ, de façon à limiter les roulages souterrains de terre et matériels à 20 mètres maximum, sauf en cas d'utilisation de wagonnets.

Les puits d'accès sont souvent circulaires de 1,30 m à 1,60 m de diamètre, parfois de grande section rectangulaire pour faciliter le passage de bennes de capacité importante et de matériel encombrant.

L'implantation des puits tient compte des renseignements déjà connus (carrières cartographiées sur l'Atlas au 1/1000^{ème} de l'Inspection Générale des Carrières) ou des présomptions en ce qui concerne la présence de galeries vides.

Les puits de service sont normalement exécutés à la main par des ouvriers qualifiés afin de ne pas créer de désordre dans la carrière sous-jacente au fonçage.

Les puits sont blindés en planches jointives sur toute leur hauteur, maintenues par des cercles métalliques serrées à force à l'aide de coins.

Des précautions particulières doivent être prises, lors du fonçage et notamment lors du percement dans la carrière, pour vérifier l'éventuelle présence de gaz nocifs, et s'en affranchir.

Il n'est cependant pas exclu que les puits puissent être forés avec des foreuses à pieux permettant la réalisation de forages en gros diamètres ; dans ce cas, le blindage s'effectue à l'aide de tubages métalliques suffisamment résistants pour s'opposer à la pression des terrains. Le forage doit impérativement être arrêté au-dessus du ciel de la carrière ; la fin du puits étant réalisée à la main pour préserver l'état du ciel.

Afin de préserver l'intégrité de la carrière, elle devra être correctement étayée aux abords des débouchés des puits dès la fin du perçage.

A la fin des travaux de consolidation les puits de service doivent être ceinturés et comblés.

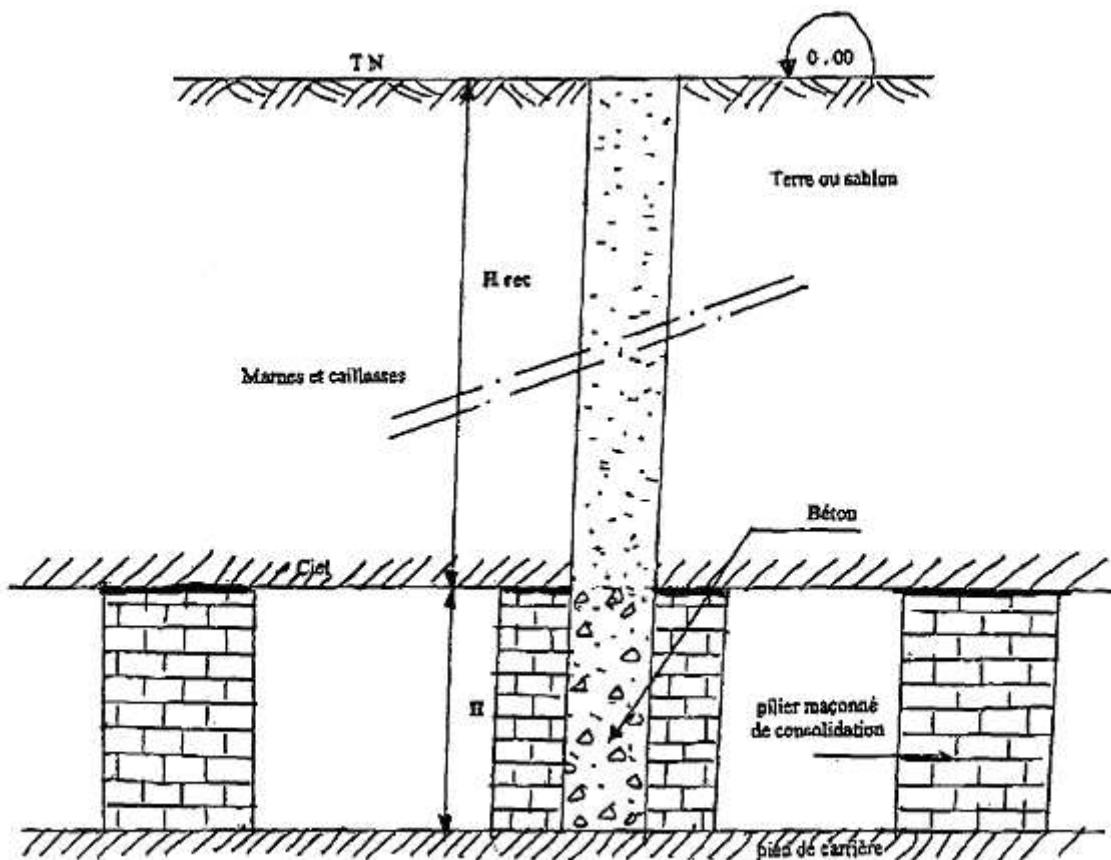
Cette ceinture réalisée en maçonnerie est fondée sur le bon sol (calcaire) et son épaisseur est égale au minimum au 1/3 de la hauteur de la galerie où est érigé cet ouvrage avec un minimum de 0,50 m d'épaisseur.

