

| CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES (CCTP) |
|--|
| TRAVAUX DE RENFORCEMENT DU SOL D'ASSISE SOUS FONDATION ET DALLAGE PAR INJECTION AU SOUS-SOL DU BATIMENT EVARISTE GALOIS |
| MAPA |
| SIEC-2025-03 |

SOMMAIRE

ARTICLE 1 / LE CONTEXTE

| | | |
|-------------|---|----------|
| 1.1. | Présentation du SIEC | 3 |
| 1.2 | Normes applicables | 3 |
| 1.3 | Reconnaissance des terrains et conditions de réalisation | 3 |
| 1.4 | Caractéristiques de la résine d'injection | 3 |
| 1.5 | Conditions de mise en œuvre | 5 |
| 1.6 | Consistance des travaux | 7 |

ARTICLE 1 / LE CONTEXTE

1.2. Présentation du SIEC

Le Service Interacadémique des Examens et Concours (SIEC) est un organisme créé en 1982, recevant de la part des trois recteurs des académies de Paris, Créteil et Versailles délégation de compétences en matière d'organisation des examens et concours (plus de 720 000 candidats chaque année). Le site d'Arcueil est appelé la Maison des examens. Ce service déconcentré est une structure unique en matière d'examens et concours au sein de l'Éducation nationale.

1.1.2 Objet

Il s'agit de travaux de renforcement du sol d'assise sous fondation ou dallage par injection en sous œuvre de résine expansive type procédé Deep Injections ou équivalent. Conformément aux préconisations du géotechnicien, l'entreprise devra aussi réaliser le comblement gravitaire du vide sous dallage par injection de béton type remblai liquide ou par procédé cavity filling (faible densité) avant les travaux d'injection.

1.2 Normes applicables :

Les travaux sont réalisés conformément à la norme EN 12715 « exécution des travaux géotechniques spéciaux – injection ». Ces injections doivent se classer dans la catégorie des injections avec déplacement de terrain. **Ils doivent être exécutés dans le cadre d'un avis technique délivré par le CSTB et en cours de validité.** Par ailleurs, l'entreprise devra justifier d'une expérience d'au moins 10 ans, de ses qualifications et de ses solides références. Les travaux feront l'objet d'une garantie décennale.

1.3 Reconnaissance des terrains et conditions de réalisation :

Sur la base des études de sol réalisées, l'entreprise devra justifier, à travers les critères de faisabilité inscrits dans son avis technique, la compatibilité des sols en présence avec son procédé. Selon l'état du sol, l'entreprise devra justifier par une note de calcul les procédures et quantités à injecter au regard des objectifs d'amélioration de sol définis en fonction des cas de charges. Cette note de calcul sera à remettre par l'entreprise avec son offre de prix.

1.4 Caractéristiques de la résine d'injection :

1.4.1 Fabrication et contrôle :

Les composants de base entrant dans la constitution de la résine devront être fabriqués par un producteur qui dispose des certifications ISO 9001, ISO 14 001, ISO 17 020 et ISO 17 025.

La fabrication des composants doit être réalisée suivant un cahier des charges défini par l'entreprise et faisant l'objet d'un plan d'assurance qualité.

La fabrication des composants doit faire l'objet d'un contrôle permanent portant notamment sur les caractéristiques des composants et la réaction du mélange et cela pour chaque lot de produit livré.

1.4.2 Caractéristiques mécaniques :

La résine d'injection doit être de la famille des polymères rigides à cellules fermées. Elle doit se classer dans la catégorie des polymères réticulés thermo durcis afin de former, après injection dans le sol un polyuréthane rigide, thermo durcis, stable, non biodégradable et non polluants. Les fiches techniques des produits seront communiquées par l'entreprise lors de la remise de son offre.

