

LES PIEUX FORÉS

POUR LES OUVRAGES D'ART ET LE BÂTIMENT

GUIDE DE RÉALISATION

Fascicule 2

Aspects généraux des marchés de travaux de pieux et du déroulement du chantier



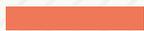
LES PIEUX FORÉS

POUR LES OUVRAGES D'ART ET LE BÂTIMENT

GUIDE DE RÉALISATION

Fascicule 2

Aspects généraux des marchés de travaux
de pieux et du déroulement du chantier



Collection

« Les références »

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoir-faire...), dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

REMERCIEMENTS

Cet ouvrage, œuvre collective du Cerema, a été piloté par Sabrina Perlo (Cerema).

Il a été réalisé en partenariat avec le SOFFONS (Syndicat des entrepreneurs de sondages, forages et fondations spéciales) et différents acteurs du secteur (maître d'œuvre et d'ouvrage, bureaux de contrôle, entreprises de fondation).

Les affiliations indiquées correspondent à celles au début des travaux de groupe. Elles ont changé au fil du temps pour certains participants.

Ont contribué à la rédaction d'un ou de plusieurs fascicules :

- ADP : Jean-François Brie
- Apave : Nathalie Borie
- Bureau Veritas Construction : Patrick Berthelot
- Cerema : Dominique Batista, Mathieu Feregotto, Frédéric Jeanpierre, Philippe Laheurte, Sophie Legrand, Loïc Leurent, Olivier Malassingne, Cécile Maurel, Pierre Paya, Jérôme Saliba (les pilotes de groupe) - David Bicard, Bruno Boulet, Lionel Fix, Laura Kerner, Benjamin Landry, Nicolas Rouxel
- Chartreuse ingénierie : Jean-Marc Grezlak
- Durmeyer : Vincent Keller
- Directions Interdépartementales des routes (DIR) : Frédéric Marty (DIR Méditerranée et DIR Massif Central), Jean-François Messenger (DIR SO)
- Rincet Laboratoires : Corinne Horb
- SNCF : Florence Belut, Vivien Darras, Jérôme Simonnet
- Socotec : Luis Carpinteiro (Socotec, puis Ginger CEBTP)

Comment citer cet ouvrage :

Cerema. *Les pieux forés pour les ouvrages d'art et le bâtiment - Guide de réalisation - Fascicule 2 - Aspects généraux des marchés de travaux de pieux et du déroulement du chantier.*
Lyon : Cerema, 2025.
Collection : Les références.
ISBN : 978-2-37180-708-2 (pdf)

- SOFFONS : Laurent Darasse (SOFFONS, GRIMAUD Fondations), Sabine Darson-Balleur (SOFFONS, Soletanche Bachy International), Jean-Robert Gauthey (SOFFONS, Spie Fondations), Régis Lebeaud (SOFFONS, Soletanche Bachy Fondations Spéciales), Rémi Vialard (SOFFONS, GRIMAUD Fondations), Jean-Paul Volcke (SOFFONS, Franki-Fondation)
- Soletanche Bachy : Gérard Cardona (Fondations Spéciales), Michel Glandy (Fondations Spéciales), Marie Lebreton (Fondations Spéciales), Christophe Justino (International).

Sont remerciés pour leur contribution ciblée dans leur domaine d'expertise :

Guillaume Barde (Cerema), Stéphane Brûlé (Menard France), Sylvain Chataigner (Université Gustave Eiffel), Sidonie Cayambo (Cerema), Faustin Gauffillet (Schöck), Philippe Guezennec (Cerema), Thomas Holder (Soletanche Bachy International), Philippe Jandin (Cerema), Frédéric Larrere (Cerema), Claudio Mandelli (Sireg), André Mikolajczak (Soletanche Bachy Fondations Spéciales), Sylvie Nouvion-Dupray (Cerema), Aurélie Pintat (Soletanche Bachy Fondations Spéciales).

Sont remerciés également les relecteurs d'un ou de plusieurs fascicules :

Frédéric Autric (DIR Méditerranée), Bruno Berenger (Cerema), Clément Bonifas (DIR Est), Pierre Corfdir (Cerema), Mickaël Dierkens (Cerema), Roger Frank (École des Ponts), Gaël Gourrin (Socotec), Julien Habert (Cerema), Serge Lambert (Keller), Grégory Meyer (Systra), Nicolas Nayrand (Bureau Veritas Construction), Jean-Marc Potier (SBPE), Rémy Pugeat (Cerema), Fabrice Rojat (Cerema), Gilles Valdeyron (Cerema), Vincent Waller (SNBPE, Unibéton), Nicolas Utter (SOFFONS, Soletanche Bachy France), y compris des participants aux groupes de travail, avec une mention spéciale pour Olivier Madec (SOFFONS, Botte Fondations).

Sont remerciées aussi les entreprises suivantes pour la mise à disposition de photographies : le Cerema, les Directions Interdépartementales des routes (DIR), Botte Fondations, Durmeyer, Franki-Fondation, Grimaud Fondations, Schöck, Sireg, Soletanche Bachy, Spie Batignolles Fondations, Université Gustave Eiffel (ex Ifsttar).

Sont remerciés pour les illustrations : Gérald Bitter et Denis Cousin (Cerema).

Photo de couverture : Soletanche Bachy.

AVANT-PROPOS

Les pieux forés sont largement utilisés pour assurer les fondations des ouvrages de génie civil ou de bâtiment. Ce guide est la reprise complète du guide **Pieux forés – Recueil des règles de l'art**, publié en 1978 par le LCPC et le SETRA (*Note*). Il tient compte de l'importante évolution des pratiques d'exécution des pieux, du contexte normatif et du positionnement des différents acteurs (cf. chapitre 1 du fascicule 1).

Note : le guide ne s'applique pas pleinement aux pieux de soutènement ou réalisés dans le cadre d'un renforcement de sols (par exemple, une stabilisation de pente par clouage) en raison des dispositions particulières (ancrage, tolérance...) ; il pourra donc être nécessaire de se référer aux normes et recommandations relatives à ce type d'ouvrages.

Ce document s'applique à l'**exécution des pieux ou barrettes forés** exécutés en place avec excavation du terrain (*Note 1*), ce qui correspond :

- **au domaine d'application de la norme européenne NF EN 1536+A1** (Exécution des travaux géotechniques spéciaux – pieux forés) restreint aux techniques traditionnellement utilisées en France ;
- **aux pieux forés** (foré simple, foré tubé, foré boue, tarière creuse et foré rainuré) à l'exception des puits (*Note 2*). Ces pieux correspondent aux classes 1 et 2 selon la terminologie de l'annexe A de la norme française NF P94-262 traitant de la justification des ouvrages géotechniques (norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – fondations profondes).

Ce guide s'appuie sur les documents normatifs existants et est conforme aux normes en vigueur, il vient les compléter par des recommandations sur certains points.

Note 1 : ce document ne décrit pas les techniques de fondations profondes avec refoulement du sol (pieux vissés, pieux battus, vibrofoncés...) ni les fondations avec injection (en particulier les micropieux).

Note 2 : le présent document n'est pas applicable aux puits réalisés à la pelle ni aux puits marocains ; certaines dispositions du présent document sont utilisables lorsque les puits sont réalisés par les moyens mécaniques.

Ce guide est constitué de **7 fascicules**.

- **Le fascicule 1** introduit succinctement les actions sur les pieux, les avantages et les inconvénients respectifs des pieux forés et des pieux avec refoulement. Il rappelle les principales étapes de réalisation et le domaine classique d'utilisation des différents types de pieux forés. Il fournit quelques éléments pour le choix de la tenue des parois du pieu lors de sa réalisation. Deux tableaux synthétisent l'adéquation des catégories de pieux avec le contexte géotechnique et hydrogéologique d'une part, et les principaux avantages et inconvénients des techniques de pieux d'autre part.
- **Le fascicule 2** traite des aspects généraux des marchés de travaux de pieux et du déroulement du chantier, et plus spécifiquement de généralités sur les marchés pour le montage de l'opération, de la préparation du dossier

de consultation des entreprises (DCE), d'informations relatives à la phase de préparation de chantier et au déroulement de l'exécution. Ce fascicule se termine par les documents à fournir après exécution. Les volets « environnement » et « sécurité » y sont abordés. Des éléments pour la rédaction de bordereau des prix unitaires relatif à l'exécution des pieux forés se trouvent en annexe.

- **Le fascicule 3** se rapporte à l'exécution des pieux forés, en déclinant les techniques et les étapes de forage, les matériels d'excavation, aussi bien que les techniques de tenue des parois par les fluides stabilisateurs ou encore par tubage et chemisage. À titre indicatif, des tableaux synthétiques présentent, en fonction de la nature des terrains, l'adéquation des outils de forage, des dents et molettes, et des méthodes de tenue de parois. On y aborde aussi les contrôles réalisés au démarrage du chantier et lors de l'exécution. Ce fascicule se termine avec quelques exemples de choix de technique de réalisation de pieux argumentés dans des configurations simplifiées.
- **Le fascicule 4** porte sur le bétonnage des pieux forés en commençant par les spécifications des bétons et de leurs constituants. Sont ensuite développés toutes les opérations préalables au bétonnage (formulation, épreuve d'étude et épreuve de convenance...), la fabrication, la livraison, la réception et le transport du béton, et enfin sa mise en œuvre dans le forage. Une dernière partie reprend les points sensibles du bétonnage (par exemple le curage, la purge, le recépage, la surconsommation, le retrait du tube de travail, le ressuage...).
- **Le fascicule 5** a pour objet les armatures des pieux forés. Il introduit les différents types d'armatures et de matériaux, puis décline les cages d'armature en acier et en matériaux composites, les éléments en acier et les fibres pour béton. Une partie est dédiée aux dispositifs particuliers nécessaires à la mise en œuvre des cages (les dispositifs de centrage, de rigidification des cages, les tubes de réservation...). Le sujet crucial de l'enrobage y est traité. Sont aussi abordés le chargement, le transport, le déchargement et le stockage des armatures, ainsi que la mise en place de la cage ou du profilé dans le forage. La dernière partie porte sur les contrôles du ferrailage des pieux.
- **Le fascicule 6** présente le contrôle des pieux, une fois finis, avec le choix et l'opportunité des contrôles et le détail des méthodes non destructives (sonique par transparence, réflexion et impédance, gammamétriques et sismique parallèle), des méthodes destructives (sondages carottés, inspection caméra...) et des essais de chargement. La dernière partie s'intéresse à la position contractuelle du problème, à la caractérisation des non-conformités, à la gestion contractuelle des anomalies ou singularités et enfin au traitement des non-conformités.
- **Le fascicule 7** dresse une liste non exhaustive de défauts avec leurs causes potentielles, leur nature, leur gravité, ainsi que l'opportunité des réparations. Des solutions de réparations des pieux forés sont présentées, puis illustrées à travers sept exemples. La dernière partie de ce fascicule est dédiée à la réception des pieux réparés.

**Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique.
Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).**

Sommaire

Remerciements	2
----------------------	----------

Avant-propos	4
---------------------	----------

CHAPITRE 1

Généralités sur les marchés pour le montage de l'opération 9

1.1 - L'organisation et les différents intervenants	10
1.2 - Les différents types de marchés et les référentiels associés	14
1.3 - Mode de rémunération des travaux de fondations (DPGF et BPU)	17
1.4 - Position des travaux de fondations dans le marché : lots séparés, co-traitance, sous-traitance	18
1.5 - Coordination	19
1.6 - Jugement des offres	20
1.7 - Cas des variantes	20
1.8 - Procédés particuliers décrits par cahier des charges	22

CHAPITRE 2

Préparation du Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) 23

2.1 - La géotechnique dans le DCE	24
2.2 - L'environnement dans le DCE	27
2.3 - La sécurité dans le DCE	32
2.4 - Les avoisinants dans le DCE	33
2.5 - Ensemble des contraintes particulières pour le chantier à préciser dans le DCE	34
2.6 - Le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP)	36
2.7 - Méthodes de justification des fondations	37
2.8 - Emprise des installations	38
2.9 - Organisation des contrôles et supervision	39

CHAPITRE 3

Phase de préparation de chantier 43

3.1 - Les installations de chantier	44
3.2 - Les plateformes de travail	48
3.3 - Études préalables aux essais de chargement	52
3.4 - Plan d'Assurance Qualité (PAQ)	52

3.5 - Plan de respect de l'environnement (PRE)	53
3.6 - Plan de pilotage des pieux	57
3.7 - La durée de la phase de préparation de chantier	58

CHAPITRE 4

Déroulement de l'exécution **61**

4.1 - Processus d'implantation et de récolement des pieux	62
4.2 - Pieu de faisabilité et pieu de convenance	63
4.3 - Ensemble des contrôles à prévoir lors de l'exécution	64
4.4 - Gestion des déblais de pieux	65
4.5 - Adaptations courantes en cours de chantier	66
4.5.1 - Les adaptations en cours de chantier	66
4.5.2 - Problématiques associées à la nature des terrains	68
4.5.3 - Piques associées à la présence de vestiges ou d'horizons indures	69
4.6 - Règlement des adaptations/modifications jugées imprévisibles	70

CHAPITRE 5

Documents à fournir après exécution **73**

5.1 - Compte-rendu de chantier et enregistrements	74
5.2 - Réception et précautions particulières de conservation des pieux	75
5.3 - Dossier des ouvrages exécutés (DOE)	75

Sigles et acronymes **77**

Annexes **80**

Annexe 2.1 : Exemples de contenu du plan général de coordination SPS (PGCSPS)	82
Annexe 2.2 : Document de référence pour aide à la rédaction de bordereau des prix unitaires	84

Bibliographie **95**

Ouvrages	96
Fascicules du CCTG (Cahier des clauses techniques générales)	97
Normes afnor	97

Ce fascicule fait l'objet de nombreux sigles et acronymes dont vous trouverez la liste à la fin du document (cf. « Sigles et acronymes » avant les annexes).

Les parties comportant ce fond de couleur concernent exclusivement les pieux de classe 2, c'est-à-dire réalisés avec la technique de la tarière creuse (cf. chapitre 3 du fascicule 1). Certaines préconisations de la classe 1 ne sont pas directement transposables à la classe 2.



CHAPITRE 1

Généralités sur les marchés pour le montage de l'opération

1. GÉNÉRALITÉS SUR LES MARCHÉS POUR LE MONTAGE DE L'OPÉRATION

Les éléments fournis dans ce chapitre sont des supports pour la rédaction des marchés de travaux de fondations profondes et **ne traitent pas les aspects juridiques** des pièces particulières des marchés.

Ils sont donnés à titre informatif et aident à établir les documents contractuels du marché.

⚠ Chaque chantier est un cas particulier et ce fascicule du guide n'est pas un marché type. Il essaie de lister l'ensemble des sujets à aborder.

Dans la mesure du possible les indications sont communes à tous les types de marchés, il est toutefois précisé dans le texte quand des éléments sont spécifiques à un seul type (marchés publics, marchés privés).

1.1 - L'ORGANISATION ET LES DIFFÉRENTS INTERVENANTS

Les différents intervenants d'un marché de pieux forés

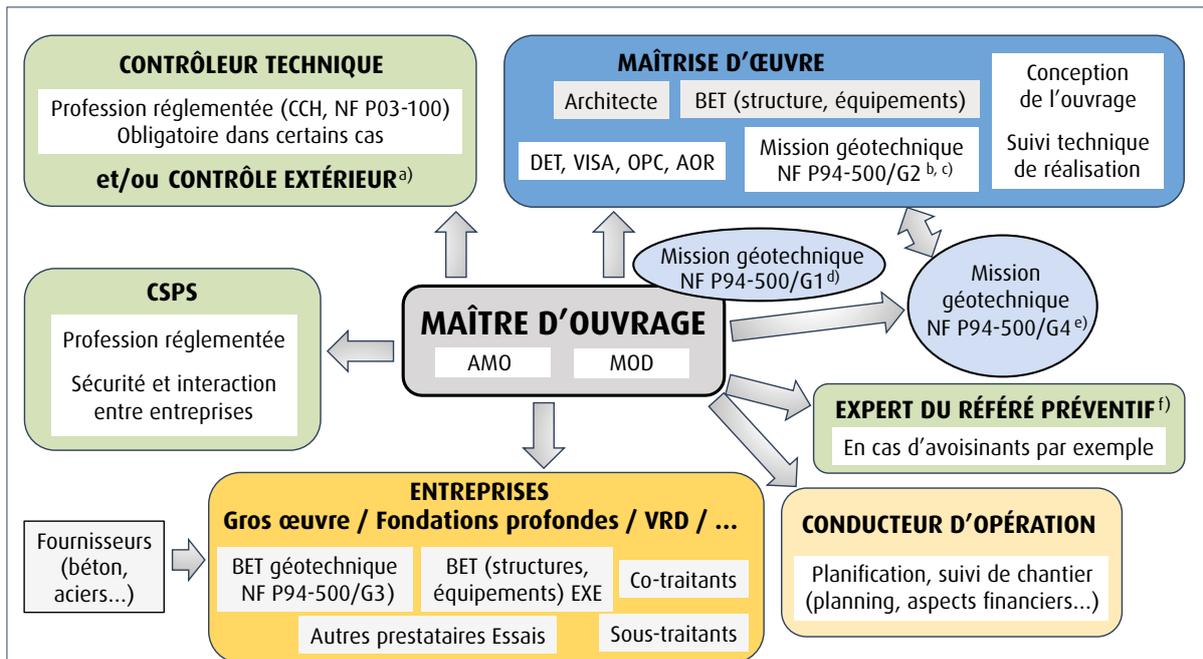
Il est rappelé dans le logigramme (Figure 2.1) les différents intervenants d'un marché de pieux forés dans le cas général (*Nota bene*) et dans le Tableau 2.1, les missions géotechniques selon la norme NF P94-500 au regard du livre IV du Code de la commande publique (*Note*). Ce logigramme est aussi applicable pour les marchés privés. Des définitions précises sont fournies dans les textes de référence relatifs aux marchés (publics et privés) de pieux forés (cf. § 1.2 « Les différents types de marchés et les référentiels associés »).

Nota bene : Ce logigramme concerne le cas courant et ne traite pas certaines formes particulières de marchés de travaux, pour lesquelles la conception est incluse dans le marché, comme les marchés de conception-réalisation, les dialogues compétitifs, certains PPP (partenariat public-privé)...

Note : le livre IV du Code de la commande publique a repris le contenu de la loi MOP⁽¹⁾. Il définit pour les marchés publics la relation entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre.

1. La loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique (MOP) et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée ainsi que ses décrets d'application et arrêtés ont été intégrés dans le livre IV du Code de la commande publique entré en vigueur le 1^{er} avril 2019.

Figure 2.1 : Les différents intervenants d'un marché de pieux forés dans le cas général



a) Contrôle extérieur défini dans « Les fonctions des principaux intervenants ».

b) Mission géotechnique G2 – Étude géotechnique de conception (selon la norme NF P94-500) dont l'objectif est de concevoir les ouvrages géotechniques, en tenant compte des recommandations énoncées lors de l'étude géotechnique préalable (G1) et en réduisant au mieux l'impact potentiel des risques géotechniques identifiés et jugés importants.

c) Réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière (article 4.2.2 de la norme NF P94-500).

d) Mission géotechnique G1 (selon la norme NF P94-500) à la charge du maître d'ouvrage, cette mission est nécessaire pour initier un projet à construire sur ou dans le sol. Elle n'est pas suffisante pour définir et dimensionner les ouvrages géotechniques du projet.

e) Mission géotechnique G4 (selon la norme NF P94-500) relative à la supervision géotechnique d'exécution, à la charge du maître d'ouvrage ou de son mandataire.

f) Référé préventif explicité ci-après.

AMO : assistant maître d'ouvrage.

AOR : assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception (livre IV du Code de la commande publique – Tableau 2.1).

BET : bureau d'études techniques.

CCH : Code de la construction et de l'habitation.

COP : conducteur d'opération : planification, suivi de chantier (assistance générale administrative, financière et technique).

CSPS : coordination sécurité et protection de la santé sur les chantiers (obligatoire depuis 1995).

DET : direction de l'exécution du ou des contrats de travaux (livre IV du Code de la commande publique – Tableau 2.1).

EXE : étude d'exécution (livre IV du Code de la commande publique – Tableau 2.1).

G1, G2, G3, G4 : font référence aux missions géotechniques selon la norme NF P94-500 (Tableau 2.1).

MOD : maître d'ouvrage délégué.

OPC : ordonnancement, pilotage et coordination (réglementé par le livre IV du Code de la commande publique sur le droit des marchés publics en France) (cf. § 1.5 « Coordination »).

VISA : visa des études d'exécution (livre IV du Code de la commande publique – Tableau 2.1).

VRD : voirie et réseaux divers.

Tableau 2.1 : Correspondance des missions d'ingénierie géotechnique (norme NF P94-500) et du livre IV du Code de la commande publique (1^{er} avril 2019)

OPC (ordonnancement, pilotage et coordination du chantier)								
CONCEPTION MOE et Assistance maîtrise d'ouvrage			DCE Dossier Consultation Entreprise	SUIVI DE CHANTIER MOE travaux (+ assistance maîtrise d'ouvrage)				
Missions géotechniques	Mission G1 ES Étude de site Premières identifications des risques spécifiques au site	Mission G1 PGC Principes généraux de construction Premières adaptations des futurs ouvrages aux spécificités du site	Mission G2 AVP Étude géotechnique d'avant-projet Définition et comparaisons des solutions envisagées pour le projet	Mission G2 PRO Étude géotechnique de projet Conception et justifications des différentes dispositions géotechniques du projet	Mission G2 DCE/ACT Dossier de consultation des entreprises / Assistance pour l'établissement de contrats de travaux Consultation sur le projet de base / choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux	Mission G3 Projet Étude géotechnique d'exécution Etude d'exécution conforme aux exigences du projet avec maîtrise de la qualité du délai et du coût	Mission G3 Suivi Suivi géotechnique d'exécution Suivi de l'exécution des travaux en toute sécurité avec adaptations ou optimisations des dispositions géotechniques selon les terrains rencontrés en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	
	Engagement définitif sur le coût des travaux Autorisation de construire				Signature des contrats de travaux	Pour le compte de l'entreprise de travaux		
						Mission G4 Projet Supervision des études géotechniques d'exécution Vérification de la conformité des hypothèses d'exécution de l'entreprise de travaux vis-à-vis des exigences du projet	Mission G4 Suivi Supervision du suivi géotechnique d'exécution Interventions sur le chantier pour contrôler l'application des mesures géotechniques de l'entreprise de travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	
Mission G5 – Diagnostic géotechnique Influence d'un ou de plusieurs éléments géotechniques spécifiques au projet sur l'ouvrage existant								
À toutes les étapes d'un projet ou sur un ouvrage								
Livre IV du Code de la commande publique	Études préliminaires esquisses (ESQ)		AVP Avant-projet	Phase PRO Étude de projet	Phase DCE /ACT Dossier de consultation des entreprises Assistance contrat de travaux	EXE / VISA Études d'exécution / Visa des études d'exécution	DET Direction de l'exécution des travaux	AOR Assistance aux opérations de réception et suivi des réserves
Livraison et réception d'ouvrage								

Les fonctions des principaux intervenants

Les fonctions des principaux intervenants sont les suivantes :

- **le maître d'ouvrage (MOA)** : personne physique ou morale pour le compte de qui l'ouvrage est construit. Il⁽²⁾ formule ses demandes et ses contraintes dans son programme.
Dans la suite du texte, on désignera ainsi l'entité pour le compte de laquelle les travaux sont exécutés ;
- **le maître d'œuvre (MOE)** : personne physique ou morale qui assure la conception générale et/ou la direction et le contrôle des travaux d'exécution de l'ouvrage, pour le compte du maître d'ouvrage.
Dans la suite du texte, on désignera ainsi celui qui rédige les pièces techniques, donne les visas ou dirige l'exécution des travaux.
⚠ Lorsque la norme NF P94-500 s'applique et que les missions géotechniques G1, G2 et G4 (cf. Tableau 2.1 dans les § 1.1 et 2.1) ne sont pas confiées à la maîtrise d'œuvre, une coordination forte doit être prévue entre le géotechnicien et la maîtrise d'œuvre ;
- **le contrôle extérieur** : le contrôle extérieur intervient à la demande du maître d'ouvrage et est réalisé par le maître d'œuvre ou un organisme indépendant de l'entreprise, il consiste en des opérations de surveillance, de vérification et d'essais. Le maître d'œuvre propose au maître d'ouvrage les prestations à réaliser par le contrôle extérieur ;
- **l'entrepreneur ou l'entreprise de fondations spéciales** : entité qui a la charge de réaliser les travaux ou les ouvrages de fondations profondes. Il peut être entrepreneur principal, membre d'un groupement ou sous-traitant ;
- **le contrôleur** : on désigne ici diverses entités, extérieures à l'entrepreneur et au MOE, qui sont en charge de donner des avis techniques (par exemple, contrôleur technique, personne en charge du contrôle extérieur...);
- **le coordonnateur sécurité et protection de la santé (CSPS)⁽³⁾**, désigné par le maître d'ouvrage, a en charge de prévenir les risques issus de la coactivité⁽⁴⁾ et de prévoir l'utilisation des moyens communs. Le maître d'œuvre doit coopérer avec le coordonnateur SPS en phase de conception et de réalisation. L'entrepreneur doit notamment participer à la coordination SPS en établissant son propre plan particulier de sécurité et de protection de la santé (PPSPS – cf. § 2.3 « La sécurité dans le DCE »), adressé au coordonnateur SPS en vue de son intégration harmonisée au plan général de coordination de sécurité et de protection de la santé (PGCSPS – cf. § 2.3 « La santé dans le DCE »), qu'il aura élaboré ;
- **autres** : experts d'assurance, experts judiciaires en référé préventif (cf. définition ci-après)...

Le référé préventif

Le référé préventif est mené par un expert judiciaire désigné par le tribunal, à la demande et à la charge du maître d'ouvrage. Cet expert doit en général :

- **prendre connaissance des travaux envisagés** ;
- **visiter les lieux** ;
- **les décrire**, en précisant les désordres ou dégradations visibles ;
- **donner des éléments au tribunal** pour pouvoir comparer l'état des avoisinants avant et après travaux ;
- **émettre des avis** sur les éventuels risques de déstabilisation des avoisinants et sur les mesures à prendre.

L'expert **rédige un rapport**. Ce rapport fait foi quant à l'état des avoisinants avant les travaux.

2. Le maître d'ouvrage n'est généralement pas réputé être sachant techniquement.

3. Les rôles, les missions et les responsabilités du CSPS sont définis par le **Code du travail (articles R4532-1 à R4532-76 inclus dans le chapitre II traitant de la coordination lors des opérations de bâtiment et de génie civil)**.

4. Ce qui implique :

- la définition claire des rôles et responsabilités de chaque intervenant lors de la conception et de la réalisation de l'ouvrage ;
- la coordination et la planification des interventions simultanées ou successives afin de prévenir les risques liés à la coactivité.

Le livre IV du Code de la commande publique

Le livre IV du Code de la commande publique⁽⁵⁾, entré en vigueur le 1^{er} avril 2019, définit pour les marchés publics la relation entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre en déterminant les différentes missions qui peuvent être confiées à la maîtrise d'œuvre.

Informations sur l'organisation pour la validation de l'exécution des travaux par le MOE

L'organisation mise en place pour la validation de l'exécution des travaux **doit être** :

- **annoncée dans le dossier de consultation des entreprises (DCE) ;**
- **détaillée en phase de préparation ;**
- **transparente ;** le cas échéant, l'entreprise générale doit s'assurer que cette organisation est transparente (c'est-à-dire connue et respectée) pour ses sous-traitants ou prendre toutes dispositions pour assumer les lacunes d'une non-transparence. En effet, l'entreprise générale peut passer un contrat différent avec son sous-traitant (par exemple, au forfait avec le maître d'ouvrage et aux quantités réalisées avec son sous-traitant).

1.2 - LES DIFFÉRENTS TYPES DE MARCHÉS ET LES RÉFÉRENTIELS ASSOCIÉS

Types de marchés

Les travaux de pieux forés peuvent être réalisés dans le cadre de **différents types de marchés** : marchés publics/marchés privés/PPP (partenariat public privé). Il n'est pas toujours simple de déterminer le référentiel adéquat, qui peut différer selon les types : il est important que le maître d'ouvrage (MOA) définisse le type de marché et le référentiel associé.