Cette ceinture a pour but d'épauler la découpe du ciel de carrière effectuée lors du fonçage du puits et doit résister à la pression du remblai de comblement du puits.

Après un temps de prise suffisant de la ceinture, le puits est comblé en terre exempte de débris végétaux ou organiques, ou en sablon, (par passes de 0,50 m compactés à la main ou par engin de damage, ou de façon hydraulique), ou en béton maigre au dosage de 150 kg de ciment résistant aux eaux séléniteuses, par mètre cube de granulats mis en place par tous moyens évitant la ségrégation des granulats, ou par toute autre méthode donnant des résultats équivalents.

On peut adopter parfois une solution mixte : béton maigre jusqu'au ciel de carrière, puis terre ou sablon, mais jamais l'inverse, pour ne pas créer de bouchon suspendu.

Si un puits est situé dans l'emprise de la zone à construire, il sera ceinturé, comblé, éventuellement traité. Les fondations superficielles seront adaptées à la présence de puits en réalisant un pontage.



4.7.2. Sécurité des puits

D'une manière générale, la réalisation des puits doit être conforme en tous points à la législation du Code du travail en vigueur et relative à la sécurité des personnes (protection, élinguage, double sécurité des treuils, acheminement des matériaux et descente des ouvriers, etc. ...).

Les acteurs à la construction se reporteront en particulier au décret du 8/01/1965 — titre 5 — article 43 (et 44 abrogé par l'arrêté 98-1084 du 2/12/2002 N° 2002 / 1404).

Il appartient à l'Entreprise d'effectuer toutes les démarches et actions nécessaires auprès des autorités compétentes pour obtenir les autorisations nécessaires et garantir la sécurité des personnes.

Les recommandations énoncées ci-après ne sauraient être considérées comme des règles minimales suffisantes. Le caractère non exhaustif de cette énonciation entraîne de fait, qu'en aucun cas, l'Entreprise ne saurait s'exonérer de ses responsabilités vis-à-vis de la sécurité des biens et des personnes.

Un garde-corps rigide doit être installé par l'Entreprise exécutant les travaux souterrains autour de chaque puits de service pour éviter les chutes accidentelles de toute personne présente sur le chantier

Ce garde-corps doit répondre aux règles de sécurité en vigueur prévues par le code du travail avec présence d'une lisse et d'une sous-lisse ainsi que d'une plinthe de 0,15 m minimum située au-dessus du sol et pouvant être constituée par les planches de blindage, cette dernière ayant pour rôle d'éviter les chutes d'objets dans les puits.

Les recettes autour des puits doivent être aménagées de telle sorte que les ouvriers préposés aux opérations de chargement et de déchargement ne soient pas obligés, pour tirer la charge, de se pencher au-dessus du vide.

La descente en carrière au moyen d'un seau est rigoureusement interdite. Les dispositions de l'arrêté du 2 décembre 1998 fixant les conditions auxquelles doivent satisfaire les équipements de levage de charge pour pouvoir être utilisés pour le levage de personnes doivent être strictement respectées par l'entreprise.