Par ses essais en laboratoire ayant permis la mise au point de leur cahier des charges, l'entreprise devra pouvoir justifier des principales caractéristiques physiques et mécaniques ci-dessous de leur résine d'injection :

- une pression de gonflement de l'ordre de 10 MPa,
- une résistance à la compression de 5 MPa et cela avec une déformation verticale inférieure à 7 %, évaluée en référence à la norme UNI 6350-68,
- une résistance à la traction de 8 MPa pour un échantillon de 5,0 kN/m³ de poids volumique, évaluée en référence à la norme UNI 8071,
- un module d'élasticité variant de 10 à 90 MPa en fonction d'une déformation verticale de 1 % et suivant le poids volumique de l'échantillon, évaluée en référence à la norme UNI EN 6350-68,

Au-delà de ces principales caractéristiques, l'entreprise devra pouvoir justifier des autres caractéristiques suivantes :

- une résistance à la flexion,
- une résistance à la compression triaxiale dynamique-cyclique,
- une évaluation de la déformation à 20/30 jours de la résine soumise à une charge constante.

Toutes autres résines d'injections ne répondant à ces caractéristiques minimales sont interdites. L'entreprise retenue devra pouvoir justifier l'obtention de ces caractéristiques à travers des essais réalisés par un laboratoire indépendant.

1.4.3 Critères de Durabilité :

Nous entendons par durabilité de la résine d'injection sa capacité à maintenir inaltérées ses propriétés au cours du temps sous l'influence d'actions prévisibles, à savoir :

- la présence de charges statiques de longue durée,
- la présence de charges dynamiques
- la présence possible de champignons et de bactéries
- la présence possible de composants chimiques

A travers ses essais, l'entreprise devra donc pouvoir justifier :

- d'une déformation à long terme (minimum 4 ans) sous charge constante inférieure à 2 %
- que pour un nombre de cycle de chargement/déchargement d'environ 40 000, le module de résistance, pour un échantillon de poids volumique d'environ 2 kN/m³, est de 70 MPa,
- l'excellent comportement de la résine par rapport aux champignons et aux bactéries suivant le protocole de la norme ASTM G21-96 et ASTM G22-76,
- que la résistance mécanique de la résine a été testée sur différents agents chimiques.

Au-delà de ces tests en laboratoire, l'entreprise devra pouvoir garantir une durée de vie de leur résine d'au moins 60 ans.

1.4.4 Comptabilité environnementale :

La résine injectée doit respecter les normes en vigueur en matière d'environnement des sites définis par l'arrêté du 15 mars 2006. Notamment pour confirmer le caractère inerte de la résine et de manière à éviter une pollution de l'environnement, des nappes et des eaux potables ou de nuire à la santé humaine.

En outre, l'injection de résine ne doit pas endommager la végétation présente à proximité des volumes de terrain traité.

L'entreprise devra donc pouvoir justifier de la compatibilité de sa résine grâce à ces travaux de recherche dans ce domaine.

1.5 Conditions de mise en œuvre :

1.5.1 Etude de conception :

A la charge de l'entreprise l'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) phase étude (en interaction avec la phase suivi).

A travers sa note technique de faisabilité (G3), l'entreprise devra également justifier de la formulation de résine retenue et des méthodes de perforation. Elle devra également préciser les quantités de résine à mettre en œuvre, les essais et les contrôles prévues.

L'étude devra justifier de l'aptitude de la structure à supporter ponctuellement et sans dommages une réaction verticale liée aux travaux d'injection.

Concernant le maillage et la profondeur de traitement, l'entreprise devra les calculer en fonction des résultats des investigations géotechniques réalisées et des autres éléments à disposition (descentes de charges, objectifs...).

Dans tous les cas et conformément à la norme, le maillage et la profondeur des injections seront modulés en fonction des paramètres réels constatés sur site : résistance du sol, présence d'eau, obstacle, etc. Si ces paramètres sont très éloignés de ceux décrits dans l'étude de sol, l'entrepreneur chargé des travaux devra provoquer une réunion pour décider de la meilleure stratégie.

1.5.2 Objectifs à atteindre et critères de contrôle / de réception :

Dans sa note technique de faisabilité, l'entreprise devra définir et justifier, en fonction des éléments en sa possession, les objectifs d'amélioration de sol qu'elle s'est fixée. Ces objectifs devront être validés par le géotechnicien avant le démarrage des travaux. L'entreprise prendra à sa charge toutes les études complémentaires nécessaires à la définition de ses objectifs.

Dans son Dossier des Ouvrages Exécutes, l'entreprise devra fournir l'intégralité des contrôles réalisés avant, pendant et après injections.