Référentiels (pour les aspects généraux) pour les marchés de pieux forés

Pour les aspects généraux et listés sans ordre de priorité, les référentiels pour les marchés de pieux forés sont :

- **le document technique unifié (DTU) 13.2 – NF DTU 13.2**, norme d'exécution ou de mise en œuvre contenant (*Note 1*) :
 - le cahier des clauses techniques (CCT – *Note 2*) – NF DTU 13.2 P1-1,
 - le cahier des clauses administratives Spéciales types (CCS – *Note 3*) – NF DTU 13.2 P2 ;
- **la norme NF EN 1536+A1** : exécution des travaux géotechniques spéciaux – pieux forés ;
- **la norme NF EN 1997-1 et 2** : calcul géotechnique – Partie 1 : règles générales et Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais ;
- **la norme NF P94 262** : justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes ;
- **la norme NF P94-500** : missions d'ingénierie géotechnique – classification et spécifications (Tableau 2.1 dans le § 1.1) ;
- **la norme NF P03-100** : critères généraux pour la contribution du contrôle technique à la prévention des aléas techniques dans le domaine de la construction.

De plus, pour les marchés publics :

- **le livre IV du Code de la commande publique**^{marchés publics}, entré en vigueur le 1^{er} avril 2019 ;
- **le Cahier des clauses administratives générales (CCAG)**^{marchés publics} (cf. ci-après « Les cahiers des clauses du marché ») ;
- **le Fascicule 68 du Cahier des clauses techniques générales (CCTG)**^{marchés publics} (chapitre 1 « Dispositions communes »).

5. Le Code de la commande publique est structuré selon un plan à quatre niveaux : le premier chiffre de numérotation correspond à la partie, le deuxième au livre, le troisième au titre et, enfin, le quatrième au chapitre. Les chiffres qui apparaissent après le tiret correspondent seulement à un numéro d'ordre d'apparition des articles à partir du premier article du chapitre.

De plus, pour les marchés privés :

- la norme **NF P03-001**^{marchés privés} (CCAG applicable **aux travaux de bâtiment** faisant l'objet de marchés privés – cf. ci-après « Les cahiers des clauses du marché ») ;
- la norme **NF P03-002**^{marchés privés} (CCAG applicable **aux travaux de génie civil** faisant l'objet de marchés privés – cf. ci-après « Les cahiers des clauses du marché »).

Note 1 : la norme **NF DTU 13.2** concerne les ouvrages de bâtiment.

Note 2 : le cahier des clauses techniques est un document qui définit par corps d'état les conditions à respecter pour la bonne exécution des travaux du domaine concerné.

Note 3 : le cahier des clauses spéciales est un document qui définit les limites des obligations envers les autres corps de d'état ou du maître d'ouvrage.

Les cahiers des clauses du marché CCAG, CCTG, CCAP, CCTP

Les cahiers des clauses du marché sont des documents contractuels qui déterminent les conditions dans lesquelles les marchés sont exécutés. Ils se décomposent en :

- **les documents généraux** regroupant :
 - les cahiers des clauses administratives générales (**CCAG**) – travaux, qui fixent les stipulations de nature administrative applicables à une catégorie de marchés,
 - le CCAG applicable aux marchés publics concerne tous types de travaux d'un marché public (*Note 1*),
 - les CCAG applicables aux marchés privés sont présentés pour les travaux de bâtiment dans la norme **NF P03-001**^{marchés privés} et pour les travaux de génie civil dans la norme **NF P03-002**^{marchés privés},
 - les cahiers des clauses techniques générales (**CCTG**), qui fixent les stipulations de nature technique applicables à toutes les prestations d'une même nature (*Note 2*). Les **CCTG** applicables aux marchés publics de travaux se présentent sous forme de fascicule par thème (*Note 3*) et rassemblent l'ensemble des dispositions techniques relatives aux travaux de bâtiment et de génie civil ;
- **les documents particuliers** rassemblant :
 - les cahiers des clauses administratives particulières (**CCAP**), documents contractuels qui fixent les dispositions administratives propres à chaque marché,
 - les cahiers des clauses techniques particulières (**CCTP** – cf. § 2.6), qui fixent les dispositions techniques relatives à l'étude et aux travaux d'exécution des prestations de chaque marché. Il permet à la personne responsable de suivre le déroulement du marché et la bonne exécution de ces prestations.

Le marché indique la référence⁶⁾ ou non (*Note 4*) aux documents généraux CCAG et CCTG.

Note 1 : les cahiers des clauses administratives générales sont des textes types généraux pour les marchés publics, approuvés par arrêtés et permettant de préciser et compléter le Code de la commande publique. Le pouvoir adjudicateur peut décider ou non de se référer à un CCAG. Le Code de la commande publique vise les CCAG à l'article R2112-2 et à l'article R2112-3 en ce qui concerne les dérogations. Si le pouvoir adjudicateur choisit d'y faire référence, il doit prévoir dans le cahier de clauses administratives particulières les compléments ou dérogations souhaités. Dans le cas contraire, il devra intégrer dans le CCAP les dispositions nécessaires à la bonne exécution des prestations.

Note 2 : ces documents sont approuvés par un arrêté du ministre chargé de l'économie et des ministres intéressés.

Note 3 : par exemple, le Fascicule 2 du CCTG sur les travaux de terrassement, le Fascicule 65 sur l'exécution des ouvrages de génie civil en béton, le Fascicule 68 du CCTG sur l'exécution des travaux géotechniques des ouvrages de génie civil.

Note 4 : pour assurer la cohérence des exigences techniques avec l'ensemble du corpus normatif (normes d'exécution, normes de justification Eurocodes, normes d'essais, norme NF P94-500), la référence aux Fascicules du CCTG est fortement conseillée en marché public de génie civil.

6. Dans ce cas, les documents particuliers comportent, le cas échéant, l'indication des articles des documents généraux auxquels ils dérogent.

Règles d'application des différents textes

De manière générale, pour l'application des différents textes, on note que :

- **la réglementation s'applique à tous types de marchés** (cela concerne particulièrement les aspects liés à la réglementation sismique et la réglementation de sécurité – incendie) ;
- dans les marchés publics, les spécifications techniques doivent être formulées en référence aux normes (*Note*), ce qui n'est pas obligatoire dans les marchés privés ;
- **la liste des éventuelles dérogations au référentiel de base doit être fournie dans le marché** dans la clause 2 du cahier des clauses administratives générales (**CCAG-Travaux^{marchés publics}**) ;
- **le CCTG** doit être cité dans le marché pour le rendre contractuel, et les dérogations à certains articles doivent être décrites et listées.

Pour tous les types de marchés :

- l'application de la norme **NF P94-500** est recommandée ;
- il convient de couvrir **toutes les étapes du livre IV du Code de la commande publique** pour le recours aux missions géotechniques (Tableau 2.1 dans le § 1.1).

Le **DCE** doit clairement indiquer à quelle version des normes il est fait référence, et traiter le cas où de nouvelles versions apparaissent soit avant signature du marché soit pendant son exécution.

Note : ces normes ou documents sont accompagnés de la mention « ou équivalent » et choisis dans l'ordre de préférence suivant :

1. **les normes nationales** (NF-Norme française), en particulier en application des normes européennes (EN - European norm) ;
2. **les évaluations techniques européennes** (ETE ou ETA en anglais - European technical assessment) ;
3. **les spécifications techniques communes** (par exemple, les CCTG) ;
4. **les normes internationales ISO** (International organization for standardization) ou **CEN** (Comité européen de normalisation) ;
5. **les autres référentiels techniques** élaborés par les organismes européens ou français de normalisation ou, en leur absence, les avis techniques nationaux ou les recommandations nationales en matière de conception, de calcul et de réalisation des ouvrages et d'utilisation des fournitures (par exemple, les recommandations du projet national SOLCYP⁽⁷⁾...).

Référentiels liés à la fonction de l'ouvrage

Les référentiels liés à la fonction de l'ouvrage sont des :

- **référentiels différents selon la catégorie de l'ouvrage** : certains référentiels techniques sont différents selon la fonction finale du projet et ils distinguent notamment les ponts et les bâtiments.
Le choix du référentiel (*Note 1*) relève du maître d'ouvrage dans son marché (au stade du DCE) sur conseil du MOE ; cela peut avoir des conséquences sur les exigences de dimensionnement, d'exécution et de contrôle à réaliser (*Note 2*) ;
- **textes de référence spécifiques à certains MOA** : certains maîtres d'ouvrages (SNCF, EDF...) disposent de référentiels propres, en particulier pour la réalisation de travaux de pieux forés. Ces référentiels précisent les conditions d'application des référentiels normatifs.

Les textes de référence spécifiques doivent être :

- cités dans le dossier de consultation,
- cités dans le marché,
- disponibles auprès de ces MOA.

Note 1 : dans certains cas, il est difficile de définir dans quelle catégorie entre l'ouvrage, que ce soit dans le cas des marchés publics pour des infrastructures (par exemple, usine de ventilation de tête de tunnel, gares de structures complexes...) ou des marchés privés (par exemple, une partie d'un bâtiment formant un soutènement de grande hauteur...).

Note 2 : par exemple, un pieu d'un pont est armé toute hauteur, ce qui permet les contrôles par auscultation sonique, si des tubes d'auscultation ont été prévus à cet effet lors de la réalisation du pieu (cf. Fascicule 6 « Le contrôle des pieux fini »).

7. SOLCYP, projet national (PN), s'est déroulé de 2008 à 2015 et a permis d'améliorer les connaissances sur le comportement des pieux de fondations soumis à des sollicitations cycliques et de proposer des procédures permettant la prise en compte de l'effet des cycles dans le dimensionnement des ouvrages de génie civil ou maritimes. Il a donné lieu à des recommandations éditées en février 2017 par ISTE éditions (ISBN papier : 9781784052225 et ISBN ebook : 9781784062224).

1.3 - MODE DE RÉMUNÉRATION DES TRAVAUX DE FONDATIONS (DPGF ET BPU)

La rémunération des marchés de travaux

Pour la rémunération des fondations, on rencontre des marchés :

- avec **décomposition du prix global et forfaitaire (DPGF)** ;
- avec **bordereau de prix unitaires (BPU)**.

La forfaitisation des fondations (DPGF)

La forfaitisation des fondations représente **la grande majorité des marchés de bâtiments**, mais elle est déconseillée pour les marchés publics hors bâtiments.

De manière générale, la forfaitisation des fondations présente **des inconvénients** du fait de la variabilité possible du sol entre deux points de reconnaissance, qui peut remettre en cause le prix forfaitaire en cas de modifications importantes ou imprévues des conditions géotechniques lors de l'exécution.

La forfaitisation des fondations est possible **à partir d'une étude géotechnique détaillée** (G2 phase PRO et phase DCE/ACT)⁽⁸⁾ et hors risque majeur et important au sens de la norme NF P94-500.

Il est recommandé de demander à l'entreprise **de fournir dans son offre le sous-détail des prix forfaitaires**.

Il est recommandé que le maître d'ouvrage fasse réaliser **une analyse de risques** avant l'application d'un forfait.

Cas de contre-indication de la forfaitisation

La rémunération des fondations au forfait est contre-indiquée dans les cas suivants :

- **pour les terrains présentant trop d'hétérogénéité** : sols hétérogènes (par exemple, par présence de blocs), sols sensibles, zone karstique, carrières, toit du substratum à fortes variabilités en cotes ;
- **pour un projet insuffisamment quantifié ou soumis à évolution** ;
- **pour certains ouvrages complexes et pour les ouvrages de catégorie géotechnique 3** (cf. § 2.1 « La géotechnique dans le DCE ») à priori non forfaitisables.

L'application de la méthode observationnelle (définie dans le § 2.7 de la norme NF EN 1997-1), qui correspond à un dimensionnement interactif, dans un marché est incompatible avec la forfaitisation des fondations.

Éléments de chiffrage à préciser pour la forfaitisation

Pour assurer la validité du forfait, les éléments de chiffrage doivent être précis :

- **le détail des fondations** : diamètre, longueur moyenne et extrême, taux de ferrailage, contraintes particulières ;
- **les descentes de charges** ;
- **le rapport de sol détaillé** (missions géotechniques G2 phase PRO et G2 phase DCE/ACT), contraintes particulières ;
- **les conditions d'exécution** ;
- **les contrôles** : type, nature et nombre.

8. Selon la norme NF P94-500 définissant les missions géotechniques (cf. Tableau 2.1 dans le § 1.1) G2 correspond à une étude géotechnique de conception :

- **phase PRO** : phase projet – conception et justification des différentes dispositions géotechniques du projet ;
- **phase DCE/ACT** : dossier de consultation des entreprises/assistance pour l'établissement des contrats de travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour réaliser les ouvrages géotechniques – consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux.

Les marchés à BPU (Bordereau de Prix Unitaires)

Dans la rémunération des pieux forés d'un marché à BPU, on veille à :

- **prendre en compte les variations existantes entre les pieux** (diamètre, longueur, taux de ferrailage) ;
- **ne pas appliquer des prix unitaires trop globaux** qui s'apparentent à un forfait. Par exemple, le prix de forage de pieux rémunéré au mètre linéaire doit dépendre de la longueur de pieu prévue : il n'est pas équivalent, pour 100 m linéaires de pieux, de réaliser le forage de 10 pieux de 10 m ou de 4 pieux de 25 m.

Un exemple de description des prestations à rémunérer par prix unitaires pour un marché de pieux forés rémunérés par un BPU (liste indicative) est présenté en annexe 2.2.

Un marché à BPU peut comprendre une partie dédiée **au management des risques**.

1.4 - POSITION DES TRAVAUX DE FONDATIONS DANS LE MARCHÉ : LOTS SÉPARÉS, CO-TRAITANCE, SOUS-TRAITANCE

Lors du montage d'un marché de travaux avec fondations profondes, **le maître d'ouvrage définit la place des travaux de fondations dans le marché** en fonction du volume relatif des travaux d'exécution des pieux.

Les travaux de fondations peuvent :

- faire l'objet d'**un lot séparé** (§ 1.4.1) ;
- être **inclus dans la part du gros œuvre ou de l'entreprise générale** (*Note*) (§ 1.4.2).

Note : dans ce cas, ils sont en général réalisés par une entreprise sous-traitante ou co-traitante de l'entreprise en charge du lot de gros œuvre ou de l'entreprise générale.

1.4.1 - LES LOTS SÉPARÉS

Le recours aux lots séparés

Les marchés en lots séparés pour les fondations en France sont **plus ou moins courants selon les régions et les types de constructions**, mais ils restent **globalement minoritaires par rapport aux marchés en entreprise générale**. Le recours à des lots séparés dépend souvent de la taille du marché et du poids relatif des fondations par rapport à l'ensemble des travaux.

Ils ne sont généralement pas utilisés en travaux publics d'infrastructure de transport.

Ils sont recommandés :

- **si le volume de travaux de fondations est conséquent** par rapport au volume total de travaux ;
- **si un démarrage rapide des fondations** est requis (*Note*).

Note : la dévolution en lots séparés est celle qui met en place la chaîne de décision la plus courte, ce qui est particulièrement indiqué si une méthode observationnelle (dimensionnement interactif) intéresse le seul lot fondations.

La mission OPC obligatoire en cas de lots séparés

En cas de lots séparés, une mission OPC (ordonnancement, pilotage, coordination – cf. § 1.5 « Coordination ») doit être lancée par le maître d'ouvrage dans les marchés publics (cf. clause 28.2.3 du CCAG Travaux) pour assurer la coordination entre lots.

Dans le cadre des travaux de pieux forés, elle sera notamment en charge de coordonner les interfaces (implantation, recépage, réalisation d'une plateforme de travail puis définitive, gestion des déblais en cas de pollution...).

1.4.2 - LA CO-TRAITANCE ET SOUS-TRAITANCE

Généralités de la co-traitance et la sous-traitance

Si les travaux de fondations sont importants vis-à-vis de l'ouvrage, il peut être intéressant de conserver un lot séparé ou d'ouvrir la possibilité de groupement conjoint d'entreprises (co-traitants).

Le groupement doit présenter dans son offre la méthode mise en œuvre pour assurer la coordination entre co-traitants sous le pilotage du mandataire.

Dans les autres cas, la procédure est celle d'un marché à entreprise générale ; il est alors souhaitable que l'entreprise générale ou l'entrepreneur de gros œuvre/fondations déclare dans son offre l'entreprise sous-traitante qui réalisera les fondations.

Dans tous les cas, les sous-traitants doivent être connus du maître d'ouvrage et agréés avant leur intervention.

L'entreprise générale a, dans ce cas, la charge de la coordination.

La sous-traitance dans les marchés publics

En marché public, il est recommandé de demander que l'entreprise fournisse à l'appui de sa réponse les références ou la qualification professionnelle correspondant au type de fondation. Dans le cas où elle s'appuie sur les références d'un sous-traitant, elle doit le déclarer dès l'offre.

En cas de marché public, le paiement direct du sous-traitant de premier rang par le maître d'ouvrage s'impose.

Risques associés à la non-transparence en cas de sous-traitance

Il est important d'alerter sur le risque, en cas de sous-traitance, de la non-transparence : lorsque les marchés de sous-traitance de fondations ne sont pas transparents, les clauses du marché ne sont pas opposables au sous-traitant, l'entreprise générale est responsable en cas de non-transparence (*Note*).

Note : on parle de non-transparence lorsque les clauses du contrat du sous-traitant ne sont pas identiques à celles du marché principal ou ne sont pas complètement reprises.

1.5 - COORDINATION

Intérêt d'une bonne coordination

Dans tous les cas, le manque de coordination peut être préjudiciable à la qualité de l'ouvrage fini et à son coût. Il affecte tous les intervenants (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entreprise générale, sous-traitants). Le besoin de coordination concerne en particulier les interfaces avec certaines tâches connexes aux fondations et qui ne sont pas toujours réalisées par l'entreprise de fondations.

Il est recommandé que l'ensemble des intervenants des travaux de fondations profondes soient associés à la coordination.

Cette coordination a pour objet de gérer les interfaces entre lots ou entre co-traitants ou entre sous-traitants et entreprise pour des prestations concernant les fondations, mais dont la réalisation est attribuée à différentes entreprises (implantation, recépage, plateforme de travail provisoire puis définitive, fourniture béton, gestion des déblais en cas de pollution...).

La coordination doit être d'autant plus anticipée que différents lots s'imbriquent sur la durée d'exécution des pieux (par exemple, terrassement autour des pieux, ou encore le recépage des pieux, cf. § 5.4 du fascicule 4 « Le bétonnage des pieux forés »).

La coordination : le choix du maître d'ouvrage

Il est recommandé que le maître d'ouvrage précise dans le DCE ses exigences en matière d'organisation de la coordination (cf. chapitre 2 « Préparation du Dossier de consultation des entreprises (DCE) »). Une mission OPC (ordonnancement pilotage coordination – cf. ci-après) peut être lancée à cet effet.

La mission OPC (Ordonnancement Pilotage Coordination)

Cette mission OPC a été définie dans l'article R2431-17 du Code de la commande publique relatif aux missions de maîtrise d'œuvre confiées par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé (*Note*). Elle a pour objet :

- 1) **d'analyser les tâches élémentaires** portant sur les études d'exécution et les travaux, **de déterminer leurs enchaînements** ainsi que **leur chemin critique** par des documents graphiques ;
- 2) **d'harmoniser** dans le temps et dans l'espace **les actions des différents intervenants** au stade des travaux ;
- 3) au stade des travaux et jusqu'à la levée des réserves dans les délais impartis dans le ou les contrats de travaux, **de mettre en application les diverses mesures d'organisation** arrêtées.

Note : pour les marchés publics, cette mission de maîtrise d'œuvre prévue par le livre IV du Code de la commande publique ne fait pas partie de la mission de base indivisible et peut être confiée soit au MOE, soit à un tiers. Cette mission est obligatoire en cas de marchés à lots séparés (cf. § 1.4.1). En cas de recours à une entreprise générale, il n'y a généralement pas d'OPC.

1.6 - JUGEMENT DES OFFRES

Les travaux de fondations peuvent avoir **des répercussions disproportionnées sur la suite du projet** (position sur le chemin critique, choix entre techniques adaptées au contexte géotechnique et ne présentant pas les mêmes risques au regard des aléas, travaux présentant parfois un risque important d'aléas pour un projet, réparations très contraignantes).

Il est donc recommandé de mener l'analyse des offres en examinant de manière approfondie la partie de l'offre liée aux fondations (*Note*).

On doit veiller particulièrement aux critères relatifs à **la capacité de l'entreprise proposée pour les fondations** (références, compétences et qualification du personnel, qualité du mémoire technique, capacité financière) et à sa méthodologie pour la réalisation du marché, ce qui nécessite que l'entreprise générale déclare lors de la consultation, son sous-traitant pour les fondations spéciales.

Note : la coordination MOA/MOE/prestataire de la mission géotechnique G2 phase ACT (définie dans la norme NF P94-500) est importante dans cette phase.

1.7 - CAS DES VARIANTES

Définition d'une variante en référence à la solution de base

Dans le cas où elle est autorisée (*Note*), une variante technique est **une proposition qui déroge à la solution de base décrite dans les CCTP** (cf. § 2.6). Le DCE (cf. chapitre 2) doit donc clairement indiquer les caractéristiques de la solution de base, et dans les marchés publics, en plus, préciser les exigences minimales que les variantes doivent respecter ainsi que toute condition particulière de leur présentation.

À cet effet, on doit en général **considérer comme une variante**, sauf mention dans le DCE (cf. ci-après) :

- **le changement de type de fondation**, par exemple remplacement d'une solution de fondation profonde par une solution de renforcement de sol ;
- **le changement de phasage** s'il impacte les autres lots (par exemple, plateforme voisine du terrain naturel plutôt que voisine du niveau d'arase).

Il est recommandé de préciser dans le DCE si le **changement de technique de forage et la méthode d'exécution constituent une variante**.

En effet, la **technique de réalisation des pieux** décrite dans le DCE peut être considérée :

- **comme impérative**, auquel cas toute autre proposition constitue une variante ;
- **comme indicative** en tant qu'élément de jugement des offres.

En général, un **changement de diamètre de pieu ou de longueur** n'est pas une variante mais une optimisation, sauf dans le cas où ce diamètre (respectivement cette longueur ou la couche à atteindre) est explicitement fixé dans le CCTP.

Note : dans le cadre des marchés publics, le fait que les variantes soient autorisées ou non, dépend de la procédure de marché et des maîtres d'ouvrages. Les pièces administratives (AAPC – avis d'appel public à la concurrence, RC – règlement de consultation, CCAP – cahier des clauses administratives particulières) précisent si le marché est ouvert ou non à variante.

L'encadrement recommandé des variantes de fondations

Dans un but d'optimisation des projets par des propositions d'entreprises, il est recommandé d'autoriser les variantes mais de les encadrer en définissant dans le cahier des charges de la consultation ou le DCE, le **programme des variantes** qui précise les caractéristiques que doit respecter la variante en matière d'objectifs, de contraintes, de déformations et de risques...

En **marchés publics**, le règlement de la consultation et le programme des variantes doivent être précis et exhaustifs sur le dossier justificatif de la variante, que le candidat doit remettre à l'appui de sa proposition.

L'entreprise qui propose une variante dans son offre doit fournir **une justification détaillée et comparative** de sa solution en matière :

- **de qualité et de durabilité de l'ouvrage définitif ;**
- **d'exécution et de sensibilité aux aléas en phase travaux ;**
- **de l'impact sur les délais ;**
- **du coût.**

L'acceptation d'une variante de fondations

L'acceptation d'une variante est **soumise à l'appréciation du maître d'ouvrage** en fonction de l'incidence globale sur le projet qu'elle occasionne et par une analyse de risques.

Il faut **analyser chaque variante** (cf. ci-après « les critères d'analyse ») **selon le contexte, la sensibilité du projet, le type de marché (Note) et le temps de réalisation**. Le maître d'ouvrage doit se poser la question de **la durée de service de l'ouvrage, des nécessités d'entretien et analyser le bénéfice à long terme**.

En **marchés publics**, cette acceptation passe par le jugement des offres en fonction des critères qui ont été préalablement définis dans le règlement de la consultation et le programme des variantes.

De manière générale, il est nécessaire de disposer d'**une étude solide** (à la fois pour **la justification** et pour **le déroulement des travaux**) pour permettre l'analyse d'une variante.

Une fois la variante acceptée, il est nécessaire d'adapter le CCTP dans le cadre de la mise au point du marché. Cette phase d'adaptation du DCE à la variante ne doit pas être négligée, elle est menée par le maître d'œuvre et le géotechnicien en charge de la mission G2 phase ACT.

Note : en marchés privés, l'entreprise qui souhaite proposer une variante doit, dans le cadre de son devoir de conseil :

- **avertir le maître d'ouvrage/le maître d'œuvre qu'il s'agit d'une variante ;**
- **avertir le maître d'ouvrage qu'il doit prévenir tous les acteurs qu'une variante est envisagée (en particulier : le géotechnicien et le contrôleur technique).**

Critères d'analyse d'une variante de fondations

Le seul critère du coût pour retenir une variante de fondations est insuffisant ; il convient de vérifier sur la base d'**une analyse critique du dossier justificatif de l'entreprise** :

- **les coûts induits sur les autres lots** ; par exemple, des pieux de plus gros diamètre modifient généralement les massifs du gros œuvre ;
- **la sensibilité de la variante aux aléas de sol ou aux incertitudes sur le chargement** (par exemple, la technique de la tarière creuse peut être plus sensible aux obstacles qu'un forage traditionnel – cf. § 2.2.4.3 du fascicule 3 « Exécution du forage des pieux forés de classes 1 et 2 ») : le risque de blocs doit être évalué ;
- **la pertinence de la variante** (par exemple, au niveau de la durabilité : le remplacement du béton par de l'acier impose l'évaluation de la corrosion) ;
- **l'équivalence de la variante** (par exemple, au niveau de la réutilisation ultérieure ou de polyvalence : la diminution de diamètre rend moins apte à reprendre des efforts horizontaux).

Temps et moyens nécessaires à l'analyse d'une variante et anticipation

Le temps réservé à cette analyse est souvent très limité et il est recommandé **d'avoir anticipé les études d'analyse des variantes autorisées lors de la conception, en phase DCE**.

Notamment, **des reconnaissances des terrains** sont à anticiper si la variante autorisée nécessite des données géotechniques différentes de celles de la solution de base.

Par exemple, une variante à des fondations profondes par des fondations superficielles avec amélioration de sols, nécessite de connaître au préalable les paramètres de compressibilité et de consolidation des terrains de surface, à défaut il convient de l'interdire pour éviter des aléas ingérables.

1.8 - PROCÉDÉS PARTICULIERS DÉCRITS PAR CAHIER DES CHARGES

Des procédés de fondations non décrits dans les différentes normes de justification ou d'exécution existent. Ces procédés doivent faire l'objet **de cahiers des charges particuliers propres à chaque entreprise** qui permettent de prendre en compte **des modalités de dimensionnement différentes de la norme NF P94-262 COMPIL1**. La définition de ces modalités doit faire l'objet **de justifications expérimentales suffisamment nombreuses** réalisées par l'entreprise dans des contextes géotechniques couvrant ceux du projet (cf. article 1 (9) de la norme NF P94-262 COMPIL1). Ces cahiers des charges doivent faire l'objet **d'une validation par des organismes indépendants**. Le maître d'œuvre doit vérifier que le domaine d'application de l'avis technique délivré par l'organisme indépendant est compatible avec le projet.

Pour chaque projet, et uniquement au stade de la désignation de l'entreprise, au même titre que les variantes ou adaptations techniques au CCTP, **le maître d'œuvre juge de la pertinence et de l'opportunité d'avoir recours à ces cahiers des charges**.

CHAPITRE 2

Préparation du Dossier de Consultation des Entreprises (DCE)

2. PRÉPARATION DU DOSSIER DE CONSULTATION DES ENTREPRISES (DCE)

2.1 - LA GÉOTECHNIQUE DANS LE DCE

Composition du dossier géotechnique du DCE (Dossier de Consultation des Entreprises)

Les référentiels, le Fascicule 68 du CCTG^{marchés publics} et la norme NF DTU 13.2 précisent de manière similaire la composition du dossier géotechnique à fournir au stade DCE. La norme de justification NF P94-262 COMPIL1 donne un descriptif plus détaillé de cette composition.

Le dossier géotechnique du DCE contient **les données géologiques, géotechniques et hydrogéologiques** ayant servi de base à la conception des ouvrages et devant servir de base à leur exécution et à l'avant-métré. Ce dossier géotechnique est également la base sur laquelle le titulaire se fonde **pour choisir les méthodes d'exécution et pour établir ses prix**.

Les missions d'ingénierie géotechnique doivent suivre la progression définie dans la norme NF P94-500 (définie ci-après). De ce fait, le dossier géotechnique fourni dans le DCE est **de niveau G2 phase DCE/ACT** (Tableau 2.1 dans le § 1.1 – Note).

Note : le dossier géotechnique fourni dans le DCE est, à défaut d'être explicitement de niveau G2 phase DCE, réputé avoir été implicitement qualifié de ce niveau sous la responsabilité du maître d'ouvrage (ou de son représentant) ou de son maître d'œuvre.