De plus, l'éclairage électrique utilisé en carrière doit être conforme à celui permis par la réglementation du travail pour l'utilisation en milieux humides. Un éclairage de secours doit être prévu (lampes portatives électriques ou à acétylène par exemple).

4.7.3. Descente par les puits

Les dispositions des articles 44 et 45 du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965, portant règlement d'administration publique pour l'exécution des dispositions du livre II du code de travail doivent être respectées.

Pour les descentes en carrière par les agents de l'Inspection Générale des Carrières devant inspecter les travaux de consolidations souterraines durant le chantier, la nacelle conforme doit être mise à disposition par l'Entreprise effectuant les travaux souterrains. Cette nacelle doit être accessible depuis le niveau TN sans dénivellation.

D'une manière générale, il est de la responsabilité de l'Entreprise de mettre à disposition des agents de l'Inspection Générale des Carrières tous matériels conformes aux normes de sécurité en vigueur, leur assurant toutes les conditions de sécurité indispensables à l'exercice de leur mission de contrôle du respect de la mise en application de la prescription de consolidation du Permis de Construire.

Une personne de l'Entreprise doit être constamment présente en surface pour la manœuvre du treuil mû mécaniquement tant qu'il y a des personnes dans les galeries souterraines ou au fond d'un puits (cf. Code du travail).

L'Inspection Générale des Carrières recommande vivement aux Entreprises effectuant ces travaux, d'installer un moyen de communication mobile (type généphone par exemple) entre le personnel travaillant en carrière et celui qui reste en surface.

L'Inspection Générale des Carrières rappelle que conformément au code du travail, le matériel - et plus particulièrement les treuils - les engins, les installations et les dispositifs de protection de toute nature utilisés sur un chantier (stop chutes, etc. ...) doivent, avant leur mise ou remise en service, être examinés ou vérifiés par les soins d'un organisme de contrôle agréé.

Les résultats sont consignés sur un registre dit « registre de sécurité » qui doit être conservé sur le chantier ou en cas d'impossibilité au siège de l'entreprise.

En cas de doute sur l'état d'un treuil et ses accessoires avant la descente, tout locateur de l'ouvrage ou l'agent de l'Inspection Générale des Carrières peut demander à l'Entreprise à consulter ce registre qui prouve que le treuil est en bon état de marche et conforme aux décrets en vigueur sur les vérifications réglementaires.

En cas de panne prolongée du treuil principal, l'Entreprise doit pouvoir assurer la remontée du personnel encore en carrière à l'aide d'un débrayage en mode manuel ou d'un treuil de secours.

4.8. Chronologie des travaux

Les travaux de consolidation précèdent toujours les travaux de superstructure, et la co-activité verticale avec un recul minimum de 10 à 15 m sur la parcelle, au droit des travaux prévus, est strictement encadrée et régie par les dépositions de la loi N° 14-18 du 02 décembre 1993 relative à la Sécurité Santé SPS. Cette disposition peut permettre un phasage des travaux de consolidation du sous-sol et d'activité en surface dans le cas de grande parcelle.

Lors d'opération de construction comportant des travaux d'infrastructure pour la réalisation de sous-sols, la consolidation préalable de la carrière souterraine doit obligatoirement être effectuée avant la réalisation des parois de soutènement.

Quand l'infrastructure traverse la carrière et nécessite la mise en œuvre de murs masque, la confortation devra se faire avant tout terrassement. Dans l'éventualité où l'étude géotechnique montre le bon état de la carrière, les travaux de terrassement pourront être engagés avec une planche résiduelle dont l'épaisseur sera déterminée par le Géotechnicien pour un minimum de 3 m sans co-activité verticale sur un recul de 10 m.

De même, la consolidation préalable de la carrière souterraine doit être effectuée avant démarrage de tous travaux de démolition sur la parcelle au droit du projet à consolider sauf si la mission géotechnique préalable a conclu à la possibilité de déroger à cette règle générale.

Toute dérogation à ces règles générales devra être soumise pour accord préalable au coordonnateur SPS.

5. Constat de bonne fin de travaux

L'efficacité des travaux prescrits et exécutés doit être garantie et vérifiée par des opérations de contrôle rigoureuses.