1.5.3 Mise en œuvre :

La réalisation des injections devra respecter la mise en œuvre suivante :

- Dans un premier temps, en phase de diffusion qui prévoit le comblement gravitaire du vide sous dallage par injection de béton type remblai liquide avant les travaux d'injection. La résine devra remplir les vides macroscopiques éventuellement présents sous fondations. Cette phase permettra également d'augmenter la résistance du sol à la rupture et au cisaillement. Dans la norme, cette phase correspond aux injections dites d' « imprégnation ».
- Dans un second temps, phase d'expansion, la résine devra dégager une pression de gonflement suffisante pour assurer un compactage statique tridimensionnel et générer un mouvement de terrain par claquage. Dans la norme, cette phase correspond à la fracturation hydraulique et au compactage statique.

Pour assurer un bon compactage, sa pression d'expansion maximale de la résine devra être supérieure à la pression de fracturation du sol.

La résine sera bi-composante et devra polymériser en quelques secondes après injection de manière à bien compacter le sol dans le bulbe des descentes de charge. Les produits utilisés et la réaction chimique générée devront être ni irritant ni cancérigène.

La résine ne doit pas se disperser dans le milieu naturel de manière incontrôlée. Sa polymérisation rapide devra permettre le contrôle de sa diffusion. En cas de présence d'une nappe, la résine devra polymériser dans l'eau sans mélange avec la nappe.

1.5.4 Suivi et contrôle d'injection :

L'entreprise devra préciser dans son mémoire technique les procédures et la fréquence des contrôles de son atelier d'injection mis en œuvre sur le chantier notamment pour permettre d'assurer le bon dosage du mélange, la bonne température de chauffage et la bonne pression d'injection afin de se conformer aux prescriptions du fabricant et d'assurer la bonne exécution.

1.6 Consistance des travaux :

L'entrepreneur devra, durant la période de consultation, se rendre sur le site afin de vérifier les conditions d'accessibilité au chantier ainsi que les différentes contraintes externes.

Les travaux comprendront notamment :

- La réalisation d'éventuels essais géotechniques complémentaires permettant de justifier les conditions de réalisation ;

- La note technique justificative à présenter au bureau de contrôle et au géotechnicien ;
- La détection, le repérage et le contrôle vidéo des réseaux enterrés. Une détection devra être réalisée avant percement pour éviter d'endommager les éventuels réseaux présents dans la zone. Si, lors de cette phase, l'entrepreneur découvre la présence de réseaux non prévus ou détériorés, il devra immédiatement en informer la maîtrise d'œuvre de manière à prendre les mesures de réparation qui s'imposent. Toutes les dégradations des réseaux et bâtiments existants qui auront été provoquées par l'entreprise devront être réparées par celle-ci et à ses frais ;
- Les frais d'installation de chantier et de livraison du matériel ;
- Les percements dont le diamètre, l'écartement et la profondeur sont à déterminer par l'entreprise ;
- La mise en place des tubes d'injections suivant les angles d'inclinaison retenus ;
- Les injections : les injections sont réalisées suivant les quantités et clauses prévues dans le devis de l'entrepreneur (quantités et prix forfaitaires). Elles seront réalisées en 2 phases afin de traiter d'une part l'interface du dallage et du sol d'assise et d'autre part en profondeur afin de traiter le bulbe d'incidence (bulbe de Boussinesq) ;
- Les contrôles de déplacement pendant l'injection. Pendant l'injection, les mouvements de l'ouvrage seront impérativement contrôlés par niveau laser. Les injections seront poursuivies jusqu'à réaction du dallage en surface. Chaque mouvement permettra à l'entreprise de s'assurer de manière certaine que la résistance du sol est bien supérieure à la descente de charge et que les mouvements restent dans les limites des tolérances de la structure.
- Les contrôles après injection : 2 essais au pénétromètre dynamique seront réalisés, par zone avant et après injection pour vérification du compactage réalisé. Les résultats de ces tests devront être transmis à la maîtrise d'œuvre après le chantier afin de vérifier l'atteinte des objectifs de portance qui aura été défini préalablement avec le bureau d'étude.
- L'enlèvement des tubes d'injection, le nettoyage du chantier après l'exécution des prestations décrites ci-dessus.

Localisation :

Selon le plan annexé au rapport de diagnostic.