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Conformément à la norme NF P94-500, les missions d'ingénierie géotechnique comportent trois étapes, notées 1, 2 et 3 (Tableau 2.1 dans le § 1.1) :

- **l'étape 1** est composée des études géotechniques de site et d'avant-projet, elle est à la charge du maître d'ouvrage (mission G1 – Étude géotechnique préalable) ;
- **l'étape 2** est l'étude géotechnique de projet qui permet de concevoir le projet, de le dimensionner et d'élaborer les pièces techniques du DCE puis du marché, elle est à la charge du maître d'ouvrage ou incluse dans la mission du MOE (mission G2 – Étude géotechnique de conception). L'étape 2 se termine par la phase G2 phase ACT (assistance à l'établissement des contrats de travaux) ;
- **l'étape 3** s'attache aux phases d'exécution des travaux et se subdivise en deux parties :
 - les études et suivis géotechniques d'exécution, confiés au titulaire du marché de travaux (mission géotechnique G3),
 - la supervision géotechnique d'exécution, à la charge du maître d'ouvrage (mission G4).

Il est **recommandé aux maîtres d'ouvrage de respecter ce phasage des missions géotechniques** lors du montage des marchés d'exécution de pieux forés.

Pour une meilleure efficacité, il est **recommandé de confier la mission G4** à l'ingénierie géotechnique qui a réalisé la mission G2 phase ACT.

Composition du dossier géotechnique en fonction de la catégorie de l'ouvrage

Pour les pieux forés, l'article 6.2 de la norme de justification NF P94-262 COMPIL1 définit les éléments à fournir dans le **dossier géotechnique G2 phase DCE** : le modèle géotechnique, les valeurs caractéristiques des propriétés de terrain et le choix de la méthode de dimensionnement des pieux (sur la base de calcul : méthode du « pieu modèle » ou méthode du « modèle de terrain », ou sur la base de « essais de chargement »).

Pour les ouvrages de catégorie géotechnique 1 (cf. Tableau 2.2), le dossier géotechnique est inclus dans le CCTP et peut se limiter aux données retenues pour servir de base à la conception des ouvrages ainsi qu'à leur exécution.

Pour les ouvrages de catégories 2 ou 3 (cf. Tableau 2.2), le dossier géotechnique comprend :

- un mémoire de synthèse géologique, géotechnique et hydrogéologique (*Note*) ;
- les résultats des essais effectués, accompagnés de la description des modes opératoires et normes utilisés et de toutes précisions utiles sur les difficultés éventuellement rencontrées et sur la fiabilité des résultats obtenus ;
- les éléments de contexte du site et de l'ouvrage et de dispositions constructives particulières : hydrologie, hydraulique, sismique, zone d'influence géotechnique, variations saisonnières de la nappe, conditions relatives au voisinage du projet, qualité des eaux et agressivité éventuelle vis-à-vis du béton des pieux ;
- les informations pour le dimensionnement et la mise en œuvre des plateformes provisoires pour l'exécution des pieux forés (données géotechniques et niveaux d'eau).

Note : ce mémoire comprend la description des sols et l'étude de leurs caractéristiques jusqu'à une cote suffisante pour identifier toutes les formations susceptibles d'être en interaction avec les ouvrages de fondation, ainsi que les niveaux de la nappe phréatique.

Composition du dossier technique en cas de méthode observationnelle (dimensionnement interactif)

En complément, dans le cas d'une approche dans laquelle la conception est revue et adaptée en cours de construction (méthode observationnelle), le dossier géotechnique doit comporter **une analyse du comportement probable de l'ouvrage, le type de mesures appropriées pour surveiller ce comportement ainsi que les limites du comportement acceptable de l'ouvrage** au niveau des valeurs seuils pour les paramètres mesurés.

Cas des reconnaissances géotechniques en cours d'exécution

Dans certains cas, une reconnaissance complémentaire est éventuellement à faire en phase travaux, pour la résolution des risques mineurs, et pour une optimisation au sens de la norme NF P94-500.

⚠ Une reconnaissance en phase travaux ne peut en aucun cas se substituer à la mission G2 à réaliser avant le DCE.

Ces reconnaissances géotechniques en cours d'exécution ont souvent lieu pour **des travaux de traitement de sols, ou en présence de carrières ou de vides de dissolution** (cf. exemples ci-après).

Exemples de reconnaissances géotechniques en cours d'exécution

Pour des travaux à proximité d'une carrière remblayée, l'existence de deux zones de terrain distinctes ayant été mises en évidence en phase G2 PRO (Projet), la limite entre les zones peut être affinée par des investigations complémentaires en phase d'exécution et permettre d'optimiser le dimensionnement.

⚠ À contrario, si on craint la présence de vides souterrains mais qu'on ne les a pas mis en évidence avant le DCE, la réalisation de ces reconnaissances uniquement en phase exécution fait porter un risque financier majeur sur le marché de travaux dont par exemple, les coûts d'immobilisation du chantier pendant la réalisation d'une nouvelle étude en phase travaux.

Données en lien avec la géotechnique fournies dans le CCTP

En application de l'Eurocode 7 (norme NF EN 1997-1), le maître d'ouvrage doit définir pour son projet les exigences minimales relatives aux reconnaissances géotechniques, calculs justificatifs et contrôles d'exécution des travaux.

Dans le CCTP (cf. § 2.6), on doit trouver :

- les classes de conséquences (cf. § tableau B.1 de l'Annexe B de la norme NF EN 1990 COMPIL1) ;
- les conditions de site ;
- les catégories géotechniques (catégories 1, 2 ou 3) définies dans l'article 2.1 de la norme NF EN 1997-1 et dans l'annexe nationale (norme NF EN 1997-1/NA). Le choix de la catégorie peut évoluer à chaque étape du processus de conception de l'ouvrage. Il dépend des classes de conséquences et des conditions de site (Tableau 2.2) ;
- la durée d'utilisation du projet (selon la norme NF EN 1997-1/NA) ;
- les niveaux d'eau (EE, EH... suivant la norme NF EN 1997-1/NA), ainsi que les choix ayant conduit au degré de protection requis en fonction de ces niveaux d'eau (par exemple, est-ce qu'on accepte que l'ouvrage soit inondé une fraction du temps) :
 - dans la conception de l'ouvrage,
 - pour la durée de vie de l'ouvrage ;
- les déformations admissibles pour l'ouvrage et les avoisinants ;
- les vibrations⁽⁹⁾ admissibles par les avoisinants (niveaux selon la nature de la source vibratoire et fréquences) ;
- le seuil de bruit admissible ;
- le cas échéant, les éléments relatifs à la prise en compte du risque sismique (catégorie d'importance...).

Ces données sont à définir dans le CCTP par la maîtrise d'œuvre en fonction des choix du maître d'ouvrage.

Tableau 2.2 : Catégories géotechniques en fonction des classes de conséquence et des conditions de site
(tableau AN.2 (NF) de l'annexe nationale à la norme NF EN 1997-1/NA)

Classe de conséquence	Conditions de site	Bases des justifications	Catégorie géotechnique
CC1	Simplees et connues	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises	1
	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires	2
CC2 ou CC3	Simplees et connues		
	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis	3

9. Si les seuils de la circulaire du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement sont utilisés, il faut alors les citer, mais également caractériser la sensibilité des avoisinants (cf. ci-après « Les obligations réglementaires vis-à-vis de l'environnement »).

2.2 - L'ENVIRONNEMENT DANS LE DCE

Le cadre : l'autorisation environnementale unique

Tout projet ayant des impacts sur l'environnement est susceptible de relever d'une procédure de déclaration (*Note 1*) ou de demande d'autorisation (*Note 2*) au titre du Code de l'environnement par le maître d'ouvrage (ici appelé porteur de projet). Le Code de l'environnement (L181-5) définit la procédure d'AEnv (autorisation environnementale) à suivre par le porteur de projet :

Il existe trois cas de demande d'autorisation environnementale (AEnv) dans le cas des fondations profondes :

- pour l'ensemble du projet, les travaux de fondations profondes pourront être concernés par des prescriptions applicables dans ce cadre qui devront être prises en compte et spécifiées dans le marché ;
- spécifique au titre de la loi sur l'eau (*Notes 1 et 2*) dans certains cas (forage dans des périmètres de captages, travail au fluide stabilisateur...);
- au titre des ICPE⁽¹⁰⁾, les chantiers de pieux forés sont à priori peu concernés, car peu de matériels utilisés dans ces travaux relèvent de la nomenclature ICPE (*Notes 1 et 2*) : seules certaines centrales à béton mobiles (selon la puissance, la durée d'activité et la capacité) et certains dessableurs (quand toute la gestion des déblais passe par eux).

Note 1 : pour ce qui concerne la loi sur l'eau et les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), les nomenclatures respectivement définies aux articles R214-1 et R511-9 du Code de l'environnement permettent d'identifier si le projet relève ou non d'une telle procédure.

Note 2 : en cas de demande d'autorisation, la procédure d'autorisation environnementale, entrée en vigueur le 1^{er} mars 2017, s'applique. Elle regroupe au sein d'une unique instruction les procédures éventuellement requises au titre de la loi sur l'eau, des ICPE, des espèces protégées, des sites classés... (définies ci-après dans « Les obligations réglementaires vis-à-vis de l'environnement »).

Les obligations réglementaires vis-à-vis de l'environnement (Code de l'environnement)

Les obligations réglementaires vis-à-vis de l'environnement concernent les aspects suivants :

- la loi sur l'eau. Les travaux de fondations peuvent relever de la réglementation de la loi sur l'eau pour :
 - les travaux sur berge ou en lit mineur d'une rivière,
 - la gestion de l'assainissement de chantier (drainage des plateformes),
 - la démarche et les dispositions prises par l'entreprise pour éviter le relargage de fines directement dans les cours d'eau (cas des travaux aquatiques) ou des complexes hydrauliques adjacents (cas des travaux terrestres, par exemple, dispositifs constructifs pour les pieux dans une nappe affleurante),
 - le forage dans des périmètres de captages notamment pour le travail au fluide stabilisateur...
- les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE – cf. § 2.2 « L'environnement dans le DCE »). Les travaux de fondations peuvent relever du régime d'autorisation ICPE au titre de la nomenclature ICPE ;
- les déchets : la législation sur les déchets est intégrée dans le Code de l'environnement (livre V, titre IV, articles L541-1 à L541-50). Au niveau de la responsabilité, elle commence dès que le déchet est produit et ne cesse qu'une fois le déchet complètement et correctement éliminé. L'article L541-2 du Code de l'environnement détermine les responsabilités à la fois pour les producteurs et les détenteurs de déchets ;
- le bruit [2.3] :
 - la prise en compte du bruit global émis par les chantiers de réalisation des aménagements et des infrastructures de transport terrestre apparaît dans l'article L571-9 du Code de l'environnement,
 - l'article R571-50 du Code de l'environnement précise que le maître d'ouvrage devra, préalablement au démarrage de chantier de fondation, fournir au préfet et aux maires, un document synthétisant les éléments suivants :
 - nature du chantier,
 - durée prévisible,
 - nuisances sonores attendues et les mesures prises pour en limiter les effets.

10. ICPE (installation classée pour la protection de l'environnement) : il s'agit de toute exploitation industrielle ou agricole dont l'exploitation est soumise à la surveillance de l'administration, car elle est susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances (sécurité et santé) pour l'environnement ou les riverains.

Ainsi, le préfet peut, lorsqu'il estime que les nuisances sonores attendues sont de nature à causer un trouble excessif aux personnes, prescrire par un arrêté motivé, après avis des maires et du maître d'ouvrage des mesures particulières de fonctionnement du chantier dont ses accès et ses horaires. Le maître d'ouvrage doit en informer le public,

- il n'existe pas aujourd'hui de texte réglementaire fixant des valeurs limites admissibles pour le bruit global émis par les chantiers. Les seuls seuils existants correspondent aux valeurs autorisées pour les bruits émis dans l'environnement par les ICPE, non applicables aux chantiers de fondation (arrêté du 23 janvier 1997). Cependant, il est possible par arrêté municipal d'être plus contraignant ;
- **les vibrations ;** les vibrations dues aux chantiers peuvent avoir **deux effets** :
 - des dommages aux ouvrages et bâtiments avoisinants, il n'existe pas de seuil réglementaire pour les dommages à l'heure actuelle (des seuils de dommages existent dans la circulaire du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement, mais sont souvent utilisés hors de leur contexte). Certains maîtres d'ouvrage (comme la SNCF) ont défini des seuils pour leurs ouvrages (cf. § 2.4 « Les avoisinants dans le DCE »), de même certains concessionnaires de réseaux indiquent leur seuil limite dans les DICT⁽¹¹⁾,
 - une gêne pour les riverains ; il n'existe pas en France de réglementation précisant les seuils de vibration considérés comme gênants pour les riverains (hors arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières).

En ce qui concerne le sujet des vibrations, on peut citer :

- des seuils à ne pas dépasser afin de protéger les travailleurs (conducteurs d'engin...) fournis par le décret 2005-746 du 4 juillet 2005, relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus aux vibrations mécaniques,
- des seuils de gêne en dessous desquels la probabilité de plainte est faible sont donnés dans la norme ISO 2631-2:1989. Mais cette norme a été remplacée en avril 2003 par la norme ISO 2631-2:2003, puis en 2014 par la norme NF ISO 2631-2 qui ne présente pas de seuil. Toutefois, il est d'usage, à travers la jurisprudence et les avis exprimés depuis quelques années par l'Autorité environnementale, d'appliquer les valeurs limites de l'ancienne version de la norme internationale ISO 2631-2.

Le mesurage et l'évaluation des effets des vibrations sur la santé et la sécurité des individus, sur les bâtiments et sur les équipements sensibles sont traités dans les normes ISO 4866:2010 (Vibrations et chocs mécaniques – Vibrations des structures fixes – Lignes directrices pour le mesurage des vibrations et l'évaluation de leurs effets sur les structures), NF ISO 8569 (Vibrations et chocs mécaniques – Mesurage et évaluation des effets des chocs et des vibrations sur les équipements sensibles dans les bâtiments) ou ISO 10137:2007 (Bases du calcul des constructions – Aptitude au service des bâtiments et des passerelles sous vibrations), NF E90-020⁽¹²⁾ (Vibrations et chocs mécaniques – Méthode de mesurage et d'évaluation – Partie 2 : vibrations induites dans les équipements sensibles qui se trouvent sur ou à l'intérieur des structures) et FD P94-447-2⁽¹³⁾ (Roches – Guides pour le mesurage des vibrations transmises par le terrain lors de travaux géotechniques – Partie 2 : vibrations induites par les engins mécaniques) ;

- **les poussières [2.4] :**
 - en phase chantier, une pollution de l'air émise par tous les matériels roulants ou les engins et pouvant être considérée comme momentanément non négligeable doit être prise en compte, qu'elle soit sensible (odeurs, transparence de l'air, nuages de poussières) ou non (émissions de gaz),
 - les dispositions législatives et réglementaires relatives à la qualité de l'air figurent au titre II « Air et atmosphère » du livre II du Code de l'environnement (articles L220-1 à L228-3 et R221-1 à D228-1). Il existe différents types de seuils, qui se différencient les uns des autres selon qu'ils caractérisent la pollution de fond ou la pollution de pointe et selon leur caractère « prescriptif » ou « indicatif » ;

11. DICT : déclaration d'intention de commencement de travaux.

12. **Norme NF E90-020** « Vibrations et chocs mécaniques - Méthodes de mesurage et d'évaluation » composée de trois parties :
Partie 1 : Mesurage et évaluation de l'exposition aux vibrations des individus habitant ou séjournant d'une manière temporaire à l'intérieur d'une construction.

Partie 2 : Vibrations induites dans les équipements sensibles qui se trouvent sur ou à l'intérieur des structures.

Partie 3 : Mesurage et évaluation de l'exposition aux vibrations des individus habitant ou séjournant d'une manière temporaire à l'intérieur d'une construction.

13. **Norme FD P94-447-2** « Guides pour le mesurage des vibrations transmises par le terrain lors de travaux géotechniques – Partie 2 : Vibrations induites par les engins mécaniques ». Le présent document s'applique au mesurage des vibrations qui résultent de l'action d'un engin mécanique et qui sont transmises par le terrain à des ouvrages en liaison avec le terrain (par exemple, ouvrage d'art, bâtiment, structure souterraine, soutènement, ouvrage en terre) en site naturel ou reconstitué.

- **les sites pollués** : deux cas sont à considérer :
 - les sites de projets de pieux initialement pollués : la démarche à suivre par le maître d'ouvrage relève de la méthodologie relative aux sites et sols pollués établie par le ministère de l'Écologie (Note du 19 avril 2017 [2.5], texte méthodologique [2.6] et texte introductif [2.7]) et comprend notamment un diagnostic pollution des sols (défini par la norme NF X31-620⁽¹⁴⁾) et un plan de gestion. Cette démarche s'applique à la fois pour la phase conception et la phase exécution en cas de découverte de pollution non prévue,
 - les travaux polluants : certains travaux de fondations peuvent être jugés comme polluants selon le contexte environnemental des terrains :
 - cas des pieux pénétrant dans la nappe d'eaux souterraines pour lesquels on utilise des substances potentiellement polluantes (bentonite, tube bitumineux, fluides...), en particulier dans le cas des champs captants (cf. « la loi sur l'eau » plus avant dans le texte),
 - les huiles, les graisses utilisées par les machines de forage et les risques de pollutions des sols de la plateforme et de la nappe par infiltration. Il sera nécessaire de suivre les bonnes pratiques de gestion des plateformes de travail (cf. § 3.2) ;
- **le diagnostic pyrotechnique**. En cas de risque de présence d'engin explosif : le décret N°2005-1325 du 26 octobre 2005 relatif aux règles de sécurité applicables lors de travaux réalisés dans le cadre d'un chantier de dépollution pyrotechnique s'applique. L'entreprise devra mettre en œuvre une procédure spécifique de forage dans les sols avec détection à l'avancement ou par passe (nécessitant en général un prestataire spécialisé) ;
- **les sites archéologiques⁽¹⁵⁾**. Les effets peuvent être par exemple :
 - dans le cas de fouilles se déroulant entre la passation du marché et l'exécution, la modification, de fait, des conditions d'exécution,
 - dans le cas de préservation des vestiges, un impact sur les procédures d'exécution (par exemple, le chemisage).

Les déchets sur un chantier de pieux forés, leur tri et leurs destinations

Dans le cas de travaux d'infrastructures routières ou de bâtiments, des déchets de trois origines sont produits et issus :

- **de la mise à nu de l'emprise** ;
- **des matériaux excédentaires** liés à la géométrie du projet ;
- **des déchets d'entreprises ou sous-traitants** qui interviennent dans le cadre du marché de travaux.

Ces déchets (Note 1) peuvent donc comprendre **des végétaux, des sols pollués, des déblais de pieux, des huiles, des pneus, du bois...**

Les trois familles de déchets sont [2.15] :

- **les déchets inertes** : déchets qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune réaction physique ou chimique dans l'espace et dans le temps (pierres naturelles, terre non polluée, béton, bitume, verre...) ;
- **les déchets non dangereux non inertes** : déchets ni inertes, ni dangereux comme du bois non traité ou traité avec des produits non dangereux... ;
- **les déchets dangereux** : déchets nocifs pour la santé et/ou l'environnement (terres polluées, hydrocarbures, déchets souillés de produits dangereux...).

14. Norme NF X31-620 « Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués ». Le présent document fixe les exigences générales dans le domaine de la gestion de sites et sols pollués auxquelles un prestataire doit satisfaire. Il s'applique à la gestion des pollutions chimiques.

15. Pour des fouilles archéologiques programmées et des découvertes fortuites, se référer aux articles R531-1 à R532-19 du livre V du Code du patrimoine (décret N°2011-574 du 24 mai 2011). Il y est entre autres indiqué qu'en cas de découvertes fortuites, le préfet de région doit être avisé [...] (article R531-8).

Sur le chantier, le **tri des déchets** est [2.15] (cf. aussi § 4.4 « Gestion des déblais de pieux ») :

- **obligatoire pour les déchets dangereux** (hors amiante) et **les déchets d'amiante** ;
- **obligatoire, sauf dérogation partielle (Note 2) ou totale (Note 3), pour les déchets non dangereux**, selon les sept catégories de déchets suivants (« tri des sept flux » selon le Décret n° 2021-950 du 16 juillet 2021) :
 - les fractions minérales (gravats, béton, brique, tuile...),
 - les plastiques,
 - le métal,
 - le verre,
 - le papier/carton,
 - le bois,
 - le plâtre.

Seul le mélange de déchets dangereux avec d'autres déchets est interdit (article L541-7-2 du Code de l'environnement). Le tri des déchets sur le site des chantiers n'est donc pas obligatoire, il peut être effectué ailleurs, il n'y a qu'une obligation d'éliminer les déchets selon la réglementation [2.16].

Afin d'encourager l'économie circulaire, **les modes de traitement** sont les suivants, en privilégiant l'ordre ci-après [2.15] :

- **le réemploi** ;
- **le recyclage** ;
- **les autres formes de valorisation matière** (remblais de carrière, compostage...);
- **l'incinération** avec valorisation énergétique en priorité ;
- **l'enfouissement**.

Pour faciliter le tri des déchets des pictogrammes destinés à être apposés sur les bennes ont été élaborées par la Fédération française du bâtiment (FFB) et sont accessibles sur leur site⁽¹⁶⁾. Les pictogrammes doivent toujours être utilisés sur fond blanc pour ne pas dénaturer les fonds de couleur des classes de déchets :

- pour **les déchets inertes**, un fond vert ;
- pour **les déchets non dangereux, non inertes**, un fond orange ;
- pour **les déchets dangereux**, un fond rouge.

Sur la Figure 2.2, on trouve une illustration **des différentes destinations des déchets triés (réemploi, valorisation, élimination)** selon leur caractère inerte et leur dangerosité au regard de l'environnement (cf. aussi § 4.4 « Gestion des déblais de pieux »).

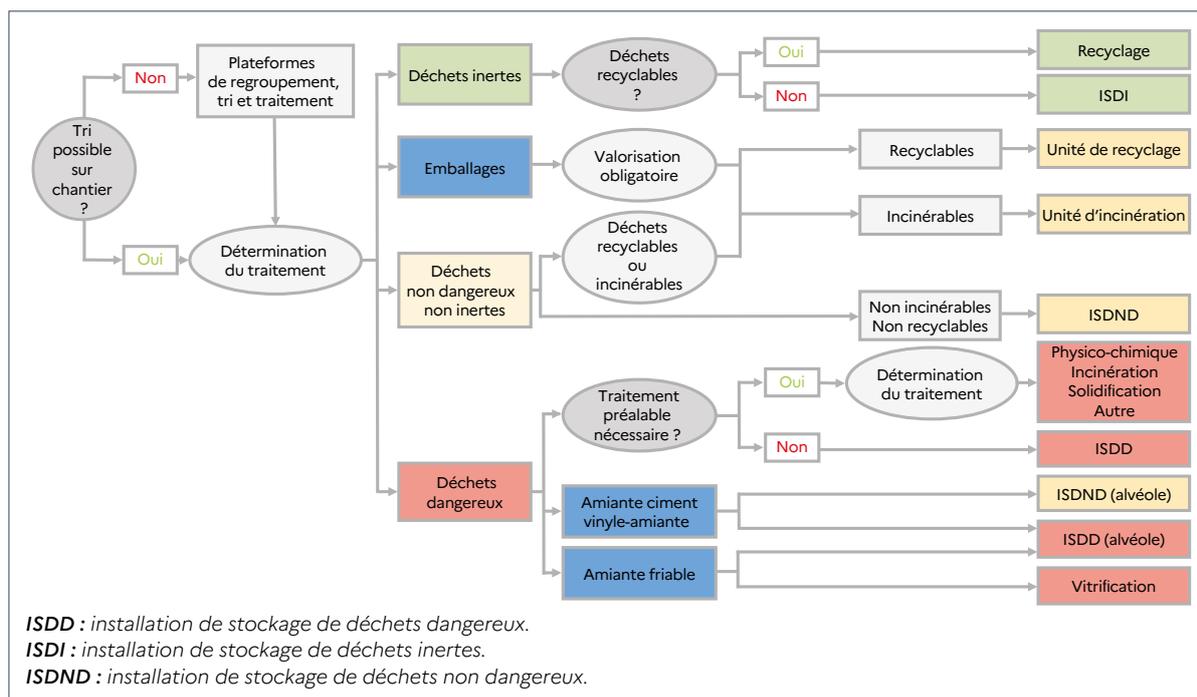
Note 1 : ce sont les déchets présents en surface, dans le sol et le sous-sol, engendrés lors de la conception des ouvrages ou des activités d'exploitation du terrain... [2.2].

Note 2 : il est possible de mélanger six des sept flux hors plâtre, si cela n'affecte pas leur valorisation.

Note 3 : la dérogation dépend de la quantité de déchets produits et/ou de l'espace disponible pour le stockage des déchets [2.15].

16. <https://www.dechets-chantier.ffbatiment.fr/pictos-dechets.html> (consulté en décembre 2022).

Figure 2.2 : Illustration de tri et de destination des déchets de chantier (inspiré de [2.14])



Documents relatifs aux marchés publics

En marchés publics, on se réfère au Fascicule 68 du CCTG qui prévoit les documents suivants en lien avec l'environnement (*Note*) :

- **la notice de respect de l'environnement (NRE** – cf. § 3.5 « Plan de respect de l'environnement (PRE) »), document fourni par le maître d'ouvrage dans le DCE, contenant :
 - une synthèse des contraintes environnementales et les sites où ces mesures doivent s'appliquer,
 - la nature des démarches administratives devant être assurées par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre ou le titulaire du marché,
 - les exigences en matière de management et de suivi de l'environnement ;
- **le schéma d'organisation du plan de respect de l'environnement (SOPRE)**, document établi par le soumissionnaire lors de son offre, décrivant, en fonction des caractéristiques de terrain et de l'environnement local, les dispositions d'organisation et de contrôle qu'il propose, pour répondre aux prescriptions environnementales fixées par le maître d'ouvrage ;
- **le plan de respect de l'environnement⁽¹⁷⁾ (PRE** – cf. § 3.5), document établi par le titulaire en période de préparation du chantier :
 - devant être visé et suivi par le maître d'œuvre,
 - énonçant les moyens et procédures mis en œuvre par le titulaire pour :
 - respecter les prescriptions environnementales fixées par le maître d'ouvrage,
 - réaliser ses engagements en matière de performance environnementale ;
- **le schéma d'organisation de la gestion des déchets (SOGED) ou schéma d'organisation et de suivi et l'élimination des déchets (SOSED)⁽¹⁸⁾**, document établi par le titulaire/l'entreprise en période de préparation du chantier :
 - devant être visé et suivi par le maître d'œuvre,
 - énonçant les moyens et procédures mis en œuvre par le titulaire en matière de suivi, de gestion, de valorisation et d'élimination des déchets (cf. § 3.5).

Note : en accord avec le maître d'œuvre, le titulaire peut proposer un document unique traitant des trois volets (Qualité, Sécurité, Environnement).

17. Dans le cas où les éléments requis au marché ne concernent que la gestion des déchets, le PRE devient un schéma d'organisation de gestion des déchets (SOGED) [2.2].

18. SOGED (schéma d'organisation et de gestion des déchets) décrit l'organisation technique de la gestion des déchets pour le bâtiment ou SOSED (schéma d'organisation et de suivi de l'élimination des déchets de chantier) vise à prendre en compte la gestion des matériaux et déchets de chantier pour les marchés de travaux publics [2.16].

Documents relatifs aux marchés de bâtiment

Pour les marchés de bâtiments, la norme NF DTU 13.2 prévoit la fourniture, par le maître d'ouvrage lors de la consultation, d'un **rapport sur les contraintes particulières liées au site et à son environnement**, qui doit indiquer ce qui est susceptible d'influer sur **les moyens et les conditions d'exécution des travaux** en précisant, s'il y a lieu, les sujétions ou restrictions par rapport aux pratiques habituelles.