5.1. Responsabilités

La responsabilité du constat de bonne fin des travaux et du contrôle de la qualité d'exécution des travaux relève entièrement et uniquement de la maîtrise d'œuvre, de l'entreprise réalisant les travaux, du géotechnicien et, le cas échéant, d'un bureau de contrôle technique. Dans certains cas, il pourra s'avérer nécessaire de confier au géotechnicien une mission de suivi d'exécution de type G4 conforme à la norme NFP 94 – 500.

La mission de contrôle exercée par l'Inspection générale des Carrières, en tant que conseil et expert technique au service du Maire ayant autorité pour la délivrance du Permis de Construire, se limite à s'assurer du respect de l'application effective de la prescription qui constitue un des supports du Permis de Construire formant un tout indivisible.

Il s'en suit que le contrôle exercé par l'Inspection générale des Carrières, ne constitue en aucun cas un acte de maîtrise d'œuvre. Son rôle se limite à constater in fine la réalisation de la prescription, attestée par la remise du dossier de récolelement des travaux exécutés.

C'est dans ce contexte qu'en cours d'exécution des travaux, des passages inopinés des contrôleurs réglementaires de l'IGC permettent de contrôler la mise en application de la prescription et la conformité des travaux aux règles minimales de la présente notice technique.

5.2. Relevé des travaux exécutés – Plan de récolelement

Le relevé obligatoire des piliers de consolidation et de la carrière sous le projet doit se faire au fur et à mesure de l'avancement du chantier par un levé topographique effectué par l'Entreprise si cette dernière possède un personnel qualifié à cet effet ou par un géomètre DPLG ou similaire.

Le relevé réalisé à la planchette et à l'alidade est considéré comme levé topographique.

Le relevé est exécuté en carrière et porté sur une minute d'avancement. Le contrôleur réglementaire de l'Inspection Générale des Carrières peut exiger à tout moment la production de la minute d'avancement.

La minute d'avancement établie par l'Entreprise ou le géomètre est validée au fur et à mesure par le Maître d'Oeuvre, l'Architecte et/ou le Bureau de Contrôle suivant les missions confiées aux intervenants ci-dessus par le Maître de l'Ouvrage.

5.3. Opérations de contrôle

Dans le cadre de sa mission, le maître d'œuvre est responsable du contrôle de la bonne exécution des travaux et notamment du respect des règles minimales de la notice. Il devra donc attester, par un certificat qui sera obligatoirement inséré dans le dossier de récolelement (cf. §5.4), qu'il a procédé aux opérations de contrôle garantissant la bonne exécution des travaux et l'efficacité de la consolidation.

Si, à l'occasion d'un passage sur le chantier, un contrôleur réglementaire de l'IGC constate un problème, l'IGC prévient alors le maître d'œuvre dans un délai de 2 jours ouvrés sur la base d'un procès verbal qu'elle établit, avec copie pour information au maître d'ouvrage.

Si le maître d'œuvre ne prend pas les dispositions immédiates pour faire corriger l'anomalie constatée dans un délai de 8 jours ouvrés, l'Inspection générale des carrières peut demander des contrôles complémentaires dont l'organisation, la gestion et la responsabilité incombera au maître d'œuvre.

Le maître d'œuvre informera alors l'Inspection générale des carrières de la correction effectuée qui aura fait l'objet d'un procès verbal contradictoire établi et signé par le maître d'œuvre, l'entreprise, le bureau de contrôle technique s'il est missionné dans l'opération, en présence éventuelle de l'Inspection générale des carrières.

L'Inspection générale des carrières informera alors le maître d'ouvrage du respect de la prescription en conformité avec les règles minimales de la notice.

L'ensemble de cette procédure de contrôle complémentaire sera insérée dans le dossier de récolelement.