2.3 - LA SÉCURITÉ DANS LE DCE

Principaux risques et dommages sur des chantiers de fondations

Selon l'Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux public (OPPBT) [2.1], les principaux risques et dommages dans le cas des fondations sont :

- **l'écrasement de tout ou partie du corps** lors des manutentions en hauteur ou au sol par suite de renversement d'appareils de levage, de forage (cf. figure 2.8 dans le § 3.2 « Les plateformes de travail »), de battage ou de rupture de matériels de levage, de mauvais élingage (cf. Chapitre 8 du fascicule 5 « Les armatures des pieux forés »), de mauvaises conditions de stockage... ;
- **le heurt par les appareils ou autres objets** en cours de manutention ;
- **le heurt par les véhicules et engins de chantier** ;
- **les blessures consécutives aux chutes du personnel** lors de travaux de plain-pied ou en élévation par suite de sols glissants ou encombrés, de perte d'équilibre... ;
- **la noyade** lors de travaux sur l'eau ;
- **l'électrisation** par contact accidentel de parties d'engins avec des conducteurs de ligne aérienne sous tension ;
- **les blessures causées par la rupture de canalisations existantes en service ou par l'explosion d'engins de guerre non repérés** ;
- **le heurt par des matériaux projetés accidentellement** ;
- **les ensevelissements ou heurts consécutifs à des éboulements** ;
- **les blessures et les traumatismes résultant de manutention, manipulation ou transport manuel de charge** ;
- **le heurt ou l'écrasement par des machines** lors de la montée ou de la descente des foreuses sur les porte-char ;
- **le happement** par des éléments mobiles lors du forage.

Plan Général de Coordination SPS (PGCSPS) et Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS)

Élaboré par le coordonnateur SPS (sécurité et protection de la santé – cf. « Les fonctions des principaux intervenants » dans le § 1.1), le PGCSPS (Plan général de coordination sécurité et protection santé) est joint aux documents remis, lors de l'appel d'offres, par le maître d'ouvrage aux entrepreneurs, mais il reste évolutif pendant toute la durée des travaux. Il permet l'établissement du PPSPS⁽¹⁹⁾ (plan particulier de sécurité et de protection de la santé) propre à chaque entreprise (qui sera remis au coordonnateur SPS) puisqu'il indique ([2.1] et l'Annexe 2.1) :

- **les renseignements d'ordre administratif** ;
- **les mesures d'organisation générale du chantier** définies par le maître d'œuvre en concertation avec le coordonnateur sécurité et protection de la santé sur les chantiers (CSPS – Figure 2.1 dans le § 1.1) ;
- **les mesures de coordination** prises par le coordonnateur SPS et les sujétions qui en découlent, telles que :
 - les voies ou zones de déplacement ou de circulation,
 - les conditions de manutention des différents matériaux et matériels (interférence des appareils de levage, limitation du recours aux manutentions manuelles...),
 - la délimitation et l'aménagement des zones de stockage (attention particulière pour les matières ou substances dangereuses),
 - les conditions de stockage, d'élimination ou d'évacuation des déchets,

19. Le PPSPS (plan particulier de sécurité et de protection de la santé) est régi par les articles R4532-56 à R4532-74 du Code du travail.

- les conditions d'enlèvement des matériaux dangereux utilisés,
- l'utilisation des protections collectives, des accès provisoires et de l'installation électrique générale,
- les mesures prises en matière d'interaction sur le site ;
- **les sujétions découlant des interférences avec des activités d'exploitation** sur le site à l'intérieur ou à proximité duquel est implanté le chantier ;
- **les mesures générales prises pour assurer le maintien du chantier en bon ordre et en état de salubrité suffisant** ;
- les renseignements pratiques propres au lieu de l'opération concernant **les secours et l'évacuation des personnels** avec les mesures communes d'organisation prises en la matière ;
- **les mesures de coopération** entre les différents entrepreneurs.

2.4 - LES AVOISINANTS DANS LE DCE

Définition des avoisinants

Ces ouvrages avoisinants peuvent consister en **des bâtiments, des ouvrages, des infrastructures ou des réseaux**, ils peuvent être **aériens ou enterrés**.

Selon la **norme NF P94-500**, les avoisinants désignent les bâtiments, les ouvrages, les aménagements de terrains ou biens, situés dans la zone d'influence géotechnique (ZIG) de l'opération de construction.

Données d'entrée à fournir dans le DCE concernant les avoisinants

Pour les marchés de travaux de pieux forés, il est nécessaire de fournir dans le DCE **les données d'entrée concernant les ouvrages avoisinants** de manière la plus exhaustive possible afin que l'offre de l'entreprise soit établie sur des éléments précis.

Il est important notamment **de définir pour ces avoisinants** :

- **leur présence et géométrie** (dans les trois directions) ;
- **leur état de conservation et de vétusté avant travaux** (cf. le référé préventif dans le § 1.1 « L'organisation et les différents intervenants ») ;
- **leur sensibilité** ;
- **leurs déformations⁽²⁰⁾ admissibles** (*Note*) pouvant être associées à un contexte, par exemple, la tolérance du tassement d'un rail en fonction de la vitesse du train.

Pour obtenir ces éléments, il est nécessaire lors des phases de conception que le maître d'ouvrage fasse procéder à **diverses missions de collecte d'informations et de diagnostic sur l'existant**.

Note : l'annexe N de la norme NF P94-262 COMPIL1 fournit des critères de déformations admissibles pour les ouvrages neufs (uniquement pour le bâtiment).

Cas des réseaux

Pour les réseaux, le maître d'ouvrage doit :

- **identifier les exploitants concernés** par le biais des déclarations de projet de travaux (DT)⁽²¹⁾ ;
- **lancer des opérations de localisation** ;
- **commander les investigations complémentaires** qui lui sont prescrites ;
- **concevoir le projet en fonction de la localisation des réseaux** ou le cas échéant évaluer avec les exploitants les modifications de réseaux pour les rendre compatibles avec le projet (**arrêté du 27 décembre 2016** portant approbation des prescriptions techniques prévues à l'article R554-29 du Code de l'environnement et modification de plusieurs arrêtés relatifs à l'exécution de travaux à proximité des réseaux et les fascicules 1, 2 et 3 du guide d'application de la réglementation à proximité des réseaux⁽²²⁾).

20. Les déformations admissibles peuvent s'exprimer en termes notamment de tassement absolu, différentiel, de rotation...

21. Grâce au site <https://entreprendre.service-public.fr>.

22. L'**arrêté du 27 décembre 2016** (complété par la décision du 2 décembre 2019) approuve le Guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux, composé de trois fascicules (Fascicule 1 : *Dispositions générales* (entré en vigueur le 1^{er} janvier 2020), Fascicule 2 : *Guide technique des travaux* (entré en vigueur le 1^{er} janvier 2019) et Fascicule 3 : *Formulaires et autres documents pratiques* (entré en vigueur le 1^{er} janvier 2020)).

L'ensemble de ces éléments doivent être **portés à la connaissance de l'entreprise par le DCE**, charge à l'entreprise de réaliser les déclarations d'intention de commencement de travaux (DICT). De plus, afin d'intervenir dans la préparation ou l'exécution de travaux à proximité des réseaux, les salariés de l'entreprise doivent obtenir, depuis le 1^{er} janvier 2018, une autorisation d'intervention à proximité des réseaux (AIPR) délivrée par l'employeur d'une durée limitée selon les conditions ayant permis sa délivrance (CACES⁽²³⁾, un titre/diplôme/certificat de qualification professionnelle de niveau I à V...).

Cas de travaux urbains

En site urbain, il est recommandé de commander **une mission d'enquête sur les caves et fondations sur le bâti environnant**.

La caractérisation de la sensibilité des ouvrages et bâtiments proches peut nécessiter **une mission d'expertise spécifique** à prévoir lors des études de conception.

Exigences du maître d'ouvrage vis-à-vis des avoisinants

Pour limiter tous problèmes ultérieurs vis-à-vis de riverains ou de gestionnaires d'ouvrages, il est recommandé au maître d'ouvrage de procéder à **un référé préventif** (cf. § 1.1 « L'organisation et les différents intervenants ») préalablement à des travaux à proximité d'avoisnants.

Le maître d'ouvrage doit définir dans le DCE **ses exigences pour limiter l'impact des travaux sur ces avoisnants** ; elles peuvent se présenter sous différentes formes :

- limitation des déformations ;
- limitation des niveaux de vibrations ;
- interdiction de certaines techniques de fondations ;
- distance minimale à respecter entre les pieux et l'avoisnant (réseau, ouvrage, bâtiment, câbles aériens).

Il faut signaler que **certaines maîtres d'ouvrage** (SNCF, RATP, EDF, ADP, GRDF, ERDF, RTE) imposent **leurs propres règles** pour les travaux au voisinage de leurs infrastructures, notamment vis-à-vis des techniques de fondations, des seuils de vibration, des contraintes radioélectriques et peuvent imposer des contraintes au niveau du planning... Ces règles sont disponibles auprès de ces MOA. Par exemple, au moment de la rédaction de ce guide, la SNCF interdit le vibrofonçage à moins de 50 m des voies ferrées. Pour les pieux, cet interdit concerne la mise en place et/ou l'extraction des tubes par vibration.

2.5 - ENSEMBLE DES CONTRAINTES PARTICULIÈRES POUR LE CHANTIER À PRÉCISER DANS LE DCE

Le maître d'ouvrage doit fournir, lors de la consultation (DCE), **les contraintes particulières liées au site et à son environnement** qui sont susceptibles d'influer sur **les moyens et les conditions d'exécution des travaux**. Il doit également préciser, le cas échéant, **les sujétions ou restrictions par rapport aux pratiques habituelles**.

On peut citer les contraintes suivantes détaillées ci-après (cf. également § 2.2 « L'environnement dans le DCE », 2.3 « La sécurité dans le DCE » et 2.4 « Les avoisnants dans le DCE ») :

- les contraintes liées à **l'occupation de l'emprise** ;
- les contraintes liées **aux circulations au voisinage du chantier** ;
- les contraintes liées à **la sécurité** ;
- les contraintes liées à **l'état initial du site du projet** ;
- les contraintes liées **aux méthodes et à l'organisation du chantier** ;
- les contraintes **environnementales**.

23. CACES : certificat d'aptitude à la conduite en sécurité. Il existe plusieurs permis CACES en fonction du véhicule de chantier.

Les contraintes liées à l'occupation de l'emprise

Les contraintes liées à l'occupation de l'emprise concernent :

- **les autorisations d'occupation temporaire** du domaine public ou privé :
 - les délais pour les obtenir,
 - les conditions d'occupation (par exemple, la manière de clôturer le chantier ou encore l'emplacement de l'accès au chantier) ;
- **la nécessité de maintien de communications existantes au travers du chantier**, notamment en regard de la circulation des personnes et de l'écoulement des eaux.

Les contraintes liées aux circulations au voisinage du chantier

Les contraintes liées aux circulations au voisinage du chantier sont :

- **la nécessité de maintien de la circulation routière** sur les voies proches du chantier (possibilité d'interruption/de déviation de circulation, signalisation...) ;
- **l'usage des voies publiques pour les transports routiers ou convois exceptionnels** desservant le chantier :
 - les itinéraires obligatoires,
 - les limitations de charge, de vitesse ou de gabarit,
 - les périodes d'interdiction de circulation,
 - les limitations de stationnement aux abords immédiats du chantier ;
- **les contraintes dues au phasage des travaux** : maintien des accès piétons, vélos, voiries existantes, connexions aux pistes de chantiers ;
- **le balisage des véhicules de chantier et la limitation de vitesse** selon la catégorie des engins (conforme ou non au Code de la route).

Les contraintes liées à la sécurité

Les contraintes liées à la sécurité comprennent :

- **les restrictions de stockage des carburants** ;
- les contraintes spécifiques aux travaux dans des emprises ferroviaires et des aéroports et autres sites spécifiques (**limites d'emprise en plan et en hauteur**) ;
- **la nécessité d'assurer le gardiennage efficace des installations, du chantier et des matériels, le maintien de la signalisation temporaire, l'entretien de la clôture autour du chantier, la pose de panneaux interdisant l'accès du chantier au public** ;
- **la garantie du maintien d'accès des secours** pendant le chantier ;
- **la liste des cas d'interruption immédiate des travaux** (accident routier, projections de fluide stabilisateur sur voirie, conditions météo prévisibles, voyage officiel...) ;
- **les conditions d'emploi des explosifs** (généralement du micro-minage et de manière très exceptionnelle – cf. § 3.2.5.3 du fascicule 3 « Exécution du forage des pieux forés de classes 1 et 2 »).

Les contraintes liées à l'état initial du site du projet

Les contraintes liées à l'état initial du site du projet sont :

- **la présence d'obstacles, d'ouvrages souterrains ou aériens divers** (par exemple, câbles, canalisations, égouts, anciennes fondations, tirants, balcons, explosifs de guerre) (cf. § 2.4 « Les avoisinants dans le DCE ») ;
- **la présence de terrains, sols, eaux ou nappes pollués, ainsi que les contraintes en découlant au niveau de l'hygiène, de la santé, de la sécurité, de la dépollution, du stockage, de l'évacuation, de l'exhaure...** (cf. § 2.2 « L'environnement dans le DCE ») ;
- **les contraintes liées à la réalisation future potentielle de fouilles archéologiques** (tubage, plateforme).

Les contraintes liées aux méthodes et à l'organisation du chantier

Les contraintes liées aux méthodes et à l'organisation du chantier concernent :

- les caractéristiques des emprises disponibles pour l'installation de l'entreprise et son équipement ;
- les zones possibles de dépôt des déblais en excédent ;
- les plages horaires des travaux à respecter ;
- les seuils à respecter : vibrations, bruit (cf. § 2.2 « L'environnement dans le DCE ») ;
- l'organisation des interfaces et de la coactivité entre entreprises du même projet (cf. § 1.1 et 1.5 relatifs au CSPS et OPC) : la présence d'une grue, l'organisation de la fourniture du béton ;
- le planning de réalisation (place des travaux de pieux forés dans le planning général) ;
- les exigences au niveau de l'état de la plateforme pour et après la réalisation des pieux (**propreté, planimétrie**) ;
- le chantier doit rester propre sans déchets pendant et après les travaux (cf. SOGED/SOSED), le titulaire doit remettre en état, réparer, nettoyer toutes installations détériorées ou salies du fait du chantier et enlever les matériaux impropres ;
- les travaux nocturnes (de 20 heures à 7 heures) : demande auprès du maître d'œuvre et autorités compétentes (maire, préfet, association, maître d'ouvrage, gestionnaires...).

Les contraintes environnementales [2.2] (cf. § 2.2)

Les contraintes environnementales peuvent concerner tout ou partie des domaines suivants :

- le contexte réglementaire de l'ouvrage (loi sur l'eau, réglementation ICPE...) ;
- la prévention et résorption de la pollution des sols ;
- la prévention de la pollution et des ressources en eaux superficielles et souterraines ;
- la préservation de la biodiversité, et des zones naturelles protégées ;
- la préservation de la qualité de l'air, dont réduction des émanations, poussières et fumées ;
- la limitation des nuisances sonores et des vibrations pour les personnels et les riverains, les seuils à respecter pour les vibrations et le bruit ;
- la propreté des voiries empruntées par les véhicules de chantier ;
- la consommation d'énergie et émission de gaz à effet de serre ;
- la limitation de la dangerosité des matériaux et produits utilisés ;
- la gestion, valorisation et élimination des déchets de chantier ;
- la gestion des déblais de forage selon leur nature : conditions de réemploi des sols excavés (cf. § 4.4) et des zones de dépôts ;
- l'impact sur les fonctionnalités de la ville (en cas de travaux en zone urbaine).

2.6 - LE CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES (CCTP)

Contenu du CCTP

Pour les marchés de pieux forés, on attend d'un cahier des clauses techniques particulières (CCTP) qu'il définisse les principaux éléments suivants :

- le descriptif des ouvrages de fondation (cf. ci-après) ;
- le référentiel à utiliser (pour le dimensionnement, la réalisation et le contrôle), et si l'on choisit de renvoyer aux normes en vigueur, les exigences complémentaires éventuelles ;
- le type de méthode de calcul pour les pieux selon la norme NF P94-262 COMPIL1 ;
- les classes de conséquences, les conditions de site et les catégories géotechniques (cf. § 2.1) ;
- la durée d'utilisation du projet ;
- le besoin d'ouvrages provisoires et notamment ceux de première catégorie qui sont soumis au visa du maître d'œuvre ;

- le niveau de protection éventuel par rapport à la nappe ;
- les tolérances d'implantation et d'inclinaison (si différentes des valeurs indiquées dans les normes d'exécution correspondantes) ;
- les descentes de charges (permanentes et variables, sous les différentes combinaisons ELU et ELS, en phases provisoires, d'exploitation) (Note 1) ;
- les valeurs de déformations, en conditions de service, absolues et différentielles jugées admissibles (⚠ il est recommandé de fixer des valeurs réalistes (Note 2) car le « zéro-déformation » n'existe pas et des valeurs très faibles conduiront à un coût plus élevé) ;
- toutes les contraintes et spécificités du chantier évoquées précédemment (cf. § 2.4 et 2.5 du présent fascicule respectivement « Les avoisinants dans le DCE » et « Ensemble des contraintes particulières pour le chantier à préciser dans le DCE ») ;
- la méthodologie d'exécution visée et le cas échéant la liste des techniques non souhaitées ;
- la définition des contrôles à effectuer dans le schéma organisationnel d'un plan assurance qualité (SOPAQ) (cf. § 2.9).

Il est également recommandé que le CCTP précise **des orientations/prescriptions en matière de coordination des tâches entre les intervenants** du marché et notamment les tâches à l'interface entre les travaux de fondations et ceux de l'entreprise générale en lien avec les fondations (fourniture extérieure du béton, des armatures, contrôles, recépage...) (cf. § 1.5 « Coordination » et 2.5).

Note 1 : dans le cas des lots séparés, il faut s'assurer de la cohérence des hypothèses de base, par exemple, l'incidence des tolérances d'exécution (cf. l'annexe R de la norme NF P94-262 COMPIL1) ou le choix de dispositions sismiques qui peuvent modifier la répartition des charges.

Note 2 : la NOTE 1 de l'article 14.3.1 (4) de la norme NF P94-262 COMPIL1 indique qu'« une estimation du déplacement absolu d'un pieu au centimètre près constitue un objectif raisonnable et une précision supérieure est généralement illusoire ».

Le descriptif des ouvrages de fondations dans le CCTP

Le descriptif des ouvrages de fondations est précisé dans la norme NF EN 1536+A1 complétée par la norme NF DTU 13.2 et/ou le Fascicule 68 du CCTG.

Ce descriptif est établi d'après les études géotechniques (par exemple, de niveau G2 phase PRO et phase DCE). Il indique **les types d'ouvrage de fondations avec leurs tolérances d'exécution**. Il précise en particulier comment sont repris les effets des tolérances d'exécution (voir annexe R de la norme NF P94-262 COMPIL1).

Ce descriptif indique également :

- l'agressivité du milieu (eau et sols notamment) vis-à-vis des ouvrages de fondation et les prescriptions associées (type de matériau, corrosion...) ;
- les sections, les profondeurs, les cotes d'arase et de recépage ainsi que la technique de recépage ;
- le niveau de la plateforme de travail ;
- le ou les types d'armatures (éventuellement) ;
- l'ordre de réalisation à suivre pour l'exécution des fondations profondes, si nécessaire ;
- ...

2.7 - MÉTHODES DE JUSTIFICATION DES FONDATIONS

Documents support du dimensionnement des fondations

Dans la majorité des cas, les dimensionnements des pieux sont effectués en utilisant les abaques de la norme de justification (NF P94-262 COMPIL1) à partir des données géotechniques qui permettent d'associer un comportement prévisible de pieux, à des terrains de nature et de propriétés mécaniques connues. Certains procédés font aussi appel à **des cahiers des charges spécifiques** (cf. § 1.8).

Recours aux essais de chargement

Pour des chantiers présentant **des enjeux financiers importants**, et dans **l'optique d'une optimisation des pieux**, il est recommandé de réaliser un ou plusieurs essais de chargement de pieu au démarrage d'un chantier de fondations profondes. Il est conseillé alors d'anticiper la répartition des économies éventuelles dans le cadre du marché.

Ce recours est par ailleurs nécessaire dans des terrains non couverts par la **norme NF P94-262 COMPIL1** et dans les cas, comme la craie, où l'hétérogénéité de la base de données a conduit à retenir un coefficient de modèle élevé.

Recours à la méthode observationnelle

La méthode observationnelle (dimensionnement interactif), en raison de sa complexité de mise en œuvre, est plutôt réservée aux cas de figure suivants :

- **aux terrains particuliers** présentant :
 - une nature et des propriétés difficilement associables aux sols présentés dans les normes,
 - des sols trop hétérogènes... ;
- **aux ouvrages imposant une connaissance approfondie du comportement de leurs fondations ;**
- **lorsque les conditions d'exécution peuvent influencer le comportement du pieu** (par exemple, des pieux ancrés dans un substratum rocheux dont le toit est très variable).

Dans ce cas, la conception est revue pendant l'exécution. Elle impose certaines particularités au dossier de consultation (cf. chapitre 2) et notamment :

- de prévoir **une actualisation des prix et des délais pendant l'exécution ;**
- **un bordereau des prix adapté aux différents scénarios envisagés pendant la conception.**

2.8 - EMPRISE DES INSTALLATIONS

Les emprises d'installation indiquées dans le DCE

Le DCE doit préciser **les caractéristiques des emprises disponibles pour l'installation des entreprises et de leurs équipements** (cf. § 2.5 « Ensemble des contraintes particulières pour le chantier à préciser dans le DCE »).

Le plan d'installation de chantier (PIC)

Le lot chargé de la conception du plan d'installation (*Note*) est désigné dans les pièces écrites du DCE ; généralement l'entreprise du lot gros œuvre en a la charge.

Ce document est utilisé durant différentes phases du chantier :

- **en phase DCE** : de plus en plus souvent la maîtrise d'œuvre établit un plan d'installation de chantier prévisionnel qui sert de guide aux entreprises lors de la remise de leur offre ;
- **en phase étude de prix** : l'entreprise, éventuellement avec son service « méthodes », propose un plan d'installation ;
- **en phase EXE** : l'entreprise désignée utilise la période de préparation prévue au marché pour finaliser son plan, qui servira de support de discussions pour l'ensemble des entreprises (livraisons, phasage...).

Note : il est généralement souhaitable d'avoir un PIC spécifique, et distinct du PIC général, pour l'exécution des pieux.

Les surfaces d'installation

Lors des étapes préalables de conception, le maître d'œuvre doit rester vigilant sur **l'adéquation entre la technique de pieux retenue dans les études et les installations de chantiers disponibles**.

En plus des aires d'installation communes à tous les travaux, **des aires spécifiques aux travaux de fondations** sont à étudier (cf. § 3.1).

Ces surfaces doivent être définies et réalisées de manière à stocker les fournitures dans les meilleures conditions (à l'abri de l'eau, du fluide stabilisateur) et doivent être drainées. À titre informatif, les surfaces d'installation minimales correspondent à une surface de 50 m² à 100 m² (cas d'un tout petit chantier) mais selon la teneur des travaux et de leur phasage, des emprises nettement plus conséquentes peuvent s'avérer nécessaires notamment en cas d'utilisation d'armatures ou de tubes (pour permettre leur stockage).

Elles doivent être implantées de manière à :

- permettre la **coactivité des hommes et des engins** ;
- être suffisamment proches pour **desservir toutes les zones de travaux** ;
- être **accessibles aux différents engins** de transport routier (convois exceptionnels, camions de livraison...).

Des dispositions particulières sont à prévoir **pour garder propres les accès au chantier**.

Cas d'emprises restreintes

Si **certaines techniques de pieux ne sont pas faisables** dans le cas d'emprises restreintes, d'autres techniques peuvent **se trouver fortement ralenties** en cas d'emprises insuffisantes.

Alimentation en eau et électricité

Si **l'alimentation en électricité** n'est pas disponible sur le réseau EDF, elle peut être assurée par des groupes électrogènes.

Si **l'alimentation en eau** pour les bungalows n'est pas disponible sur le réseau AEP (alimentation en eau potable), elle peut être assurée par des citernes et des distributeurs d'eau potable en bonbonnes. Mais bon nombre de techniques de pieux nécessitent une alimentation en eau importante avec un débit suffisant (de l'ordre de 8 m³/h). La prise en compte de ce besoin doit être un point de vigilance. Dans certains cas, l'eau de la nappe phréatique ou d'un cours d'eau proche peut être utilisée moyennant certaines formalités (déclaration ou autorisation suivant l'importance du prélèvement).

2.9 - ORGANISATION DES CONTRÔLES ET SUPERVISION

Définitions des missions de contrôle

On précise dans l'encadré (Figure 2.3) **les définitions des missions de contrôle réalisées par les différents intervenants** ; ces définitions sont celles du référentiel pour les marchés publics [2.2], reprises dans le Fascicule 68 du CCTG. Elles peuvent être appliquées aux marchés privés également.

La chaîne de contrôle peut parfois être plus complexe (contrôle de réassureur, contrôle mis en place par le maître d'œuvre, second regard du maître d'ouvrage...).

Obligations du maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage doit :

- préciser **les modalités d'organisation des contrôles** (*Note*) et de **la supervision des travaux** lors de la consultation (intégrées dans le DCE) ;
- dès le stade DCE, **prévoir les missions qui sont à sa charge et pilotées par le MOE** pendant la phase de direction de l'exécution du ou des Contrats de Travaux (DET) : contrôle extérieur/essais, mission géotechnique G4 (supervision géotechnique d'exécution) par un géotechnicien dans le cadre de l'enchaînement des missions géotechniques (cf. Tableau 2.1 dans le § 1.1) ;
- **fournir dans son DCE pour les marchés publics** :
 - le projet de schéma directeur de la qualité (SDQ) (Figure 2.3),
 - la liste des points devant être développés par les soumissionnaires dans leur schéma organisationnel du plan d'assurance qualité (SOPAQ) avec les points d'arrêt et les points critiques proposés, ainsi que les modalités de levée de ces points d'arrêt.

Note : en effet, les contrôles (et les points d'arrêt (Figure 2.3) qui les accompagnent le cas échéant) impactent le planning et les moyens (en particulier la disponibilité du personnel de contrôle et/ou en charge du visa), et sont donc à prendre en compte dans l'offre de l'entreprise...

Figure 2.3 : Les définitions des missions de contrôle réalisées par les différents intervenants, issues du référentiel pour les marchés publics [2.2], reprises dans le Fascicule 68 du CCTG

Contrôle intérieur

Les opérations de contrôle intérieur peuvent prendre l'une ou l'autre, ou les deux modalités suivantes, selon le contexte de l'opération :

- **contrôle interne** (modalité de contrôle intérieur) : ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercées sous l'autorité du (ou des) responsable(s) de la fabrication ou de l'exécution, dans les conditions définies par le plan qualité (PQ) ;
- **contrôle externe** (modalité de contrôle intérieur) : ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercés sous l'autorité ou à la demande d'un responsable indépendant de la chaîne de production ou du chantier d'exécution, mandaté par l'entreprise.

Contrôle extérieur

Ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais, que le maître d'œuvre exécute ou fait exécuter par un organisme indépendant de l'entreprise, pour le compte du maître d'ouvrage.

Fiche de contrôle

(établie par l'entreprise pour informer le MOE et l'ingénieur géotechnique en charge de la mission G4)

Document de suivi d'exécution qui constitue la trace de la réalité des contrôles effectués.

Fiche de non-conformité

(établie par l'entreprise pour visa du MOE et avis de l'ingénieur géotechnique en charge de la mission G4)

Document de suivi d'exécution qui enregistre une non-conformité, ses causes, son traitement et les actions correctives ou corrections nécessaires.

Plan de contrôle global

Document établi par le maître d'œuvre et validé par le maître d'ouvrage, organisant, pour l'opération, la coordination et la complémentarité des opérations de contrôle intérieur des différents intervenants et de contrôle extérieur.

Plan Qualité (PQ ou PAQ)

Document établi par l'entreprise en phase de préparation, spécifiant l'organisation, les procédures d'exécution et de contrôle, et les ressources associées, qu'il s'engage à mettre en œuvre pour l'obtention de la qualité requise.

Point critique

Étape faisant l'objet d'une information préalable du maître d'œuvre, pour qu'il puisse, s'il le juge utile, y assister et en vérifier les conditions d'exécution.

Point d'arrêt

Étape au-delà de laquelle une activité ne peut se poursuivre sans un accord formel du maître d'œuvre, formalisé par un document d'enregistrement.

Dans le cas des marchés publics, selon la **clause 1.5.3 du Fascicule 68 du CCTG**, l'entreprise adresse au maître d'œuvre sa demande de levée de point d'arrêt accompagnée des documents attestant les contrôles effectués lors des tâches correspondantes.

Schéma Directeur de la Qualité (SDQ)

Document qui, pour une opération donnée et s'il y a lieu, présente l'organisation d'ensemble pour la qualité de réalisation du ou des ouvrages et la gestion des interfaces, et assure la cohérence et la complémentarité des plans qualité de tous les intervenants.

Schéma Organisationnel du Plan d'Assurance Qualité (SOPAQ)

Document fourni par une entreprise au sein de son offre en phase de consultation (pour un marché public), énonçant les principales dispositions d'organisation et de contrôles qu'elle s'engage, si son offre est retenue, à mettre en œuvre et à développer dans son plan qualité.

La mission géotechnique G4 – Supervision géotechnique d'exécution

Le rôle de la mission géotechnique G4 (pour le compte du maître de l'ouvrage ou de son mandataire) est décrit par la norme NF P94-500. Son articulation avec les autres missions de contrôle pour le maître d'ouvrage mises en place doit être précisée afin d'éviter des contrôles redondants ou au contraire insuffisants.

Les missions de l'entreprise dans le contrôle

En phase de direction de l'exécution du ou des contrats de travaux (DET), l'entreprise :

- établit un **plan d'assurance qualité (PAQ)** (Note) ;
- assure le **contrôle intérieur** :
 - en réalisant en propre le contrôle interne et la phase de suivi de la mission géotechnique G3 – Étude et suivi géotechniques d'exécution,
 - en missionnant le cas échéant un contrôle externe (mission géotechnique G3 phase de suivi).

Note : si le marché ne prévoit pas la fourniture de PAQ, il est souhaitable que le CCTP demande la communication d'informations équivalentes en ce qui concerne l'organisation des contrôles.

Les missions de contrôle technique pour le bâtiment

Pour les bâtiments, il y a de plus les missions de contrôle technique (selon la norme NF P03-100 et le Code de la construction et de l'habitation) ; les missions les plus courantes concernent :

- la **solidité L** (Note 1) ;
- la **sécurité des personnes S** ;
- la **stabilité des avoisinants AV** au sens de la norme NF P03-100 (Note 2) ;
- le **respect de la réglementation sismique PS**.

Note 1 : la mission Solidité concerne l'ouvrage achevé.

Note 2 : la définition des avoisinants est différente de celle de la norme NF P94-500.

Le Contrôle technique

Conformément au Code de la construction et de l'habitation, le contrôle technique est obligatoire pour certaines opérations de construction (Note).

Les missions de contrôle technique peuvent être également menées, à la demande du maître d'ouvrage, sur des ouvrages de génie civil.

Note : les opérations de construction qui sont soumises à cette obligation sont décrites dans l'article R125-17 du Code de la construction et de l'habitation.

Le contrôleur technique

Les avis émis par le contrôleur technique **dans le cadre de la mission Solidité**, en phase de conception et d'exécution, ont pour but de prévenir les aléas techniques qui sont susceptibles de compromettre la solidité de la construction achevée.

En fonction des missions qui lui sont confiées, le contrôleur technique réalise également des contrôles réglementaires.

Les missions du contrôleur technique se font par **analyse de documents et visites sur chantier**.

Le contrôle technique est réalisé par un bureau de contrôle. La profession de contrôleur technique est réglementée. Un agrément du ministère en charge de la construction est obligatoire pour l'exercice des missions correspondantes.

CHAPITRE 3

Phase de préparation de chantier

3. PHASE DE PRÉPARATION DE CHANTIER

On présente ici les principales étapes de la phase de préparation du chantier en début de marché de pieux forés. Ces sujets d'organisation et de conditions de site, s'ils sont négligés, peuvent entraîner des difficultés préjudiciables au déroulement de l'exécution et à la qualité finale.

3.1 - LES INSTALLATIONS DE CHANTIER

Les différentes aires du Plan d'Installation de Chantier

Durant la phase de préparation, l'entreprise de pieux réalise son Plan d'Installation de Chantier (PIC) avec l'attribution d'aires spécifiques propres à la technique retenue (exemple de plan d'installation de chantier, Figure 2.4). Elle en soumet les caractéristiques au coordonnateur sécurité et protection de la santé et au maître d'œuvre.

Selon l'ampleur du chantier, les dispositions et précautions à prendre portent sur :

- l'aire de montage et surtout de démontage de la machine (cf. précisions ci-après) ;
- le cas échéant, en cas de pieux forés au fluide stabilisateur, l'emprise spécifique importante dédiée à la fabrication et au recyclage du fluide stabilisateur (centrale de fluide stabilisateur cf. précisions ci-après) ;
- le cas échéant, la centrale à béton ;
- les aires de stockage dédiées au matériel, celui-ci comprenant :
 - les outils de forage, et particulièrement pour la technique à la tarière creuse qui nécessite des jeux de tarières conséquents liés aux diamètres et linéaires des pieux,
 - les viroles,
 - les tubes pour pieux forés tubés,
 - les tuyaux de pompage/conduites de fluide stabilisateur et les tubes plongeurs,
 - divers consommables (bentonite en big-bags, sacs de ciment...) ;
- les aires de stockage des armatures et des tubes perdus le cas échéant (cf. précisions ci-après) ;
- une aire de stockage des déblais, efficace et suffisante pour stocker le volume de sol extrait (*Note*).

Note : ce point conditionnant bien souvent la propreté du chantier est un gage de sécurité et de gain d'efficacité.

Contenu du plan d'installation de chantier (PIC)

En plus de ces informations sur les différentes aires distinctes, dans la mesure où cela est pertinent pour la phase « pieux forés » et que l'entreprise n'est pas en charge d'un autre lot, le PIC doit contenir :

- le plan topographique ;
- le plan de masse de l'ouvrage ;
- les clôtures et moyens d'accès du chantier ;
- les moyens de levage et la giration de la (ou des) grue(s) ;
- les réseaux⁽²⁴⁾ de chantier : eaux usées, eau potable, électricité ;
- les flux de circulation (cf. § 2.5 « Ensemble des contraintes particulières pour le chantier à préciser dans le DCE » et le Tableau 2.4 de l'Annexe 2.1) dans le respect :
 - du Code de la route,
 - des gabarits et épures de giration des engins de chantier,
 - de la sécurité des autres véhicules et des piétons présents sur le chantier ;
- la base-vie ;
- le stationnement ;
- les informations relatives aux mesures environnementales (cf. § 2.2 « L'environnement dans le DCE » et 3.5 « Plan de respect de l'environnement ») : traitement des eaux chargées en ciment, zones de tri des déchets, moyens de stockage et traitement des polluants...

24. La DICT (cf. § 2.4 « Les avoisinants dans le DCE ») permet de connaître l'emplacement des réseaux existants.

Aire dédiée à la fabrication et au recyclage du fluide stabilisateur

Située à proximité d'une alimentation en eau conséquente, elle doit être accessible aisément par des engins de chantier et comprend (cf. § 4.3.2.3 du fascicule 3 « Exécution du forage des pieux forés de classes 1 et 2 » et Figure 2.5) :

- une zone de stockage des constituants de suspension minérale et/ou solution de polymères ;
- une centrale de traitement du fluide stabilisateur ;
- une centrale de fabrication du fluide stabilisateur ;
- divers stockages du fluide stabilisateur, dont le volume dépend du volume des pieux ouverts simultanément et qui, dans le cas d'utilisation de silos verticaux élancés, nécessite une assise stable, voire des contreventements ;
- éventuellement, un bac tampon pour l'eau (en cas de problème dans la continuité du débit d'eau) ;
- une zone de stockage pour les déchets issus du dessablage (en cas d'utilisation de suspension minérale) ;
- la mise en place d'un réseau de pompes, flexibles et tuyaux, permettant l'amenée et la récupération des fluides de forage aux différentes zones de travaux.

Figure 2.4 : Exemple de plan d'installation de chantier (PIC) de pieux forés (ici environ 6 000 m²)

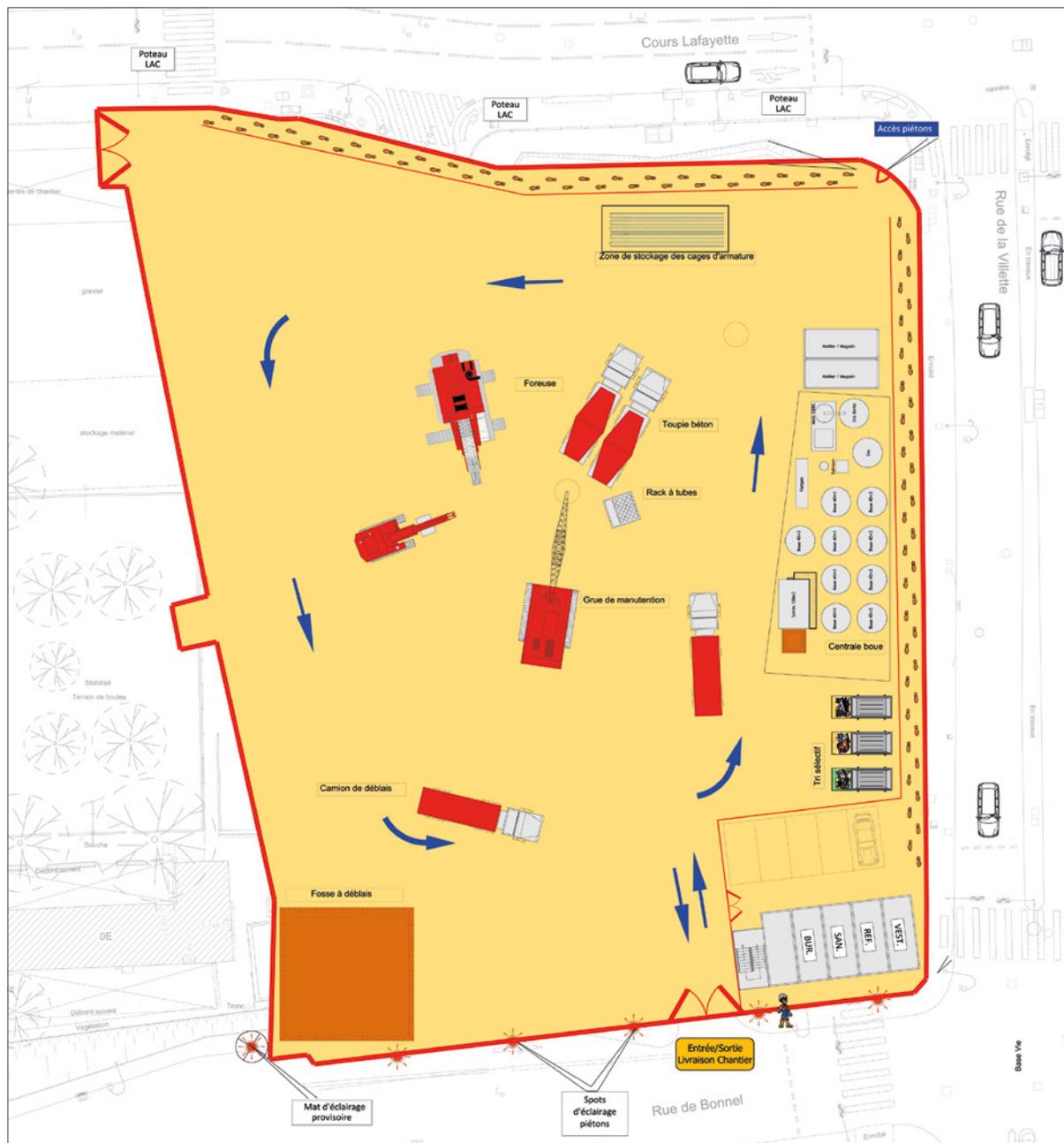


Figure 2.5 : Exemple de centrale de fabrication et de traitement du fluide stabilisateur



Aires de stockage des armatures ou tubes perdus

Ces aires (Figure 2.6) seront situées à proximité de l'implantation des pieux pour limiter les déplacements. Leurs emprises sont conditionnées par les dimensions et le nombre d'armatures différentes employées sur le chantier et doivent être suffisantes de manière à ne pas pénaliser les cadences d'exécution.

Des dispositions seront prises afin de s'assurer que les armatures :

- ne sont pas entreposées directement sur le sol pour éviter toutes souillures avant leur mise en œuvre ;
- sont disposées de manière à permettre leur élingage et les travaux d'adaptation (raboutage, mise en place de tube sonique...) en parfaite sécurité.

Figure 2.6 : Exemple de stockage d'armatures



Organisation du plan d'installation de chantier

Les différentes aires doivent être disposées pour **permettre la coactivité des engins et des compagnons en toute sécurité**.

L'implantation générale doit être pensée **pour permettre un accès facile aux camions de livraison et porte-char**.

On retiendra que **les aires de stockage insuffisantes ou empiétant sur les zones de pieux entraînent :**

- **des pertes de cadence très importantes ;**
- **des trafics d'engins ou des transports accrus**, pouvant conduire à la détérioration des pieux réalisés ;
- **des risques d'accidents.**

Dispositifs pour l'évacuation des eaux

Des dispositifs particuliers sont mis en œuvre pour **permettre la collecte et l'évacuation des arrivées d'eau** de différentes natures.

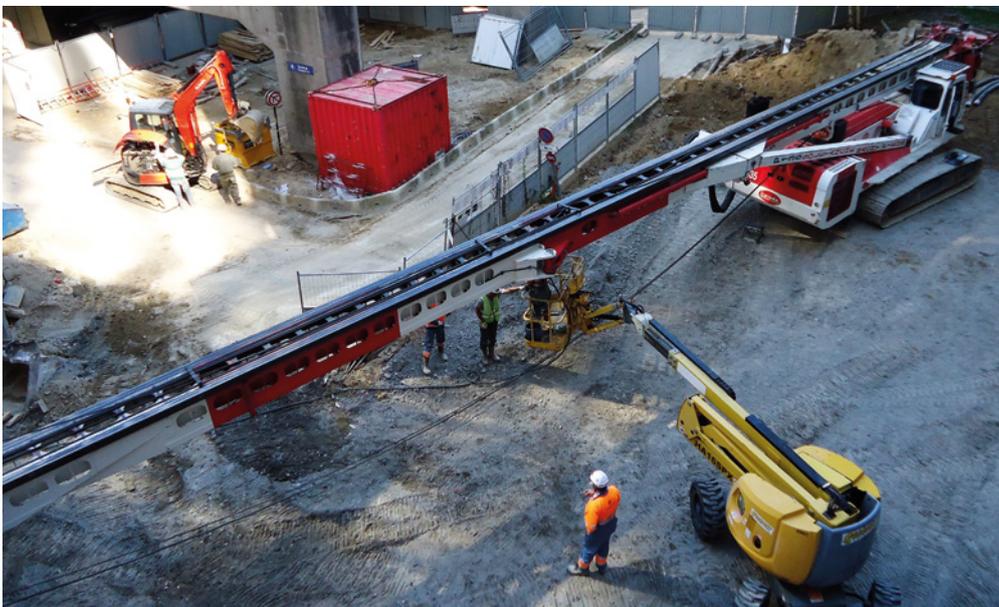
Montage et démontage des machines d'exécution de pieux

Cette phase peut être considérée comme accidentogène si elle n'est pas menée avec attention.

Il est conseillé de prévoir :

- **une aire spécifique** pour cette étape et facile d'accès pour un porte-engin ;
- **une plateforme plane de portance appropriée ;**
- **des accès et des moyens de levage appropriés**, qui nécessiteront souvent l'intervention des compagnons à partir d'une nacelle élévatrice (Figure 2.7).

Figure 2.7 : Exemple de montage ou démontage de machine d'exécution de pieux avec engins de levage



3.2 - LES PLATEFORMES DE TRAVAIL

Responsabilité de la réalisation de la plateforme

Le CCTP doit préciser à qui incombe la réalisation de la plateforme.

La plateforme est souvent **un outil commun à plusieurs entreprises** et doit être conçue à cet effet.

Qualité des plateformes

Avant l'arrivée des machines, **la stabilité globale de la plateforme**, tenant compte des différentes surcharges de travaux, doit être vérifiée. Dans le cadre des marchés publics, cette réception de plateforme peut faire l'objet d'une levée de point d'arrêt. Dans tous les cas, les plateformes d'exécution des pieux, mais aussi les aires d'installation et de montage/démontage de la foreuse et les différents accès, doivent faire l'objet d'une **vigilance particulière**. Leur **qualité conditionne** :

- la **sécurité des intervenants et des avoisinants** ;
- le **respect des règles d'exécution des pieux** ;
- l'**efficacité des ateliers de pieux**.

En effet, une plateforme de qualité est gage d'un bon démarrage de chantier et **facilite le travail des premiers intervenants** :

- le **terrassier**, dont les camions-bennes circuleront plus rapidement et avec moins de risques de salir les rues environnantes ;
- l'**entreprise de pieux**, car la mise en station est plus efficace et le risque d'excentrement du pieu moins élevé ;
- l'**entreprise de gros œuvre** dont le piquetage secondaire (pour les massifs en têtes de pieu, par exemple) sera plus pérenne ou l'exécution des ouvrages enterrés sera de meilleure qualité ;
- **tous ceux qui ont à approvisionner le chantier et besoin de faire circuler des engins et des personnes** sans danger ou pénibilité.

Aménagement ou entretien de la plateforme

Le cas échéant **des aménagements particuliers** plus ou moins importants sont à réaliser :

- **dévoisement des réseaux** ;
- **purge des obstacles enterrés** ;
- **comblement des vides** ;
- **installation de caniveaux de récupération du fluide stabilisateur** à proximité des pieux en cas de pieux réalisés sous suspension minérale afin d'éviter un chantier très vite impraticable.

De même, **les plateformes doivent être entretenues tout au long du chantier et les déblais évacués au fur et à mesure** de l'avancée des pieux pour éviter des incidents sur ceux déjà réalisés et ne pas nuire à l'organisation.

Paramètres de conception de la plateforme

Les propriétés techniques de la plateforme (compacité, nature, épaisseur, étendue) doivent faire l'objet d'une conception appropriée qui tient compte au minimum :

- **des caractéristiques du sol sous la plateforme** (compacité, nature, homogénéité) qui nécessitent des reconnaissances de sols adaptées (essais au pénétromètre dynamique ou statique, au pressiomètre, à la plaque) (*Note 1*) ;
- **des caractéristiques des engins utilisés** : poids, sensibilité au renversement (*Note 2*) ;
- **des matériaux constitutifs de la future plateforme** ;
- **du niveau de la nappe et des circulations d'eau**.

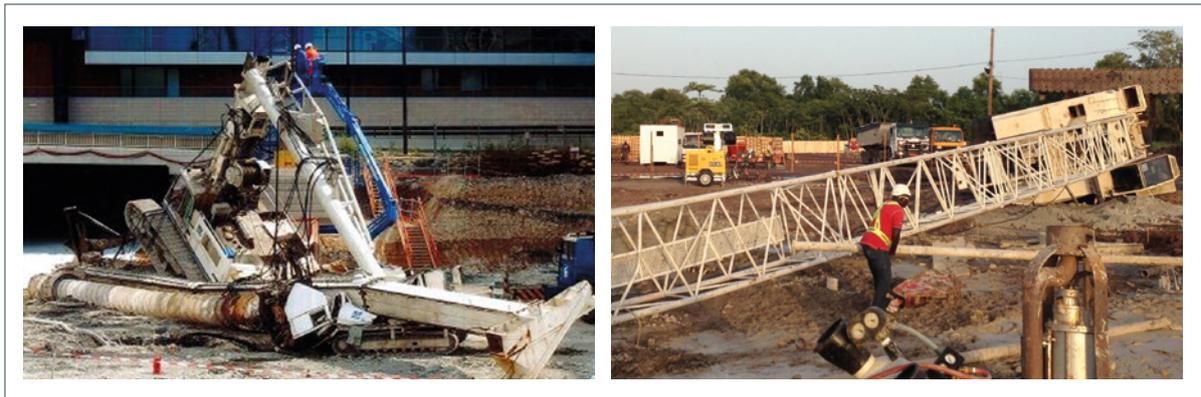
Note 1 : pour les techniques de pieux à la tarière creuse, la configuration des machines impose des emprises de plateforme souvent plus importantes et des compacités de plateforme plus élevées.

Note 2 : afin d'éviter le renversement de machines aux conséquences désastreuses (Figure 2.8), les points de vigilance portent sur :

- les défauts localisés de portance (suite à des purges, ou d'anciens terrassements mal remblayés...);
- les pentes d'accès trop raides ou en dévers ;
- les emprises en haut de talus trop restreintes et des pentes de talus instables (en cas d'évolution de machine à proximité de talus, il convient de vérifier leur stabilité). Des précisions sur la configuration souhaitée en cas de présence de talus sont données ci-après.

Ces problèmes sont **amplifiés pour les machines de tarière creuse**, souvent plus imposantes et présentant un centre de gravité élevé.

Figure 2.8 : Renversement de machines d'exécution de pieux



Propriétés techniques de la plateforme

Des documents décrivant les conditions d'exécution des plateformes de travail pour les fondations sont disponibles et notamment les recommandations exposées dans le document du SOFFONS « Recommandations pour les plateformes de travail des engins de fondations spéciales » de 2022 [2.8].

Dans un grand nombre de situations, les caractéristiques suivantes conduisent à une plateforme convenable :

- si elle est traitée (Note 1) ou constituée de matériaux d'une granulométrie étalée (0/60 mm – Note 2) ;
- si elle est de classe de plateforme PF2⁽²⁵⁾ au sens du GTR (guide de terrassement routier, réalisation des remblais et des couches de forme) ;
- si la valeur du module sous chargement statique à la plaque EV2⁽²⁶⁾ > 50 MPa (Note 3).

En outre, les plateformes doivent respecter les exigences suivantes :

- comporter un drainage et une évacuation des eaux de toute nature ;
- être hors d'eau, idéalement situées de 1,0 m à 1,50 m au-dessus de la nappe ;
- être planes et relativement horizontales (Note 4) ;
- posséder une rampe d'accès entre différents niveaux de plateforme avec une pente limitée à 10 % (Note 5).

Note 1 : sur les sols traités aux liants hydrauliques :

- le délai pour obtenir des caractéristiques de portance suffisantes doit être pris en compte dans le planning ;
- les sols de compacité trop importante peuvent nécessiter des dispositions particulières telles que des avant-trous ;
- les valeurs de déflexion à obtenir doivent être indiquées.

Note 2 : il est conseillé d'éviter les blocs supérieurs à 60 mm qui peuvent conduire à des déviations des pieux et rendre impraticable la plateforme par les compagnons ; de même des matériaux trop fins sans cohésion peuvent être sources d'éboulements en tête de pieux.

25. Plateforme support de chaussée de classe 2 de portance.

26. Module sous chargement statique déterminé à la plaque, dit « module de Westergaard » et réalisé selon la norme NF P94-117-3.

Note 3 : les recommandations SOFFONS précisent $EV2 > 35$ MPa, valeur intermédiaire entre PF1 et PF2⁽²⁷⁾. La valeur 50 MPa permet de traiter la plupart des cas.

Note 4 : des plateformes de forage, même faiblement inclinées (1 à 2 %), augmentent le risque de chute d'engins et nuisent aux conditions d'exécution acceptables (défaut de verticalité et usure prématurée de certains roulements).

Note 5 : certaines fiches techniques de constructeurs de machines peuvent imposer des pentes plus faibles.

Nombre et dimension des plateformes

Sur un même chantier, le nombre et les dimensions des plateformes d'exécution de pieux ainsi que les rampes d'accès pour passer d'une plateforme à l'autre doivent être étudiés en fonction notamment des caractéristiques des machines de pieux. Par souci de sécurité et d'organisation du chantier, il est déconseillé d'en multiplier le nombre (Note).

Note : cette disposition peut avoir des répercussions sur les niveaux de recépage et ainsi, sur le dimensionnement des pieux.

En présence d'un talus

Sous réserve de la stabilité de la machine et du talus, il est conseillé d'implanter les pieux de manière à avoir une distance horizontale supérieure à 1,50 m entre le nu extérieur du pieu et le talus (crête ou base) (Figure 2.9), pour éviter :

- des défauts d'implantation ;
- une perte de portance au niveau du patin (de calage et stabilisateur) de la machine de forage ;
- l'effondrement des parois de forage.

Figure 2.9 : Exemples d'implantation de pieux en crête de talus
(⚠ ici les 1,5 m minimum requis entre la crête du talus et le pieu ne sont pas respectés)



Le repérage des plateformes

Les niveaux altimétriques des plateformes doivent être communiqués à l'entreprise de pieux, car ils servent bien souvent de base au foreur pour caler sa longueur de forage.

La position et les niveaux des plateformes doivent être facilement rattachables aux reconnaissances existantes et exprimés dans un système de références géographiques et planimétriques⁽²⁸⁾ et altimétriques⁽²⁹⁾ (décret n°2006-272 du 3 mars 2006). Ces systèmes de référence sont mentionnés dans le CCTP.

27. PF1 et PF2 font référence à des plateformes respectivement de classe 1 et 2, au regard de la portance à long terme.

28. À titre indicatif, RGF93 en France métropolitaine.

29. À titre indicatif, IGN 1969 en France métropolitaine hors Corse (IGN 1978).

Le cas de plateformes fluviales et maritimes

Ces plateformes peuvent être généralement de trois types :

- **estacade**, ouvrage provisoire composé de tubes ou de profilés, chevêtre et tablier (cf. Figure 2.10) ;
- **barge** ;
- **ponton**, le plus souvent stabilisés par des tubes (Figure 2.11) ;
- **remblai**, sa conception et sa réalisation doivent respecter la loi sur l'eau.

Ces ouvrages provisoires sont à dimensionner et à associer à une procédure de réalisation.

Figure 2.10 : Exemple d'estacade

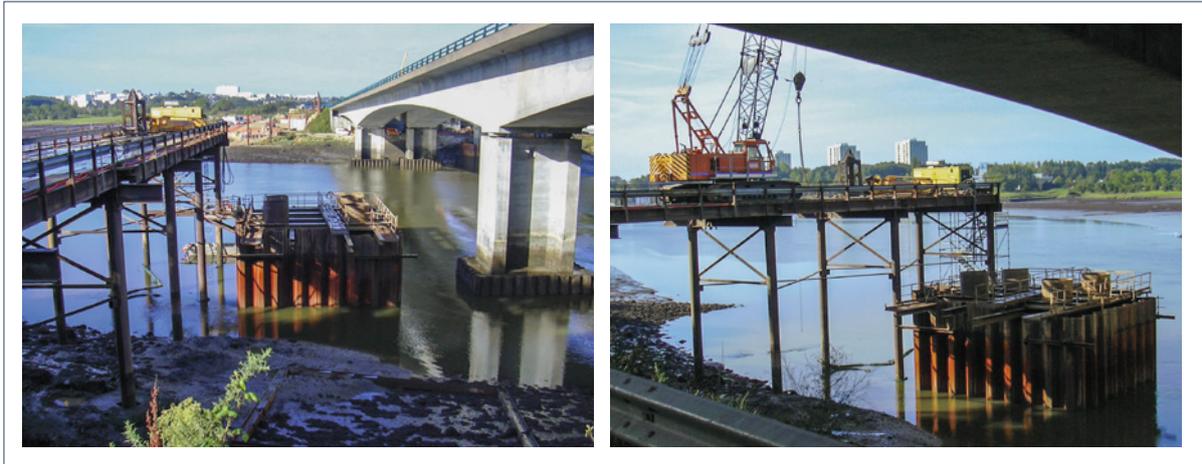


Figure 2.11 : Ponton avec quatre tubes stabilisateurs pour la réalisation de pieux forés simple, tubés définitivement sur la partie haute et sous eau



3.3 - ÉTUDES PRÉALABLES AUX ESSAIS DE CHARGEMENT

Lorsque des essais de chargement sont prévus pour le dimensionnement des fondations, il est **conseillé d'adopter certaines règles** (Note 1) :

- **l'emplacement de l'essai** doit faire l'objet de reconnaissances de sol appropriées et avoir été choisi dans une zone représentative des conditions géotechniques prévalant pour le site ;
- le pieu doit être testé en appliquant **des efforts de même nature que ceux transmis par le futur ouvrage**. Dans tous les cas, le dimensionnement du pieu d'essai et celui du système de chargement doivent permettre d'atteindre la charge de rupture (Note 2) ;
- le pieu d'essai doit être exécuté selon **les mêmes techniques que les futurs pieux de l'ouvrage**.

Note 1 : lorsque les règles présentées ci-dessus n'ont pu être respectées (charge appliquée insuffisante due à la difficulté d'obtenir une réaction suffisante, chargement différent du fait de frottement difficilement quantifiable sur des sur-longueurs de pieux), les essais de chargement peuvent parfois ne donner qu'une information partielle sur le comportement du pieu ou entachée d'une certaine incertitude. Pour éviter ces difficultés, il est conseillé d'instrumenter les pieux d'essais, au moyen de capteurs de déplacement (cordes vibrantes, extensomètres – cf. les fascicules 5 et 6, respectivement « Les armatures des pieux forés » et « Le contrôle des pieux finis »).

Note 2 : pour un essai de compression axial, la course du vérin doit être compatible avec un enfoncement de B/10 du pieu d'essai (avec B le diamètre du pieu) et la déformation du dispositif de réaction. La norme NF EN ISO 22477-1 traite de l'essai de chargement statique en compression des pieux et la norme NF EN ISO 22477-2 de celui en traction.