5.4. Dossier de récolelement des travaux

Le dossier de récolelement comprend les plans exacts d'implantation et les travaux confortatifs exécutés aux échelles de 1/200^{ème}, 1/100^{ème}, ou 1/50^{ème} auxquels sont annexés la coupe géologique des puits avec cotes d'altitude ainsi que tous renseignements utiles où sont repérés sans ambiguïté les rues et/ou immeubles voisins. La minute d'avancement mise à jour en fin de travaux est également jointe au dossier de récolelement. Ces documents sont datés, signés et certifiés conformes par l'Entreprise responsable des travaux et visés par le Contrôleur Technique, l'Architecte ou le Maître d'œuvre suivant les missions confiées à ces intervenants.

Le dossier de récolelement comprend également les éléments suivants :

- dossier technique justificatif du dimensionnement de la consolidation maçonnée,
- résultats des essais d'écrasement des pierres et mortier d'assemblage employés sur le chantier (voir chapitre correspondant),
- constats, compte-rendu de visite et reportage photographique éventuels,
- certificat du maître d'œuvre garantissant l'effectivité des opérations de contrôle (cf. § 5.3),
- le cas échéant, procédure de contrôle complémentaire (cf. § 5.3).

Le dossier complet est adressé par le maître d'œuvre au maître d'ouvrage ou son représentant. En tant que titulaire du permis de construire, c'est ensuite essentiellement au maître d'ouvrage ou son représentant qu'il appartient d'adresser le dossier de récolelement à l'Inspection générale des Carrières.

Suite à ce dépôt, l'Inspection générale des Carrières délivre au maître d'ouvrage ou son représentant bénéficiaire du permis de construire assorti de la prescription obligatoire de consolidation souterraine par piliers maçonnés, un « récépissé de dépôt de dossier de récolelement » lui permettant d'obtenir la conformité du Permis de Construire ; une copie sera adressée à l'entreprise.

6. Changement de prescription

Après la prescription par l'IGC de consolidations souterraines par piliers maçonnés, des éléments nouveaux peuvent être découverts par les acteurs à la construction, en particulier lors du

forage du puits d'accès ou lors de l'accès à la carrière souterraine. Si ces éléments nouveaux d'information n'avaient pas pu être pris en compte par l'IGC lors de l'établissement de sa prescription, il est possible de proposer une technique de consolidation de la parcelle par injection conformément à la notice IGC du 15 janvier 2003. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de produire de dossier technique de changement de prescription à transmettre au service instructeur de la Mairie sous forme de recours gracieux ou de demande de permis modificatif.

Les conditions spécifiques suffisantes pour permettre de substituer la consolidation par injection à la consolidation par piliers maçonnés sont les suivantes :

- épaisseur du ciel de la carrière trop faible par rapport à l'épaisseur présumée initialement
- déflexion caractérisée du ciel de la carrière
- nombreux effondrements localisés du ciel
- fracturation très importante du ciel
- nombreux fontis non répertoriés initialement
- galeries initialement présumées vides qui s'avèrent remblayées sur toute hauteur
- hauteur de la carrière inférieure à 1,20 m.
- présence d'eau en quantité telle que la mise en œuvre des piliers est impossible
- présence de gaz nocifs
- état de consolidation des remblaiements existants très élevé imposant leur enlèvement au marteau piqueur, confirmé par des sondages pressiométriques attestant de la surconsolidation ($PI \geq 0,6 \text{ Mpa}$)

Il appartient aux acteurs à la construction de faire constater au moins un de ces cas dans les meilleurs délais par l'Inspection générale des Carrières pour l'informer de l'existence de cet élément nouveau justifiant de substituer la consolidation par injection à la consolidation par piliers maçonnés. D'autres cas non répertoriés dans cette liste pourront éventuellement justifier une saisine de l'Inspection générale des Carrières.

L'Inspection générale des Carrières procède alors à un constat contradictoire sur place en présence obligatoire du maître d'œuvre et d'un bureau de contrôle technique missionné spécifiquement par le maître d'ouvrage pour émettre un avis sur cette demande de changement de prescription. Un procès verbal contradictoire est alors établi, signé par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre, le bureau de contrôle technique et l'Inspection générale des Carrières. Il vaut accord sur le changement de la prescription qui est alors notifié par l'Inspection générale des Carrières au maître d'ouvrage et au service instructeur de la Mairie.