3.4 - PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ (PAQ)

Pour l'organisation des contrôles, se reporter au § 2.9.

Période de mise en place du PAQ

Pendant la période de préparation, l'entreprise doit mettre en place son organisation générale à la fois pour :

- la coordination des travaux ;
- l'assurance qualité.

Un PAQ spécifique au marché

Le PAQ doit être **établi spécifiquement** pour l'opération faisant l'objet du marché ; il est courant qu'il intègre des dispositions préexistantes dans le système de management de la qualité de l'entreprise, mais il est important d'y apporter les adaptations nécessaires pour répondre aux spécificités du marché, pour que cette organisation soit efficace.

Informations fournies par le PAQ

Pour les marchés publics (cf. Fascicule 68 du CCTG), le plan d'assurance qualité (PAQ) établi par l'entreprise présente, de manière détaillée, **les dispositions de moyens et d'organisation** qu'elle s'engage à mettre en œuvre pour garantir l'obtention des exigences spécifiées pour ses travaux.

Le PAQ, par le biais d'un ou plusieurs documents, fournit de manière détaillée :

- la présentation de **l'organisation des responsabilités des différents intervenants** au sein et pour le compte l'entreprise ;
- **les modalités d'organisation du contrôle intérieur**. Elle précisera en particulier les personnes physiques en charge de la mission G3 (étude et suivi géotechniques d'exécution) ;
- **un plan de contrôle intérieur établi par l'entreprise**, qui définit les différents contrôles et, pour chacun :
 - les exigences,
 - les références aux spécifications d'exécution,
 - la méthode de contrôle, de suivi ou d'essai,

- la définition de la zone de contrôle,
- la fréquence du contrôle, du suivi ou des essais,
- les critères d'acceptation,
- la documentation associée,
- les responsables du contrôle,
- les suites à donner à ce contrôle (en particulier en cas de résultat non conforme),
- l'implication, s'il y a lieu, de tierces parties dans le contrôle,
- une conclusion sur les résultats obtenus ;
- **la liste des points d'arrêt et points critiques**, mentionnant :
 - les délais,
 - les documents de contrôle associés,
 - les modalités de levée des points d'arrêts prévues au marché (par exemple, le recépage après auscultation) ;
- **le détail de l'organisation pour la maîtrise des non-conformités** :
 - la détection et le traitement,
 - le suivi des actions curatives et correctives, selon le niveau de gravité de l'écart constaté.

Les procédures d'exécution de travaux de pieux forés

L'entreprise fournit également en période de préparation **les procédures d'exécution de travaux de pieux forés avec les modalités de contrôle intérieur associées.**

Cas des marchés sans PAQ

Dans le cas où le marché ne prévoit pas de PAQ (certains marchés privés), il est recommandé que l'entreprise produise pendant la période de préparation un document décrivant l'organisation mise en œuvre pour son contrôle intérieur (par exemple, dans sa procédure d'exécution).

3.5 - PLAN DE RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT (PRE)

Les définitions générales relatives à l'environnement sont notamment celles fournies au sein de l'article L541-1-1 du Code de l'environnement.

Un plan de respect de l'environnement (PRE)

Un PRE spécifique à l'opération ([2.2] et Fascicule 68 du CCTG) :

- est **établi par le titulaire du marché** ;
- énonce **les moyens et procédures pour respecter les prescriptions environnementales** fixées dans la notice de respect de l'environnement (NRE) définie par le maître d'ouvrage en accord avec les exigences réglementaires. Il peut intégrer les dispositions préexistantes de son système de management environnemental, tout en répondant aux spécificités de l'opération.

Informations fournies par le PRE

Le PRE du titulaire comprend **une note d'organisation générale pour l'environnement** avec, notamment :

- **une analyse des contraintes** à prendre en compte, en conformité avec les exigences définies dans la NRE (notice de respect de l'environnement) ;
- **la nature et la situation des travaux et/ou des tâches d'exécution** concernées par des dispositions spécifiques relatives à l'environnement, **avec mention des nuisances et risques potentiels** au regard de l'environnement en lien avec ces tâches ;
- **les moyens humains mis en œuvre pour assurer la réalisation du PRE ou SOGED/SOSED** :
 - désignation d'un responsable des déchets,
 - sensibilisation et formation du personnel de chantier au tri ;

- **la liste des procédures environnementales** pour assurer la conformité de l'exécution des ouvrages à la législation, à la réglementation et aux exigences spécifiées par le maître d'ouvrage dont les :
 - procédures de traitement de pollution accidentelle,
 - procédures en cas d'interventions extérieures et en cas d'urgence ;
- **l'articulation entre les dispositions du PRE** (incluant la gestion des déchets), **le projet des installations de chantier, et la procédure d'urgence et de capacité à réagir** ;
- **la description des moyens d'information** à l'attention du personnel du titulaire, des sous-traitants et fournisseurs, sur les dispositions prévues au PRE ;
- **les modalités de respect des exigences environnementales** (dont les déchets) par ses sous-traitants et fournisseurs, et leur engagement vis-à-vis des dispositions prévues ;
- **la liste et l'évaluation de la quantification des déchets** à gérer, par type de travaux et les méthodes de prévention de la production des déchets (dispositifs pour maîtriser ou réduire les impacts environnementaux, propositions pour le réemploi de matériaux extérieurs au chantier) (Tableau 2.3) :
 - les méthodes de non-mélange des déchets (« tri à effectuer » – *Note 1*) sur le chantier, c'est-à-dire :
 - les méthodes de séparation des déchets au niveau des postes de travail,
 - la description des bennes (ou tout autre contenant), des bacs de rétention en indiquant le type de déchets (définition de la signalétique utilisée),
 - les zones de stockage envisagées pour les déchets et les moyens d'accès ;
 - la localisation, la description des filières d'élimination ou de recyclage des déchets. Lors de l'exécution des travaux, indication en fonction de la nature des déchets, des quantités et des dates et lieux d'évacuation (installation de stockage des déchets, centres de regroupement, unités de recyclage ou lieu de réutilisation) vers lesquels seront dirigés les déchets, en :
 - favorisant les installations privilégiant les filières de réutilisation et de valorisation,
 - tenant compte de la fréquence d'évacuation des déchets ;
 - des dispositions relatives à la gestion des déchets, que le titulaire s'engage à mettre en œuvre, dont le suivi et la traçabilité de l'élimination des déchets du chantier (cf. ci-après), en conformité au **Code de l'environnement (article L541-1** : obligation de prévention, de réduction et de valorisation des déchets de chantier issus des travaux publics). Pour le contrôle et la traçabilité des déchets, il est conseillé de prévoir un bordereau de suivi de déchets (BSD) par type de déchet (*Note 2*) et par transport (*Note 3*) et de définir les modalités de transmission de l'information aux assistants du maître d'ouvrage (*Note 4*). En particulier, le PRE doit traiter les dispositions relatives aux déchets.

Note 1 : le tri à la source et la collecte séparée sont obligatoires pour les déchets de construction et de démolition depuis le 19 juillet 2021 (hors matériaux non affectés pour une valorisation éventuelle). Avant 2021, les professionnels du bâtiment devaient réaliser un tri cinq flux, depuis le décret n°2021-950 du 16 juillet 2021, c'est un tri sept flux (ajout des fractions minérales et du plâtre).

Note 2 : trois types de déchets doivent obligatoirement être accompagnés d'un document écrit [2.13] :

- **les déchets dangereux** -> bordereau de suivi des déchets dangereux (BSDD) ;
- **les déchets d'amiante**⁽³⁰⁾ -> bordereau de suivi des déchets d'amiante (BSDA) ;
- **les déchets d'emballages** pour lesquels l'entrepreneur doit conserver une trace écrite de leur élimination (contrat avec l'éliminateur agréé).

Pour les autres déchets, il est conseillé de garder la trace écrite de leur élimination. Ces bordereaux⁽³¹⁾ ont pour objet de montrer que l'entreprise a éliminé ses déchets conformément à la réglementation.

Note 3 : depuis le 1^{er} janvier 1999, **tout transport de déchets doit être déclaré en préfecture** selon un formulaire-type, dans les cas suivants [2.13] :

- **plus de 100 kg/chargement** de déchets dangereux ;
- **plus de 500 kg/chargement** de déchets non dangereux (sauf déchets inertes propres et triés).

Note 4 : le titulaire doit s'assurer de la **traçabilité des déchets et matériaux issus du chantier et de la bonne application des dispositions prévues pour la gestion des déchets**. Il fournit au maître d'ouvrage, avec copie au maître d'œuvre, les bordereaux de suivi des déchets de chantier et les tableaux de suivi des déchets pour lesquels le maître d'ouvrage est producteur.

En cas de découverte, en phase d'exécution, de **déchets non répertoriés par le maître d'ouvrage** (sols pollués par exemple), le titulaire en informe le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre en vue de définir, conjointement, les modalités de gestion de ces déchets.

30. L'amiante peut être trouvé à l'état naturel dans certains sols ou roches, et il pourra être libéré lors du forage de pieux.

31. Un exemple de bordereau de suivi des déchets est téléchargeable sur le site de la Fédération française du bâtiment (FFB).

Traçabilité des déchets

Les obligations relatives à la traçabilité des déchets ont évolué dans le temps :

- depuis 2012, **obligation de tenue du registre de suivi des déchets** pour les entreprises productrices ;
- depuis mars 2021, **décret sur la traçabilité des déchets** (décret n°2021-321 du 25 mars 2021 relatif à la traçabilité des déchets, des terres excavées et des sédiments) **pour un renforcement de la traçabilité et de sa dématérialisation** : dématérialisation des bordereaux de suivi de déchets, élargissement du périmètre de l'obligation de tenir des registres chronologiques (*Note 1*), obligation de transmettre le contenu de son registre chronologique au registre national des déchets ou encore la dématérialisation des registres relatifs aux opérations de sorties de statut de déchets ;
- depuis janvier 2022 (décret n°2021-321 du 25 mars 2021), certains acteurs des filières déchets, terres et sédiments sont dans l'obligation **de transmettre leurs registres chronologiques** (*Note 1*) au registre national des déchets des terres excavées et sédiments (RNDTS), dans un certain délai (*Note 2*).

Les déchets comprennent, entre autres, tous les déblais de pieux évacués du chantier.

Note 1 : le Code de l'environnement, au paragraphe 1 de l'article R541-43 fixe le périmètre des gestionnaires de déchets devant tenir un registre chronologique interne et l'article R541-43-1 le périmètre des gestionnaires de terres excavées et sédiments devant tenir un registre chronologique interne. L'arrêté du 31 mai 2021 définit le contenu de ces registres. Ces acteurs⁽³²⁾ comprennent :

- les gestionnaires de déchets dangereux exemptés de bordereau de suivi (*Note 3*) ;
- les exploitants des installations d'incinération ou de stockage de déchets non dangereux non inertes ;
- les exploitants des installations dans lesquelles les déchets perdent leur statut de déchet ;
- les personnes produisant, traitant ou valorisant des terres excavées et sédiments ;
- les personnes exploitant une installation de transit ou de regroupement de terres excavées et sédiments.

Note 2 : le délai de déclaration dans le cas de déchets est de 7 jours à compter du fait générateur. Dans le cas des terres excavées et sédiments, le déclarant a jusqu'au dernier jour du mois suivant le fait générateur pour faire sa déclaration.

Note 3 : un « système de gestion » dématérialisant le processus d'émission et de gestion des bordereaux de suivi de déchets (BSD) doit être créé pour les déchets dangereux. Ce système passe par l'application Trackdéchets (*Note 4*).

Note 4 : Trackdéchets est un outil numérique gratuit de traçabilité des déchets, développé par le ministère de la Transition écologique, accessible en ligne via son site Internet ou à travers son propre outil métier via l'API⁽³³⁾.

Tableau 2.3 : Exemples extraits du schéma d'organisation et de gestion des déchets de chantier (SOGED) précisant les catégories de déchets générés et les circuits d'évacuation utilisés

(les coordonnées des filières d'élimination et les justificatifs à produire peuvent aussi être indiqués)

Type	Description	Quantité prévisionnelle	Type de contenant	Type de traitement	
Déchets inertes	Gravats et matériaux inertes de chantier	40 t/an	Benne gravats	100 %	Valorisation matière
	Déblais d'injection de ciment	500 m ³	Sans objet	100 %	Valorisation matière
	Excédents de matériaux issus du terrassement (hors terre végétale)	76 000 m ³	Stockage provisoire (plateforme XXX) ou départ immédiat	30 %	Réemploi
				70 %	Mise en dépôt définitive

[...]

32. <https://www.ecologie.gouv.fr/tracabilite-des-dechets-terres-excavees-et-sediments> (consulté en juillet 2023).

33. API : application programming interface (soit, interface de programme d'application), mais dans un *open source*.

[...]

Déchets non dangereux	Arbres, arbustes, buissons	10 m ³	Sans objet	100 %	Valorisation énergétique
	Terre végétale	1 000 m ³	Stockée sur une plateforme dédiée pour réemploi	100 %	Réemploi
			Sans objet	Surplus éventuel	Valorisation matière
	Terre polluée au COT (carbone organique total)	2 334 m ³	Stockage sur la plateforme XXX	100 %	Réemploi en sous-couche, au-dessus du niveau NPHE, sous 300 mm de remblai/terre végétale
				Surplus éventuel	Mise en dépôt définitive
	Fluides de forage chargés de sédiments	300 m ³	Stockage provisoire pour essorage sur la plateforme YYY	100 %	Mise en dépôt définitive
	Déblais mélangés au fluide stabilisateur	4 000 m ³	Stockage provisoire pour essorage sur la plateforme YYY ou traitement	100 %	Mise en dépôt définitive
Métaux : chutes de ferrailage, dispositifs de sécurité, panneaux de signalisation, candélabres, poteaux métalliques...	42 t/an	Benne métaux	100 %	Valorisation matière	
Déchets dangereux	Terre naturellement contaminée (amiante, radon...)	0,7 m ³ /an	Pas de contenant	100 %	Élimination
	Terre polluée par un déversement accidentel de produits dangereux	0,5 m ³ /an	Pas de contenant	100 %	Élimination
	Huile hydraulique/huile moteur	10 m ³ /an	Pompage direct		
	Emballages souillés : contenants de produits dangereux, lingettes absorbantes utilisées...	10 m ³ /an	Caisse palette		

PRE et SOGED

Dans le cas où **les éléments requis au marché ne concernent que la gestion des déchets**, le PRE devient un schéma d'organisation de gestion des déchets (SOGED) [2.16].

Les missions du coordonnateur de management environnemental

Dans le cas où le maître d'ouvrage fait le choix d'un coordonnateur pour l'environnement, il définit **le périmètre de sa mission ainsi que les modalités de sa représentation auprès des intervenants**. Sauf indications contraires inscrites au sein du dossier de consultation, le maître d'œuvre est l'interlocuteur du titulaire en matière environnementale.

Les missions générales du coordonnateur pour l'environnement peuvent être :

- **en parallèle du chantier :**
 - de définir la politique environnementale à suivre au cours du chantier à partir du dossier de déclaration d'utilité publique,
 - de participer à la rédaction des DCE et noter les offres reçues sur le ou les critères environnementaux,
 - d'émettre un avis sur les filières d'évacuation des terres à gérer sur le chantier,
 - de procéder à l'harmonisation des plans de respect de l'environnement (PRE) des différents intervenants,
 - d'animer et d'organiser les comités environnementaux,
 - de réaliser le bilan environnemental de l'opération ;
- **sur le chantier :**
 - d'effectuer préalablement au début des travaux une visite d'environnement consistant à accueillir toutes les entreprises et à leur rappeler les différentes consignes ou observations dans le domaine de la protection de l'environnement,
 - de participer à certaines réunions de chantier,
 - de visiter inopinément le chantier (fréquence à définir, 1 à 3 fois par mois) et informer le maître d'ouvrage en cas d'apparition d'un évènement environnemental. Il lui propose également des mesures pour y remédier.

Les missions du chargé environnement

Le chargé environnement est **l'interlocuteur principal du coordinateur pour l'environnement** sur le chantier. Il est nommé par le titulaire du marché de travaux et travaille pour lui. Ses missions sont les suivantes :

- **rédiger et mettre à jour au cours du chantier le plan de respect de l'environnement** (PRE : document décrivant les dispositions prises par le groupement pour respecter l'environnement cf. plus avant) ;
- **sensibiliser et responsabiliser le personnel à la protection de l'environnement ;**
- **assurer le contrôle externe en ce qui concerne l'environnement ;**
- **coordonner les actions correctives en cas d'écart au PRE.**

3.6 - PLAN DE PILOTAGE DES PIEUX

Intérêt du plan de pilotage

L'exécution des pieux présentant un certain nombre d'incertitudes, il est recommandé au maître d'œuvre **d'imposer la réalisation de ce plan de pilotage dans le CCTP.**

Ce plan est d'autant plus important pour **les techniques présentant des cadences d'exécution élevées** (pieu à la tarière creuse, notamment).

Le plan de pilotage

L'ordre de réalisation des pieux, consigné sur le plan de pilotage, doit être étudié au préalable du démarrage du chantier ; il doit intégrer la nécessité :

- de réaliser le ou les pieux de faisabilité/de convenance (cf. § 4.2) à proximité de sondages existants ;
- de s'assurer que la réalisation d'un pieu ne va pas nuire au pieu voisin nouvellement réalisé ; à ce titre la norme NF EN 1536+A1 (article 8.2.1.12) impose un laps de temps de 4 heures entre l'exécution de deux pieux distants de moins de quatre diamètres ou 2 m⁽³⁴⁾ ;
- de concevoir un ordre de réalisation des pieux permettant d'accéder à chacun des pieux sans que les circulations futures d'engins ne puissent compromettre l'intégrité des pieux déjà réalisés et de leurs armatures ;
- de pouvoir gérer au mieux les approvisionnements en tubes et armatures et de limiter ainsi l'importance du stockage sur site (cf. § 3.1 « Les installations de chantier ») ;
- d'éviter les changements trop nombreux de diamètres et de plateformes de forage qui nuisent à l'enchaînement du chantier et à la sécurité.

Gestion des pieux pouvant présenter une difficulté de réalisation

Il convient de réaliser en cours de chantier et de ne pas attendre la fin de ce dernier, les pieux susceptibles d'entraîner des difficultés soit :

- dans les zones à risque de refus importants (vestiges ou niveaux indurés) ;
- présentant les caractéristiques dimensionnelles les plus importantes,

sous peine d'attente due à des opérations de purges et de trépannage, et de modification de l'atelier de pieux.

3.7 - LA DURÉE DE LA PHASE DE PRÉPARATION DE CHANTIER

Différents délais administratifs en phase de préparation avant travaux

La durée de la phase de préparation avant démarrage des travaux de pieux forés doit être définie en intégrant différents délais administratifs (qui ne se cumulent pas, en général) relatifs :

- aux autorisations de transport exceptionnel : généralement 6 semaines pour des transports entre départements ;
- aux DICT (cf. § 2.4 « Les avoisinants dans le DCE ») ;
- aux études et convenances de béton lorsqu'elles sont demandées : généralement 1 mois dans les cas les plus simples ;
- aux études d'exécution, notes de calculs, procédures, PAQ (cf. § 3.4) et les délais de visa du maître d'œuvre et des autres interventions de contrôle (Note).

Note : les délais des études et de leur validation doivent être intégrés, car leurs conclusions peuvent avoir des répercussions sur les choix des machines et donc sur les autorisations de transport.

Délai pour l'installation de chantier

Le délai de l'installation de chantier doit aussi être pris en compte ; il peut être compris entre (Note) :

- une journée pour certaines techniques de pieux sur des chantiers courts et simples ;
- une à deux semaines dans le cas de techniques nécessitant un temps de maturation du fluide stabilisateur avant démarrage des forages.

Note : des machines plus imposantes, des conditions d'accès compliquées ou une préparation de la plateforme de travail (cf. § 3.2), des travaux de grande ampleur peuvent augmenter ce délai d'installation.

34. Cette durée peut être augmentée en fonction de la rhéologie du béton, et des conditions particulières de sol.

Cas de sous-traitance des fondations profondes

En cas de sous-traitance des fondations profondes, il est recommandé de prévoir **une date d'agrément suffisamment anticipée** pour satisfaire ces délais avant démarrage.

Cas de dimensionnement à partir d'essais préalables

Dans le cas d'une conception avec dimensionnement à partir d'essais préalables, il faut généralement compter **un délai de deux à trois mois entre les essais de chargement et le démarrage de l'exécution des pieux** de l'ouvrage, afin de permettre :

- la réalisation des pieux soumis à essais ;
- la réalisation des essais ;
- l'exploitation des résultats et leur intégration dans le dimensionnement.



CHAPITRE 4

Déroulement de l'exécution

4. DÉROULEMENT DE L'EXÉCUTION

4.1 - PROCESSUS D'IMPLANTATION ET DE RÉCOLEMENT DES PIEUX

Les différentes étapes de l'implantation des pieux et son contrôle

L'implantation des pieux et son contrôle s'effectuent en plusieurs étapes :

- **Étape 1 : l'implantation** proprement dite du pieu est effectuée par un géomètre expert (*Note 1*), et les entreprises intervenant sur le chantier devront être sensibilisées à l'entretien et à la conservation de cette implantation ;
 - la matérialisation de l'implantation s'effectue au moyen d'un dispositif pérenne tel qu'une fiche métallique enfoncée profondément dans la plateforme de forage (> 200 mm). Le sommet de la fiche matérialise l'implantation,
 - la tolérance d'implantation de la fiche dans cette étape est inférieure au centimètre au regard des tolérances d'exécution des pieux,
 - l'implantation des pieux par phases peut être préférable ; chacune des phases devant correspondre à 2 à 3 jours de production de pieux ;
- **Étape 2 :** avant le démarrage du pieu, l'entreprise procède à un **contrôle local de l'implantation**, effectué au simple décamètre, par comparaison avec les distances entre les fiches de pieux voisins encore existantes ;
- **Étape 3 : préparation du dispositif de contrôle une fois le forage amorcé** ; après la mise en station au droit du pieu de la machine, on matérialise trois points déportés à au moins 1 m de distance de l'implantation du pieu (Figure 2.12). Ces derniers serviront de contrôle de l'implantation du forage (une fois les quelques premiers mètres de forage amorcés) et du centrage de la cage. Le cas échéant, le foreur corrige la position de l'outil avant de poursuivre le forage ;
- **Étape 4 : vérification de l'implantation** après le bétonnage pour les pieux de classe 1 ou avant mise en place des armatures pour les pieux de classe 2 ; il est conseillé de vérifier son implantation par rapport aux axes déportés encore en place (*Note 2*) ;
- **Étape 5 : recépage des pieux.** L'organisation du chantier doit déterminer le moment d'intervention des contrôles d'intégrité. En cas d'arase basse, il est recommandé d'avoir un contrôle d'intégrité après recépage ;
- **Étape 6 : récolement avec une précision $\pm 10^{\circ}$ mm** dans le plan perpendiculaire à l'axe du pieu (après le recépage du pieu). Du fait du phasage du chantier, ce récolement peut être tardif (cas des arases basses notamment) ; il est conseillé qu'il soit à la charge de l'entreprise en charge du recépage, avec constat contradictoire entre l'entreprise en charge du gros œuvre et l'entreprise de pieux en cas de pieux hors tolérance.

Note 1 :

- **lorsque le nombre de pieux est important**, on peut se restreindre à l'implantation des files principales de l'ouvrage par le géomètre, l'implantation du pieu étant alors réalisée par l'entreprise.
- **le niveau altimétrique de la plateforme doit être renseigné**, car il sert bien souvent de base au foreur pour caler sa longueur de forage.

Note 2 : ce contrôle sur béton frais ne peut faire office de récolement.

Figure 2.12 : Photos d'axes déportés



Détermination du centre du pieu

Pour les pieux armés, le centre de la cage correspond au centre du pieu.

Si la tête de pieu est abîmée ou lorsque les pieux sont non armés, la détermination du centre du pieu peut présenter des difficultés (en cas de hors-profil important au voisinage du recépage, par exemple) ; dans ce cas on procède au déterrement du pieu sur le premier mètre pour identifier le périmètre du pieu.

4.2 - PIEU DE FAISABILITÉ ET PIEU DE CONVENANCE

Définition du pieu de faisabilité et document associé

Selon la norme NF EN 1536+A1 (article 3.28), un pieu de faisabilité est réalisé **afin de vérifier la faisabilité et l'adéquation de la méthode d'exécution, pour une application particulière.**

Ce pieu peut également être soumis à un **essai de chargement**, préalable ou de conformité.

Le pieu de faisabilité **ne fait pas partie des pieux de l'ouvrage.**

Ce pieu peut être réalisé en phase PRO ou au démarrage du chantier.

La réalisation du pieu de faisabilité fait l'objet d'un **compte-rendu** écrit transmis, pour validation, aux différents intervenants du chantier.

Objectifs de la réalisation d'un pieu de faisabilité

Le pieu de faisabilité est effectué **en cas de doute sur la capacité de réaliser les pieux dans de bonnes conditions. Il est exécuté préalablement à l'exécution**, et permet :

- la **vérification de l'adéquation du matériel** avec les travaux à réaliser :
 - la capacité à forer dans des conditions normales d'exécution,
 - la réalisation des pieux dans un temps acceptable,
 - la profondeur atteignable,
 - la réalisation de l'ancrage,
- la **bonne mise en œuvre des cages d'armature dans le béton frais** pour les pieux de classe 2.

Définition du pieu de convenance et document associé

Selon le Fascicule 68 du CCTG et la norme NF DTU 13.2, le pieu de convenance est réalisé dans le cadre du marché de travaux, **pour confirmer la conception/les dimensions et/ou ajuster les procédures de surveillance, de contrôle et d'exécution.**

Dans tous les cas, un pieu de convenance **doit être réalisé au démarrage du chantier**, pour valider la procédure d'exécution.

Il peut être un pieu de l'ouvrage définitif (*Note*).

Le pieu de convenance fait l'objet de la part du titulaire d'un **document de suivi** sur lequel sont consignés tous les éléments permettant de valider les procédures particulières de mise en œuvre. Ces éléments viennent compléter le compte-rendu individuel pour chaque pieu foré (**clause 3.6.3 du Fascicule 68 du CCTG**).

Note : le pieu de convenance peut être un pieu de l'ouvrage définitif, mais il doit être implanté en dehors de la proximité d'avoisnants ou d'ouvrages existants sensibles ou en dehors de configurations où des incertitudes résiduelles caractérisent la méthode d'exécution retenue.

Objectifs de la réalisation d'un pieu de convenance

La réalisation du pieu de convenance est une étape préalable à l'exécution, qui permet :

- la **validation ou l'adaptation de la procédure d'exécution** ;
- la **vérification des bonnes conditions de bétonnage** ;
- la **vérification du bon savoir-faire du personnel de l'entreprise** ;
- la **vérification de la conformité des terrains rencontrés** (*Note*) avec les études géotechniques⁽³⁵⁾ des missions G2 et G3.

Note : selon les modes de forage, la nature des sols peut être difficile à identifier.

35. Missions d'ingénierie géotechnique selon la norme NF P94-500 : G1 – Étude géotechnique préalable, G2 – Étude géotechnique de conception, G3 – Étude et suivi géotechnique d'exécution à la charge de l'entreprise, G4 – Supervision géotechnique d'exécution à la charge du maître d'ouvrage, G5 – Diagnostic géotechnique.

Relation entre un pieu de faisabilité et de convenance

Si un pieu de faisabilité avec son éventuel essai de chargement associé est réalisé et que sa réalisation est concluante, il constitue un pieu de convenance.

Nombre et lieu de réalisation des pieux de faisabilité et de convenance

On réalise autant de pieux de faisabilité ou de convenance que de zones géotechniques différentes. Les pieux de faisabilité ou de convenance sont de préférence implantés au droit d'un sondage de l'étude géotechnique (ou à proximité immédiate du sondage).

Personnes présentes lors de la réalisation du pieu de faisabilité ou de convenance

Lors de la réalisation des pieux de faisabilité et de convenance doivent être présents :

- le maître d'œuvre ;
- le responsable du suivi de la mission géotechnique d'exécution G3 (cf. Tableau 2.1 dans le § 1.1) ;
- le géotechnicien titulaire de la mission géotechnique G4 – Supervision géotechnique d'exécution (cf. Tableau 2.1 dans le § 1.1 « L'organisation et les différents intervenants ») ;
- éventuellement le ou les contrôleurs.

Contractualisation du pieu de faisabilité ou de convenance

Les pièces du marché contractualisent :

- la nécessité éventuelle du pieu de faisabilité (*Note*), notamment en cas de variante (cf. § 1.7) ;
- les modalités de programmation des pieux de convenance et faisabilité ;
- la nécessité de les considérer comme un point d'arrêt.

À l'issue de la réalisation du pieu de faisabilité ou de convenance, l'entreprise fournit ses premières conclusions quant au respect des objectifs fixés ou à la conformité aux attentes. Après contrôles des documents disponibles, le maître d'œuvre valide ou non la procédure d'exécution.

Note : si un pieu de faisabilité est nécessaire, il est recommandé qu'il fasse l'objet d'un point d'arrêt.

4.3 - ENSEMBLE DES CONTRÔLES À PREVOIR LORS DE L'EXÉCUTION

L'annexe B de la norme NF EN 1536+A1, qui est une annexe informative, fournit des exemples des points de contrôle (concernant l'implantation, les matériaux et produits, l'excavation, les cages d'armature, le bétonnage et le recépage – *Note*), des fréquences de contrôle (par exemple, en continu, pour chaque pieu, avant bétonnage...) et d'essais pouvant être mis en œuvre lors de l'exécution des pieux forés. Dans le cadre du contrôle intérieur, cette annexe informative précise :

- les fréquences d'exécution ;
- les points qui peuvent faire l'objet d'un rapport à joindre avec les documents de suivi de pieu.

La norme NF DTU 13.2 traite également les contrôles à prévoir dans le cadre du suivi d'exécution.

Les fascicules 3 à 7 (traitant respectivement de l'exécution du forage, du bétonnage, des armatures, du contrôle des pieux finis et des défauts et réparations des pieux forés) fournissent des recommandations complémentaires aux tableaux de contrôles de la norme NF EN 1536+A1.

Le fascicule 6 « Le contrôle des pieux finis » propose, à l'intention des concepteurs, un programme de contrôle sur pieux finis tenant compte des différents paramètres structurels, géotechniques et de projet. Le Fascicule 68 du CCTG pour les ouvrages de génie civil et l'annexe Q de la norme NF P94-262 pour les ponts modifient certaines dispositions.

Note : le tableau B.2 de l'annexe B de la norme NF EN 1536+A1 fournit des contrôles spécifiques des pieux à la tarière continue creuse.

4.4 - GESTION DES DÉBLAIS DE PIEUX

Traitement des déblais de pieux [2.9]

Il est rappelé que, dès lors que les déblais de pieux sont évacués du site de leur excavation, ces derniers prennent un statut de déchet (**circulaire du 24 décembre 2010**⁽³⁶⁾). Leurs modes de traitement sont conformes à l'**article L541-1 du Code de l'environnement** (cf. également § 2.2 « L'environnement dans le DCE »), ils peuvent conduire à :

- leur **réemploi** sur site ou leur réutilisation dans des chantiers proches ;
- leur **valorisation** (en aménagement, en remblaiement de carrières...);
- leur **élimination**, en installation de stockage de déchets inertes (ISDI), non dangereux (ISDND) ou dangereux (ISDD).

Dans tous les cas, il est nécessaire de caractériser les déblais pour décider de leur destination (réemploi, valorisation ou élimination).

Les filières d'élimination en installation de stockage (ISDI, ISDND, ISDD)

Les déblais et terres excavés :

- **issus de sites non contaminés sont admissibles** en ISDI (installation de stockage de déchets inertes), à priori sans analyse préalable. La liste des déchets concernés est fournie en **annexe I**⁽³⁷⁾ de l'**arrêté ministériel du 12 décembre 2014**⁽³⁸⁾ ;
- **issus de sites contaminés** sont acceptés en ISDI sous réserve que leur caractérisation physico-chimique (analyses préalables) montre que les teneurs des substances à analyser sont inférieures aux seuils définissant les déchets inertes (**annexe II**⁽³⁹⁾ de l'**arrêté du 12 décembre 2014**). Dans le cas contraire, les déblais devront aller en ISDND ou ISDD selon la nature de la contamination.

La valorisation en aménagement

Les déblais et terres excavées peuvent être valorisés comme aménagement :

- sous réserve **de justifier de la nature des déchets utilisés et de l'utilisation de ces déchets** dans un but de valorisation (article L541-32 du Code de l'environnement compris dans la sous-section 5 sur la valorisation des déchets) ;
- **si les propriétés mécaniques des déblais** sont conformes au projet ;
- sous réserve **d'absence de risques environnementaux et sanitaires**, selon la qualité environnementale des déblais en se référant :
 - au guide de valorisation hors site des terres excavées issues de sites et sols potentiellement pollués en projets d'aménagement [2.9],
 - au guide de valorisation hors site des terres excavées dans des projets d'infrastructures linéaires [2.10],
 - à défaut à la réalisation des essais de comportement des déblais (lixiviation, percolation) : comparaison aux seuils du guide méthodologique *Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – Évaluation environnementale* [2.11].

Cette valorisation peut également relever du **Code de l'urbanisme** :

- avec éventuellement nécessité d'un permis d'aménagement ou d'une déclaration préalable (articles L421-1 à L425-12, R421-18 à R421-25 du Code de l'urbanisme),
- sans nécessité de permis pour une superficie $S < 100 \text{ m}^2$ et h (profondeur d'affouillement ou hauteur d'exhaussement) $\leq 2 \text{ m}$ (article R421-18 du Code de l'urbanisme).

36. **Circulaire du 24 décembre 2010** relative aux modalités d'application des décrets n° 2009-1341, n° 2010-369 et n° 2010-875 modifiant la nomenclature des installations classées exerçant une activité de traitement de déchets 37.

37. **Annexe I de l'arrêté du 12 décembre 2014** : Liste des déchets admissibles dans les installations visées par le présent arrêté sans réalisation de la procédure d'acceptation préalable prévue à l'article 3.

38. **Arrêté du 12 décembre 2014** relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées ([https:// www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2014/12/12/DEV1412523A/jo/texte](https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2014/12/12/DEV1412523A/jo/texte)).

39. **Annexe II de l'arrêté du 12 décembre 2014** : Critères à respecter pour l'acceptation de déchets non dangereux inertes soumis à la procédure d'acceptation préalable prévue à l'article 3.

Le remblaiement dans des carrières

Les déblais peuvent être utilisés pour des comblements de carrière. Deux cas sont possibles :

- le comblement de cavités anciennes (carrières à ciel ouvert, carrières en eau ou le stockage en cavités souterraines, remblaiement d'anciennes carrières en tant qu'aménagement) relevant du titre du Code minier ou de la réglementation ICPE (Installation classée pour le protection de l'environnement - cf. § 2.2) ;
- le réaménagement des carrières en cours ou en fin d'exploitation soumises au régime des ICPE sous la responsabilité de l'exploitant.

Les déblais peuvent être remblayés dans des carrières sous certaines conditions (Note) :

- pour contribuer à la remise en état du site en fin d'exploitation ou par phasage ;
- en respectant l'arrêté du 22 septembre 1994 modifié relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières, qui fait référence à :
 - l'absence de nuisance à la qualité et au bon écoulement des eaux,
 - l'absence de nuisance à la qualité du sol,
 - l'utilisation de matériaux inertes,
 - l'utilisation de bordereaux de suivi ;
- en respectant l'arrêté d'autorisation qui fixe les conditions d'utilisation des matériaux extérieurs ;
- en adéquation avec le schéma départemental des carrières⁽⁴⁰⁾ ;
- en réalisant des études au cas par cas.

Note : le guide d'orientation « Acceptation des déblais et terres excavées » [2.9] indique les conditions d'acceptation de déblais en remblaiement de carrières dans le cas de l'Île-de-France.

La valorisation en technique routière

Les déblais peuvent être valorisés en technique routière sous certaines conditions via :

- leur caractérisation géotechnique conforme au Guide des terrassements des remblais et des couches de forme [2.12] ;
- leur caractérisation environnementale conforme au guide méthodologique Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – Évaluation environnementale [2.11].

4.5 - ADAPTATIONS COURANTES EN COURS DE CHANTIER

4.5.1 - LES ADAPTATIONS EN COURS DE CHANTIER

Conséquences d'une hétérogénéité des terrains

Une campagne de reconnaissance bien fournie et réalisée selon les règles de l'art ne peut fournir une connaissance parfaite des sols. Dès lors, il est habituel de constater certaines variations de la géologie. Les modifications (augmentation ou réduction) des propriétés du sol concernant aussi bien sa nature que ses propriétés (mécaniques et hydrauliques) peuvent être à l'origine entre autres :

- d'instabilités de forage ou de bétonnage ;
- de difficultés de forage ;
- d'adaptations des longueurs des pieux (surlongueurs ou raccourcissements) pour réaliser l'ancrage prévu ;
- de modifications de cages d'armature.

Ces modifications lorsqu'elles sont imprévisibles nécessitent alors bien souvent des adaptations techniques (Note) qui peuvent être sources de litiges.

Note : on considère comme « adaptation technique », une modification :

- de la procédure d'exécution par rapport à celle initialement prévue et validée lors du pieu de convenance ;
- des dimensions des ouvrages ;
- du contenu des travaux.

40. Le schéma départemental des carrières est un outil de décision pour une utilisation rationnelle des gisements minéraux et la préservation de l'environnement (cf. articles R515-3 à R515-7 du Code de l'environnement).

Le rôle des entreprises en cas d'adaptations mineures

Lorsque les enjeux techniques (*Note 1*) ou financiers sont faibles, il est important que certaines décisions concernant ces adaptations soient prises rapidement par l'entreprise pour ne pas nuire à l'avancement du chantier. Dans ce cas, on considère que ces adaptations (cf. les exemples ci-après) sont mineures et habituelles et ne remettent pas en question la définition des prix (*Note 2*).

Note 1 : l'analyse de la criticité des enjeux techniques est systématique ; elle incombe généralement au responsable de la mission G3 étude et/ou suivi géotechniques d'exécution (selon la norme NF P94-500).

Note 2 : on considère que les adaptations mineures ne constituent pas des non-conformités et ne nécessitent pas de modification de la procédure d'exécution. Le maître d'œuvre et les organismes de contrôle sont toutefois avertis à postériori. Les modifications doivent figurer au dossier des ouvrages exécutés (DOE – cf. § 5.3).

Exemples d'adaptations mineures

Sauf disposition particulière spécifiée au marché, les constatations et adaptations suivantes peuvent être jugées normales et courantes :

- **les surconsommations de béton** non localisées, jusqu'à 20 % du volume de béton théorique (*Notes 1 et 2*) ;
- **les pertes de fluide stabilisateur**, calculées par pieu, jusqu'à 20 % de surconsommation du volume théorique (*Notes 1, 2 et 3*) ;
- **les changements et adaptations des outils de forage** selon la nature des sols prévisibles (*Note 4*). À ce titre, il est courant de considérer comme outils spéciaux le carottier et le trépan, la tarière à roche étant généralement exclue ;
- **les changements de longueur du tube provisoire** ; l'entreprise doit prévoir de pouvoir modifier sa longueur de plus ou moins 1 m ;
- **le changement de la longueur de la virole** nécessaire au maintien des sols meubles de tête : jusqu'à 5 m de profondeur sous la plateforme de forage ;
- **le changement isolé de la profondeur de pieux** pour respecter une hauteur d'ancrage définie : jusqu'à plus 250 mm (*Note 5*) ;
- **un approfondissement du niveau de recépage** sous massif isolé, pour l'obtention du béton sain sous réserve de remplacer le béton recépé par un béton de caractéristiques équivalentes à celles du pieu. Cette substitution est limitée au maximum à une hauteur comprise entre 200 mm et un cinquième du diamètre du pieu, sauf justification.

Note 1 : les valeurs limites fournies ci-dessus peuvent être jugées comme normales pour un grand nombre de pieux et de contextes géologiques. Il appartient au marché de spécifier les valeurs qu'il faut considérer comme anormales en relation avec les spécificités du projet, du type de marché et du contexte géotechnique prévisible et qui ouvrent droit alors à une renégociation des termes du marché.

Note 2 : cette valeur varie en réalité selon les diamètres des pieux et la nature des terrains, mais peut être considérée comme une valeur normale courante (cf. § 5.6 du fascicule 4 « Le bétonnage des pieux forés »). Il convient toutefois de vérifier que la localisation de ces surconsommations puisse être expliquée par le contexte géotechnique.

Note 3 : cette valeur varie selon les propriétés du fluide stabilisateur.

Note 4 : en cas de légère modification de la nature des sols, ces outils peuvent être différents de ceux utilisés lors du pieu de faisabilité.

Note 5 : lorsque les armatures sont maintenues uniquement à la base du pieu (notamment dans le cas des pieux forés avec tube récupéré), cette sur-profondeur peut entraîner un dépassement des tolérances du nivellement de la tête des armatures qu'il faut s'assurer de résoudre (tolérance de fond de pieux d'environ 200 mm alors que la tolérance en tête est de 70 mm).

Le rôle des entreprises en cas d'adaptations lourdes

Lorsque les enjeux techniques ou financiers deviennent importants soit à cause de :

- l'importance de l'aléa ;
- la répétition d'un événement ;

l'entreprise doit aviser les parties concernées dès la détection de l'aléa (cf. fiche de non-conformité dans la Figure 2.3 dans le § 2.9). Les adaptations techniques doivent alors être validées par le maître d'œuvre et les différents organismes de contrôle avant la poursuite des travaux (*Note*).

Note : des travaux d'urgence peuvent être dans certains cas nécessaires pour éviter la dégradation d'une situation ; ils peuvent être alors exécutés à l'initiative seule de l'entreprise et seront à justifier à postériori.

Exemples d'adaptations lourdes

Ces situations sont généralement **très variables et leur gestion propre à chaque projet**. Toutefois dans certains contextes, elles peuvent être anticipées au stade du dossier de consultation des entreprises (DCE).

Les orientations et particularités suivantes peuvent être retenues pour les situations lourdes les plus courantes :

- problématiques associées à la **nature des terrains** (cf. § 4.5.2) ;
- problématiques associées à la **présence de vestiges ou d'horizons indurés** (cf. § 4.5.3).

4.5.2 - PROBLÉMATIQUES ASSOCIÉES À LA NATURE DES TERRAINS

Informations tirées des prélèvements de forage de pieux

Tout d'abord, il convient d'être particulièrement prudent quant aux conclusions que l'on pourrait tirer à partir de **prélèvements issus du forage des pieux**, car :

- **ces prélèvements sont remaniés et bien souvent contaminés par d'autres déblais**, ce qui peut compliquer leur identification. En outre, ils sont désagrégés par les outils de forage ;
- certains terrains peuvent faire **l'objet de dénominations différentes entre personnes de la profession**.

Incidents liés à des surconsommations de béton ou de fluide stabilisateur

Les incidents liés à **des surconsommations de béton ou de fluide stabilisateur**⁽⁴¹⁾ peuvent se produire dans des terrains présentant :

- **une faible étreinte latérale** ; dans ce cas, une analyse doit être effectuée pour juger si la surconsommation est :
 - techniquement acceptable :
 - prévisible (*Note 1*) car explicitée dans la mission G2 phase DCE (selon la norme NF P94-500) :
=> l'entreprise doit assumer la totalité des surconsommations et des dispositions particulières permettant d'assurer la bonne exécution des pieux (le chemisage, par exemple),
 - imprévisible :
=> il convient de faire un choix économique entre le coût de la surconsommation anormale (et généralement des contrôles complémentaires spécifiques) et celui du recours à un chemisage (sous réserve de compatibilité avec la technique de pieu utilisée),
 - inacceptable (par exemple, si la rupture d'étreinte latérale est brutale et aléatoire) :
=> la procédure d'exécution doit être revue pour intégrer un chemisage, par exemple, qui est aussi la solution la plus usuelle ;

41. La surconsommation du béton est traitée dans le § 5.6 du fascicule 4 « Le bétonnage des pieux forés » et les fluides stabilisateurs dans le chapitre 4 du fascicule 3 « Exécution du forage des pieux forés de classes 1 et 2 ».

- **un état d'altération ou de fracturation élevé (Note 2) ou également une granulométrie plus grossière** qui conduit à une forte perméabilité, entraînant des surconsommations importantes et empêchant la remontée du béton ou la stabilisation du fluide stabilisateur,
=> la méthodologie d'exécution du pieu sera bien souvent à reconsidérer.

Note 1 : pour certains cas, les surconsommations sont prévisibles mais difficilement quantifiables faute de reconnaissances suffisantes ou d'expériences comparables. Dans ce cas, il est conseillé de prévoir un prix pour surconsommation dans le bordereau de prix unitaires (BPU) à déclencher à partir d'un certain seuil de surconsommation avec accord du maître d'œuvre, il peut être différent du seuil de surconsommation jugé normal (20 %).

Note 2 : le caractère imprévisible peut être plus facilement invoqué en cas de rencontre de sols dont l'état de fracturation important n'aurait pas, au choix :

- été reconnu par des essais appropriés (essais de perméabilité, par exemple) ;
- fait l'objet d'une mise en garde ciblée dans le dossier géotechnique.

4.5.3 - PROBLÉMATIQUES ASSOCIÉES À LA PRÉSENCE DE VESTIGES OU D'HORIZONS INDURÉS

À prévoir dans le DCE en présence de vestiges ou d'horizons indurés

En cas de présence de **vestiges ou d'horizons indurés relevés dans le dossier géotechnique**, il est conseillé dans le document de consultation des entreprises (DCE) de prévoir :

- **une caractérisation détaillée des points durs** à partir d'essais spécifiques (*Note 1*) et réalisés en nombre suffisant ;
- **un bordereau des prix détaillé**, comprenant :
 - en cas de vestiges attendus peu profonds, des prix spécifiques pour :
 - les opérations de purge ou démolition,
 - la réfection de plateforme,
 - le forage abandonné,
 - la perte de cadence,
 - le prix de l'immobilisation éventuelle du matériel,
 - ...
 - en cas d'horizons indurés profonds, des prix spécifiques pour le forage des niveaux indurés avec utilisation d'outils spéciaux tels que carottier et trépan, payé au mètre linéaire (*Note 2*) et non à l'heure,
 - selon les techniques de pieu employées, la fourniture et mise en œuvre du dispositif de maintien de paroi de forage jusqu'à la zone indurée.

Note 1 : ces sondages spécifiques sont généralement des sondages carottés ou sondages destructifs avec enregistrements de paramètres permettant d'avoir une connaissance des épaisseurs des couches et de leur répartition spatiale, associés à des essais de laboratoire permettant d'apprécier leur résistance à la compression, leur abrasivité et leur état de fracturation. Dans certains cas complexes, le pieu de faisabilité réalisé lors de la mission G2 pourra être nécessaire pour caractériser la difficulté et fiabiliser le coût.

Note 2 : un prix au mètre linéaire ne peut correctement se chiffrer qu'avec une description détaillée des horizons indurés, confrontée aux connaissances et expériences locales de l'entreprise. Il sera nécessaire de demander à l'entreprise de préciser dans son offre le calcul du sous-détail d'un tel prix.

Si la présence de ces points durs est en outre irrégulière et aléatoire, ce prix au mètre linéaire peut :

- s'avérer difficile, voire impossible, à évaluer (par exemple, avec le refus aléatoire d'un tube de travail dont la longueur hors sol deviendrait incompatible avec l'outillage disponible, imposant de travailler avec des tubes de longueurs différentes) ;
- conduire à des solutions de coût disproportionné (par exemple, abandonner une solution de type tarière creuse pour un risque très ponctuel).

Difficulté de réalisation du forage en présence de vestiges ou d'horizons indurés

La difficulté de forer certaines couches indurées n'est pas imputable exclusivement à une compacité de sols trop importante mais peut aussi être liée à :

- **une puissance insuffisante de la machine** (cf. § 3.1.2 du fascicule 3 « Exécution du forage des pieux forés de classes 1 et 2 ») ;
- **des types d'outils inadaptés** (cf. § 3.2.2 et 3.2.3 du fascicule 3) ;
- **un savoir-faire du foreur insuffisant.**

À contrario, **une facilité apparente de forage n'est pas synonyme d'absence d'horizon compact**, par exemple, parce que certains rochers se délitent plus facilement sous l'action des tarières, alors qu'un trépan aurait une efficacité bien moindre.

Justifications du caractère imprévisible en présence de vestiges ou d'horizons indurés

Il n'est pas recommandé de justifier l'application de prix spécifiques par le rendement des outils, car la difficulté de foration peut avoir plusieurs origines (cf. ci-avant « Difficultés de réalisation du forage en présence de vestiges ou d'horizons indurés »).

Pour juger de ce qui relève de l'aléa, le pieu de faisabilité (*Note*) réalisé en présence du géotechnicien est un point de comparaison bien utile.

Lors du forage, une certaine disparité entre le terrain en place et les terrains attendus est généralement rencontrée ; le caractère imprévisible peut être apprécié dans le cas de modifications significatives, comme celle de :

- la profondeur d'horizons indurés qui obligerait à modifier les moyens prédéfinis, par exemple, l'impossibilité d'utiliser un BRH ou une purge à la pelle mécanique, ou un dispositif de maintien de paroi de forage rendu inadapté ;
- l'occurrence d'apparition des vestiges ou d'horizons indurés : par exemple, des blocs rencontrés de manière significativement plus importante que ne le laissait supposer le dossier géotechnique préliminaire ;
- la dureté des vestiges ou des horizons indurés ; ce point porte surtout sur le cas de vestiges mal décrits préalablement (béton plutôt que brique, béton armé plutôt que béton maigre).

Note : le pieu de faisabilité (cf. § 4.2) peut ne pas être probant pour définir le caractère imprévisible de l'aléa ; dans ce cas, il pourrait être approprié de réaliser des essais in situ complémentaires afin de :

- les comparer aux résultats des précédentes investigations ;
- délimiter spatialement l'étendue de l'aléa.

Les informations provenant de la mission G4 – Supervision géotechnique d'exécution (selon la norme NF P94-500) peuvent aider à la prise de décision.

4.6 - RÈGLEMENT DES ADAPTATIONS/MODIFICATIONS JUGÉES IMPRÉVISIBLES

La responsabilité des entreprises

Sur la base des éléments constitutifs du dossier de consultation des entreprises (DCE), l'entreprise a la responsabilité de proposer :

- une méthodologie d'exécution des pieux ;
- un prix associé répondant aux différentes contraintes du projet (*Notes 1 et 2*).

Note 1 : les entreprises qui ne tiennent pas compte des mises en garde documentées⁽⁴²⁾ du géotechnicien ou des résultats de reconnaissances explicites ne peuvent prétendre ensuite au caractère imprévisible de certaines situations pour prétendre à une rémunération complémentaire. À fortiori, une entreprise générale sous-traitant les travaux de fondations ne doit pas tenter de minimiser cet aléa (non-transparence), notamment pour obtenir des conditions financières plus favorables, sous peine de nuire au bon déroulement du chantier.

Note 2 : la méthodologie d'exécution des pieux proposée par l'entreprise peut être la solution de base proposée dans le marché ou une solution variante, auquel cas il est recommandé que les limites d'utilisation soient définies.

Différentes situations de litiges

Le traitement de ces litiges correspond généralement aux situations suivantes :

- **dépassement des quantités** prévues au marché sans remettre en cause la méthodologie d'exécution en raison de la réalité du sol (*Note 1*).
=> le quantitatif est réactualisé et peut alors générer une augmentation du montant sans passer par une réclamation de l'entreprise. L'entreprise a alors la responsabilité d'avertir régulièrement le maître d'œuvre de l'évolution des quantités pour s'assurer de son accord explicite ;

42. Mises en garde étayées par des observations, essais et par une expérience comparable précise apparaissant dans les rapports géotechniques inhérents aux missions G2 phase DCE et antérieures au sens de la norme NF P94-500 et non pour les mises en garde formulées au stade de l'ACT ou de la mission G4.

- **modification des conditions d'exécution contractuelle** (technique de foration, maintien des parois...) **en raison de faits extérieurs** comme un sol différent de celui mis en évidence par les études géotechniques fournies dans le cadre du marché.
=> des travaux complémentaires et/ou une mise à jour de la méthodologie d'exécution doivent être ordonnés à l'entreprise avec les prix provisoires correspondants (*Note 2*) et, par la suite, par des prix définitifs selon un avenant ;
- **conformité du sol à ce qui était normalement prévisible contestée par l'entreprise** et l'entreprise demande une indemnité pour non-adéquation du prix remis avec la réalité (baisse de cadence, usure des outils, non-récupération des tubes de travail, changement du procédé de maintien des parois, surconsommations anormales de béton ou de fluide stabilisateur...) par rapport à ce qu'elle avait prévu.
=> cela débouche sur une procédure de réclamation.

Note 1 : il s'agit notamment :

- **de l'utilisation d'outils spéciaux** dont l'utilisation a été prévue en prix pour mémoire dans le bordereau des prix ;
- **d'un allongement de pieux** pour atteindre un horizon d'ancrage sans remise en cause de la méthode d'exécution.

Note 2 : pour les travaux complémentaires et/ou la mise à jour de la méthodologie, des prix provisoires sont proposés par l'entreprise.

Gestion des litiges

Le règlement des problèmes, dans un premier temps « techniques » et bien souvent dans un deuxième temps « contractuels et financiers », est à considérer de manière spécifique pour chacun des projets au regard des éléments constitutifs du marché, en s'attachant à déterminer le caractère imprévisible des incidents.

Il est bien entendu **préférable de trouver un consensus entre le maître d'ouvrage et l'entreprise** pour permettre une mise en œuvre rapide des travaux complémentaires. **En l'absence d'accord et s'il est décidé à poursuivre les travaux**, il est conseillé que les différents acteurs effectuent des constats contradictoires sur les sujets en discussion.

CHAPITRE 5

Documents à fournir après exécution

5. DOCUMENTS À FOURNIR APRÈS EXÉCUTION

5.1 - COMPTE-RENDU DE CHANTIER ET ENREGISTREMENTS

Contenu du compte-rendu de chantier

Ce compte-rendu doit être conforme au chapitre 10 de la norme NF EN 1536+A1 ; les renseignements qu'il comporte, ainsi que le délai de présentation doivent faire l'objet d'un accord avant le début des travaux. Il doit comprendre par pieu :

- **les informations générales sur le pieu :**
 - les dimensions,
 - la méthodologie d'exécution ;
- **toutes les observations ou écarts vis-à-vis de :**
 - la procédure d'exécution,
 - la nature des terrains attendus.

Les conclusions à fournir par l'entreprise

Les comptes-rendus de chantier donnent des renseignements sur l'exécution des pieux et signalent tous les écarts ou anomalies constatés lors de cette exécution.

Délais et fréquence de transmission du compte-rendu de chantier

Les comptes-rendus de chantier doivent être fournis régulièrement, généralement au rythme hebdomadaire, sans attendre la remise du dossier d'ouvrage exécuté (DOE). Pour des questions de transmission d'information, il est conseillé que ces documents soient complétés et transmis à **un rythme cohérent avec la production** : le délai de remise des documents doit être **le plus court possible** pour permettre aux différents acteurs du projet de contrôler la bonne exécution des pieux avant que les étapes ultérieures aux pieux ne soient trop avancées. **La périodicité de rendus électroniques** (et notamment pour les enregistrements des pieux à la tarière creuse – *Note*) est de l'ordre de la semaine pour permettre une réaction de l'entrepreneur et des contrôleurs.

Note : ce qui ne dispense pas d'une analyse journalière des pieux exécutés, par le responsable de la mission G3 – Suivi géotechnique d'exécution.

Documents utiles au maître d'œuvre

Il est conseillé au maître d'œuvre de :

- **réclamer une copie des journaux de chantier** qui doivent permettre d'obtenir tous les renseignements et événements relatifs au chantier ;
- **demander les bons de béton**, notamment lorsque des surconsommations anormales ont été détectées ou que des événements particuliers l'imposent.

5.2 - RÉCEPTION ET PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES DE CONSERVATION DES PIEUX

Il n'est pas courant d'effectuer une réception des pieux avant construction des superstructures, en raison :

- du fait que les pieux sont enfouis dans le sol et donc non visibles, ils semblent à l'abri d'agressions ultérieures qui peuvent survenir durant la construction. Pourtant un pieu reste un ouvrage fragile qui doit faire l'objet d'une vigilance particulière de la part des différents intervenants du projet ;
- d'autre part, du fait qu'à la fin de leur réalisation, les pieux ne sont pas encore chargés puisque aucun ouvrage n'est encore construit au-dessus.

Dans la plupart des cas, la réception des fondations a lieu avec celle de l'ouvrage porté par ces fondations, permettant ainsi de vérifier que les pieux n'ont pas subi de dommages pendant la fin des opérations de construction et qu'ils peuvent porter l'ouvrage construit.

En cas de détérioration d'un pieu, la recherche des causes et de l'entreprise fautive est bien souvent une tâche compliquée. Il est conseillé de sensibiliser préalablement chaque intervenant du chantier, notamment lors de la réalisation de tâches critiques, comme :

- les opérations de terrassements et de piquetage des pieux visant à leur recépage qui doivent être effectuées selon des dispositions particulières pour ne pas entraîner de fissurations internes au pieu ;
- les circulations d'engins qui doivent s'effectuer à une distance suffisante des pieux et peuvent nécessiter la protection des têtes de pieux ;
- les opérations de terrassement, d'enlèvement ou d'apport de terre à proximité des pieux, qui peuvent conduire, suite à leur instabilité ou à un apport de charge, à fissurer les pieux.

Une attention encore plus importante doit être accordée pour les pieux non ferrailés.

5.3 - DOSSIER DES OUVRAGES EXÉCUTÉS (DOE)

Contenu du Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)

En fin d'exécution, l'entreprise établit le dossier des ouvrages exécutés (DOE) contenant (*Note*) :

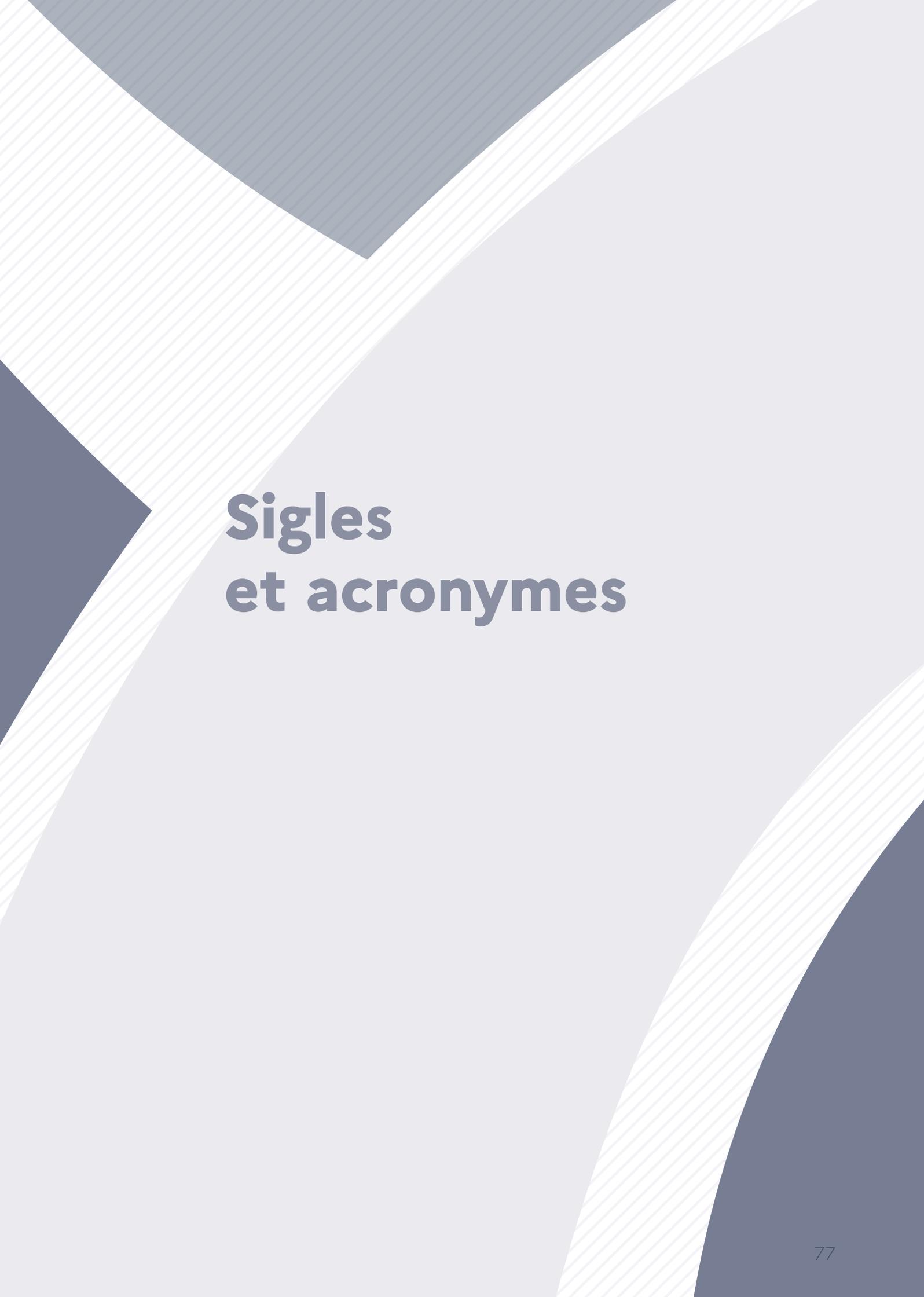
- les comptes-rendus d'exécution des pieux ;
- les plans et notes de calcul des fondations ;
- le plan de récolement des pieux, indiquant l'implantation réelle du pieu (et les excentrement par rapport à leur position théorique) et l'altimétrie des arases hautes et basses du pieu et de ses armatures ;
- les fiches de réception des matériaux ;
- les documents relatifs au suivi de la qualité, regroupant :
 - l'ensemble des essais de contrôle réalisés sur les pieux et les matériaux,
 - les fiches de non-conformité et les documents relatifs à leur traitement ;
- les documents relatifs au respect de l'environnement : bordereau de suivi de déchets (BSD)...
- pour les pieux à la tarière creuse, les enregistrements graphiques des paramètres de forage et de bétonnage des pieux.

Note : pour certains documents fournis durant les travaux, le DOE peut n'inclure qu'un document de synthèse collectant les principales informations.

Diffusion du Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)

La diffusion est définie par le maître d'ouvrage dans le contrat de l'entreprise.





Sigles et acronymes

SIGLES ET ACRONYMES

AAPC	Avis d'appel public à la concurrence
AEnv	Autorisation environnementale
AEP	Alimentation en eau potable
AIPR	Autorisation d'intervention à proximité des réseaux
AMO	Assistant maître d'ouvrage
AOR	Assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception
BPU	Bordereau de prix unitaires
BET	Bureau d'études techniques
BSD	Bordereau de suivi des déchets
BSDA	Bordereau de suivi des déchets d'amiante
BSDD	Bordereau de suivi des déchets dangereux
CACES	Certificat d'aptitude à la conduite en sécurité
CCAG	Cahiers des clauses administratives générales
CCAP	Cahier des clauses administratives particulières
CC1, CC2, CC3	Classes de conséquence (définies dans le § 2.1 de ce fascicule ou dans le tableau AN.2 (NF) de l'annexe nationale à la norme NF EN 1997-1/NA)
CCH	Code de la construction et de l'habitation
CCS	Cahier des clauses spéciales
CCTG	Cahier des clauses techniques générales
CCTP	Cahier des clauses techniques particulières
COP	Conducteur d'opération
CSPS	Coordination sécurité et protection de la santé
DCE	Dossier de consultation des entreprises
DET	Direction de l'exécution du ou des contrats de travaux
DPGF	Décomposition du prix global et forfaitaire
DICT	Déclaration d'intention de commencement de travaux
DQE	Détail quantitatif estimatif
DOE	Dossier des ouvrages exécutés
DT	Déclaration de travaux
DTU	Document technique unifié
EXE	Études d'exécution
G1, G2, G3, G4	Font référence aux missions géotechniques selon la norme NF P94-500 : – G1 Étude géotechnique préalable – G2 Étude géotechnique de conception – G3 Étude et suivi géotechniques d'exécution – G4 Supervision géotechnique d'exécution – G5 Diagnostic géotechnique

G2 phase AVP/PRO/DCE/ACT	Mission géotechnique G2 – Étude géotechnique de conception avec une phase Avant-projet/Projet/Dossier de consultation des entreprises/Assistance pour l'établissement des contrats de travaux
GTR	Guide des terrassements routiers
ICPE	Installations classées pour la protection de l'environnement
ISDD	Installation de stockage de déchets dangereux
ISDI	Installation de stockage de déchets inertes
ISDND	Installation de stockage de déchets non dangereux
MOA	Maître d'ouvrage
MOD	Maître d'ouvrage délégué
MOE	Maître d'œuvre
NRE	Notice de respect de l'environnement
OPC	Ordonnancement, pilotage et coordination
OPPBTP	Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux public
PIC	Plan d'installation de chantier
PAQ	Plan d'assurance qualité
PGCSPS	Plan général de coordination sécurité et protection de la santé
PPP	Partenariat public-privé
PPSPS	Plan particulier de sécurité et de protection de la santé
PQ	Plan qualité
PRE	Plan de respect de l'environnement
RC	Règlement de consultation
SDQ	Schéma directeur de la qualité
SOGED	Schéma d'organisation et de gestion des déchets
SOSED	Schéma d'organisation et de suivi de l'élimination des déchets
SOPAQ	Schéma organisationnel du plan d'assurance qualité
SOPRE	Schéma d'organisation du plan de respect de l'environnement
SPS	Sécurité et de protection de la santé
VISA	Visa des études d'exécution
VRD	Voirie et réseaux divers
ZIG	Zone d'influence géotechnique

Annexes

ANNEXES

ANNEXE 2.1 - EXEMPLES DE CONTENU DU PLAN GÉNÉRAL DE COORDINATION SPS (PGCSPS)

Tableau 2.4 : Exemples de contenu du plan général de coordination SPS (PGCSPS)
(⚠ ce contenu peut être amené à être modifié en fonction des évolutions réglementaires)

Objectifs	Exemples d'actions/de préventions pouvant être décrites dans le PGCSPS
Signalisation du chantier – Reconnaissance des abords	
Assurer la sécurité des personnes et des biens aux abords du chantier.	Dispositions retenues pour assurer la maintenance des immeubles et constructions riveraines. Constats faits ou à faire (pose de témoins, référé préventif – cf. § 1.1 « L'organisation et les différents intervenants »). Dispositions retenues pour assurer la signalisation et la clôture du chantier de jour comme de nuit.
Préparation du chantier	
Aménagement des zones de circulation, de stockage et de travail	
Permettre au personnel, engins et véhicules d'accéder au poste de travail dans des conditions satisfaisantes.	Définitions des accès chantier, de la signalisation interne...
Limiter les risques d'accidents dus à l'existence connue ou non de câbles et canalisations enterrés.	Respect des implantations de réseaux identifiées lors des DICT. Définitions des plans de déviation des conduites, si nécessaire. Définition de la conduite à tenir en cas d'incident.
Éliminer toute possibilité de contact accidentel du matériel avec les lignes aériennes électriques sous tension.	Repérage des lignes existantes. Indications sur les gabarits ou autres protections réalisées ou à réaliser.
Amenée, montage et repliement du matériel	
Éviter les accidents et incidents en cours de transport.	Dispositions pour les transports exceptionnels (cf. chapitre 8 du fascicule 5 « Les armatures des pieux forés »).
Assurer le montage correct des installations de toutes sortes.	Fourniture des modes opératoires (utilisation, éventuellement montage/démontage) des engins, assurer la stabilité des installations (par exemple, pour éviter la chute de machine d'exécution de pieux – Figure 2.8 dans le § 3.2).
Prévenir les risques d'électrisation.	Positionnement des zones de sécurité et des signalisations. Description du matériel électrique.
Prévenir les risques d'incendie.	Informations sur les moyens d'extinction et les consignes édictées (alerte, intervention avec les extincteurs, périmètre de sécurité et évacuation).
Aménagement des lieux de stockage	
Assurer la stabilité, la conservation et la reprise aisée des éléments stockés.	Définitions des différents lieux de stockage.
Éliminer les surcharges en bordure de fouille.	Définition des emplacements et du mode de stockage des déblais, de leur mode de chargement et d'évacuation.
Prévenir les risques d'incendie et d'explosion.	Description des installations de stockage de liquides et gaz inflammables.

Utilisation des matériels, engins et véhicules de chantier	
Éliminer les collisions et les heurts dus à l'utilisation de véhicules et d'engins : <ul style="list-style-type: none"> • éviter le heurt d'un piéton par un engin ou véhicule ; • éviter les collisions entre engins, autres véhicules... 	Dispositions prises pour le guidage des camions. PIC définissant les circulations d'engins, les circulations piétons et les règles de priorité. Consignes de balisage. EPI de visibilité obligatoires...
Prévenir les accidents pouvant survenir en cours de manutention : <ul style="list-style-type: none"> • empêcher le renversement des engins utilisés pour le levage des charges ; • empêcher la retombée de la charge ; • protéger les zones exposées aux risques de chute d'objet. 	Habilitations ou CACES adaptés des grutiers, élingueurs... Vérification à jour des matériels de levage. Énoncé des dispositions prises et des consignes particulières concernant : <ul style="list-style-type: none"> • le levage des charges (dispositifs de sécurité, l'examen des câbles soumis à des sollicitations particulières, éviter les effets de balancement des charges...); • le matériel de levage, les modes d'accrochage des charges, les modes de mise en place (cages d'armature...) (cf. chapitres 8 et 9 du fascicule 5) ; • le balisage des zones dangereuses.
Éviter le renversement des engins et/ou la rupture d'organe ou de matériels de levage. Éliminer les risques, dont ceux de chute, liés aux organes ou objets en mouvement.	Dispositions pour les conduites et les raccords (par exemple, utilisation d'estrope – cf. figure 4.21 dans le § 4.1.1.1 du fascicule 4 « Le bétonnage des pieux forés »).
Prévenir les autres accidents de toute nature.	Énoncé des dispositions prises et des consignes particulières concernant l'entretien des matériels, installations, engins et véhicules.
Aménagement des postes de travail	
Prévenir les accidents aux pieds et aux mains. Assurer la protection du personnel contre les piqûres, coupures, brûlures, projections diverses...	Liste des équipements individuels de protection (gants, articles chaussants, vêtements de travail, casques, équipements des soudeurs...).
Prévenir les chutes de plain-pied.	Dispositions retenues pour maintenir le chantier en bon état de propreté, et pour matérialiser l'implantation des pieux.
Prévenir les chutes de hauteur. Éliminer les risques de noyade.	Définition des protections collectives en bordure de fouilles, de puits... Définition des accès, des protections permanentes et des consignes et équipements individuels pour tout poste de travail en élévation ainsi que pour tout travail sur l'eau.
Sécurité du personnel lié à la protection de l'environnement	
Éviter les désordres dans les constructions voisines existantes.	Mesures de conservation prises.
Éviter tout éboulement de terre.	Dispositions prises pour assurer la tenue des parois des fouilles et puits.
Éviter les accidents de toute nature (fondations existantes non conformes aux prévisions, présence de câbles et canalisations non prévues, émanation de gaz, présence d'eau...).	Définition de la conduite à tenir en cas d'incident.

ANNEXE 2.2 - DOCUMENT DE RÉFÉRENCE POUR AIDE À LA RÉDACTION DE BORDEREAU DES PRIX UNITAIRES

Le Tableau 2.5 est un exemple de rédaction pouvant servir à l'établissement d'un bordereau des prix de marché public, il convient de l'adapter pour des marchés privés.

En colonne de droite sont présentés les articles pouvant faire référence pour les ouvrages de génie civil pour les marchés publics.

Certains commentaires à l'intention du rédacteur sont indiqués par cette couleur de texte.

En cas de barrette, certains items devront être adaptés.

Tableau 2.5 : Exemple de bordereau de prix

 cette couleur de texte est utilisée pour les commentaires à l'intention du rédacteur

Définition des prix hors taxes en Euros exprimés en toutes lettres Prix par ml/m ² /kg/kWh/Ft (HT)	
1. Contrôle intérieur	
Mention à faire figurer en tête du bordereau des prix :	
Les actions de contrôle intérieur sont précisées par le titulaire dans la note d'organisation générale du plan qualité (cf. clause 4.2.2.1 du Fascicule 65 du CCTG). Elles ne font pas l'objet d'une rémunération spécifique au bordereau des prix mais sont rémunérées implicitement par l'application des prix du bordereau (*).	
Par exception, la fabrication d'éléments témoins (pieu de faisabilité ou pieu d'essai hors ouvrage, par exemple) est prise en compte par application des prix courants du marché.	
<i>Le contrôle intérieur comprend les contrôles internes et externes (cf. Figure 2.3 dans le § 2.9 du présent fascicule).</i>	
<i>(*) Dans ce cas, les pièces techniques du marché précisent les éléments inclus dans la prestation de contrôle intérieur et notamment :</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • la fourniture du béton entrant dans les éprouvettes pour le contrôle intérieur ainsi que la fourniture des moules, la fabrication, le transport, la conservation et les essais de ces éprouvettes sont aux frais et à la charge du titulaire ; • pour les éprouvettes utilisées pour le contrôle extérieur, seule la fourniture du béton est à la charge du titulaire. 	
<i>La rémunération implicite couvre par exemple :</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • les épreuves d'étude ; • les épreuves et les pieux de convenance qui relèvent du contrôle intérieur ; • la partie des épreuves d'information et de surveillance permettant de donner l'assurance que le pieu mis en œuvre a bien la qualité requise ; • le laboratoire de chantier lui-même, lorsqu'il y a lieu, et son équipement, font partie des installations de chantier. 	

2. Études des ouvrages provisoires et définitifs

Les études des ouvrages comprennent les prestations définies aux clauses 28a⁽⁴³⁾ et 29⁽⁴⁴⁾ du cahier des clauses administratives générales des marchés publics de travaux (CCAG-Travaux), à la clause 4.2.1.2 du Fascicule 65 du CCTG et aux pièces particulières du marché.

Fasc. 65
(clause D1.2
et § 4.2.1.2)

Fasc. 68
(clauses 1.3
et 1.4)

Les études des ouvrages rémunérées au forfait comprennent :

- le programme des études d'exécution ;
- la réalisation de tous les plans de coffrage, de ferrailage, de précontrainte ou autres nécessaires à la réalisation de l'intégralité de l'ouvrage, décomposés par phases successives d'exécution s'il y a lieu ;
- la réalisation de l'ensemble des notes de calcul justifiant ces plans, groupées le cas échéant par partie et/ou phases successives ;
- les plans et notes de calcul nécessaires à la définition et à la construction des ouvrages provisoires (*) ;
- les études définies à l'article intitulé « Justifications relatives aux constructions avoisinantes » du chapitre 2 du CCTP.

Les études des ouvrages comprennent également la mission d'ingénierie géotechnique de niveau G3 (Étude et suivi géotechniques d'exécution) des ouvrages provisoires et définitifs selon la norme NF P94-500, ainsi que les différentes reconnaissances et suivis nécessaires à cette mission (**).

Les études des ouvrages ne comprennent pas les études dites « de méthodes » (programme d'exécution, notes de calcul et plans « méthodes », procédures d'exécution...) qui sont réputées être incluses dans les autres prix.

Les études d'ouvrages définitifs constituent un ensemble. Elles font l'objet, au bordereau des prix, d'une rémunération forfaitaire.

Elles sont réglées en trois fractions :

- 25 % à la fin de la période de préparation des travaux sous réserve que toutes les études demandées au marché pour cette période aient été fournies en temps utile (dans le cas contraire, le règlement sera effectué en même temps que la fraction définie ci-après) ;
- 45 % après visa par le maître d'œuvre de tous les plans d'exécution et notes de calcul ;
- 30 % après acceptation du dossier des ouvrages exécutés.

Le forfait :

Le bordereau des prix peut fixer des forfaits élémentaires correspondant à chaque ouvrage, ou partie d'ouvrage, ou lot (cas des ouvrages métalliques).

Le mode de rémunération en trois fractions proposé peut être modifié et défini au cas par cas.

() Les études des ouvrages provisoires sont en général incluses dans ce prix. Si elles font l'objet d'une rémunération particulière, prévoir un prix spécifique.*

*(**) Rappel, la mission G3 selon la norme NF P94-500, est une mission d'ingénierie. Si un besoin fort de reconnaissances ou de suivi est identifié dès la phase DCE, il est préférable de prévoir un prix spécifique au bordereau des prix et des précisions dans les pièces techniques.*

43. Clause 28 du CCAG : « Préparation des travaux ».

44. Clause 29 du CCAG : « Études d'exécution ».

3. Installation de chantier	
3.1. Installation générale et repliement des chantiers	
<p>La prestation « installation générale et repliement des chantiers » comprend l'amenée, le montage en état de fonctionnement, la mise à disposition, l'entretien, le démontage et le repli en fin de chantier de toutes les installations afférentes aux travaux, ainsi que la remise en état des lieux.</p> <p>Les installations de chantier comprennent les prestations prévues aux clauses 31⁽⁴⁵⁾ et 37⁽⁴⁶⁾ du CCAG Travaux, à la clause 4.2.1.1.4 du Fascicule 65 du CCTG et aux pièces particulières du marché.</p> <p>Les installations de chantier et leur repliement font l'objet de prix forfaitaires dont l'échelonnement de paiement (*) peut être de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 70 % du forfait, après réalisation des installations ; • le solde après démontage, repli du matériel et remise en état des lieux. <p>Le forfait :</p> <p><i>(*) Il est conseillé d'établir un échelonnement, auquel cas le pourcentage affecté à chaque fraction est fixé par le marché en fonction de la nature du chantier. Chacune d'elles pourra faire l'objet de prises en compte échelonnées suivant la durée de l'installation ou du repli.</i></p> <p><i>S'il y a lieu, il est également possible de prévoir des prix distincts d'installation, de repliement et de déplacement sur le chantier.</i></p>	<p>Fasc. 65 (clause D1.1)</p>
3.2. Aménagement des zones de réalisation	
<p>La prestation, rémunérée au forfait ou à l'unité, comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'exécution et l'entretien de la plateforme de travail, et de ses accès quelles que soient les conditions extérieures et climatiques ; • la remise en état des lieux correspondants. <p>On entend par zone de réalisation, un ensemble de fondations implantées dans un périmètre où le déplacement d'un point d'exécution à l'autre n'implique pas de sujétions telles que changement de réseaux, distances importantes entre points, franchissement ou contournement d'obstacles importants.</p> <p>Le forfait ou à l'unité (*) :</p> <p><i>(*) Cette prestation peut également être rémunérée globalement à l'unité de zone, à l'unité de surface, ou plus rarement au mètre cube de terrassement.</i></p>	

45. **Clause 31 du CCAG** : « Installation, organisation, sécurité et hygiène du chantier ».

46. **Clause 37 du CCAG** : « Enlèvement du matériel et des matériaux sans emploi ».

3.3. Installation du matériel d'exécution des pieux forés et barrettes	
<p>Le matériel d'exécution des fondations est l'ensemble du matériel nécessaire à l'exécution des travaux de fondations du projet, à l'exception des installations de fabrication du béton et de façonnage des armatures (*).</p> <p>Les prestations afférentes à l'installation de ce matériel rémunèrent à l'unité :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'aménée et le montage en état de fonctionnement sur la ou les premières zones de réalisation ; • l'entretien de l'ensemble pendant la durée des travaux ; • le déplacement d'une zone de réalisation à une autre (**); • le démontage et repli du matériel. <p>L'unité :</p> <p><i>(*) Lorsqu'elles existent, les installations de fabrication du béton et de façonnage des armatures sont comprises dans les prestations définies au prix 3.1.</i></p> <p><i>Il est conseillé de prévoir des prix différents suivant que ces prestations sont effectuées en site terrestre, aquatique ou en site comportant des sujétions particulières liées notamment au maintien des communications à travers ou à proximité du chantier.</i></p> <p><i>Si le marché le prévoit, il est décomposé en ateliers. On entend par atelier un sous-ensemble de matériels permettant d'exécuter tout ou partie des fondations prévues.</i></p> <p><i>(**) Dans le cas de projets présentant des zones éloignées, il peut être opportun de prévoir un prix spécifique de déplacement d'atelier par zone (voir le prix 3.4).</i></p> <p><i>Dans le cas de chantier de fondations phasées, il est nécessaire de préciser si l'on considère autant d'installations que de phases ou une seule installation pour l'ensemble du chantier.</i></p> <p><i>Lorsque le DCE prévoit des ateliers de natures différentes, il peut être prévu un prix par type d'atelier.</i></p>	
3.4. Déplacement de l'atelier de forage de fondations profondes	
<p>Ce prix rémunère à l'unité, le déplacement d'une zone de réalisation à une autre de l'ensemble du matériel nécessaire à l'exécution des travaux de fondations du projet.</p> <p>La prestation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le déplacement d'une zone à une autre ; • l'éventuel démontage remontage du matériel ; • les éventuels frais de transport. <p>On entend par zone de réalisation un ensemble de fondations implantées dans un périmètre où le déplacement d'un point d'exécution à l'autre n'implique pas de sujétions telles que changement de réseaux, distances importantes entre points, franchissement ou contournement d'obstacles importants.</p> <p>L'unité :</p> <p><i>À utiliser le cas échéant, en complément du prix 3.3.</i></p>	
3.5. Immobilisation du matériel d'exécution des pieux forés et barrettes	
<p>Ce prix rémunère à l'heure, s'il y a lieu, les immobilisations de l'ensemble du matériel d'exécution des travaux de fondations profondes, lors d'arrêts ne résultant ni du fait ni de la faute de l'entrepreneur, seules étant prises en compte les immobilisations supérieures à une demi-journée ouvrable.</p> <p>L'heure :</p> <p><i>Lorsque plusieurs ateliers ou des ateliers de natures différentes sont identifiés au DCE, il peut être prévu un prix par atelier.</i></p>	

4. Exécution des dispositions communes	
4.1. Terrassement des fouilles	
<p>Cette prestation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le terrassement des fouilles ; • l'évacuation des déblais en installations de stockage des déchets adaptées ou en dépôts définis par le marché ; • les reprises éventuelles ; • la préparation du fond de fouille ; • la finition du fond de fouille ; • la protection éventuelle de la fouille ; • la réception du fond de fouille ; • le profilage des parois, des talus et du fond de la fouille, leur protection contre les eaux de surface et l'évacuation de ces eaux. <p>Elle ne comprend pas l'épuisement des eaux.</p> <p>Les prix tiennent compte de la nature et de l'état de consistance des terrains ou de la présence de vestiges, des profondeurs d'extractions, des distances de transport et de la présence d'eau dans la fouille.</p> <p>Cette prestation est rémunérée à l'unité de volume nominale d'excavation mesurée selon les définitions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la surface de base est la plus grande section horizontale ; • la génératrice est verticale ; • le niveau de base est celui du fond de fouille accepté par le maître d'œuvre ; • le niveau supérieur est celui du terrain naturel décapé. Le terrain naturel aura fait l'objet d'un relevé contradictoire avec le maître d'œuvre. <p>Le mètre cube :</p> <p><i>La définition du volume nominal peut être adaptée par le rédacteur (pente de talus, débord de fouille...). Dans le cas de fouille de profondeur importante, il peut être nécessaire de définir une autre pente des talus considérée pour la rémunération (quelle que soit la tenue de la pente de la fouille).</i></p> <p><i>Il peut être nécessaire de définir plusieurs prix selon : le dépôt sur site ou l'évacuation hors du site, le degré de pollution des déblais, la présence de matériaux anthropiques indurés...</i></p> <p><i>Dans le cas où les frais d'épuisement des eaux normalement prévisibles ont une importance relative très faible, le marché précise que ces frais sont compris dans les prix unitaires des terrassements.</i></p>	
4.2. Blindages et étaitements	
<p>Cette prestation comprend la pose, la mise à disposition et l'enlèvement des dispositifs de blindage et d'étaieement.</p> <p>Dans le cas où du matériel de blindage et d'étaieement doit être laissé en place, cette prestation comprend la fourniture, la pose et la mise à disposition de ce matériel.</p> <p>Cette prestation est rémunérée à l'unité de surface blindée.</p> <p>Le mètre carré :</p> <p><i>En ce qui concerne le blindage, il peut être nécessaire de prévoir une rémunération à l'unité de masse pour le métal et à l'unité de volume pour les étaieements non métalliques.</i></p> <p><i>Il peut être nécessaire de définir plusieurs prix selon le type de dispositif, son éventuelle récupération.</i></p> <p><i>Cette prestation porte généralement sur des ouvrages de blindages simples selon la clause 1.9.1.2. du Fascicule 68 du CCTG. Pour des ouvrages de catégorie 2 et 3, des prix spécifiques sont nécessaires.</i></p>	<p>Fasc. 68 (clauses 1.9.1.1 et 1.9.1.6)</p>

4.3. Protection des parois de fouilles	
<p>Cette prestation comprend la fourniture à pied d'œuvre et la mise en place des dispositifs de protection des parois contre l'altération.</p> <p>Cette prestation est rémunérée à l'unité de surface protégée.</p> <p>Le mètre carré :</p>	Fasc. 68 (clause 2.5.3)
4.4. Épuisement des eaux	
<p>La prestation comprend les frais d'épuisement et d'évacuation des eaux de toutes natures et provenances.</p> <p>Cette prestation comprend également :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les mesures destinées à assainir la surface de travail ; • les ouvrages provisoires nécessaires pour l'évacuation des eaux d'épuisement ; • l'installation du matériel d'épuisement, suivant le prix 3.1 ; • le fonctionnement pendant toute la durée de mise à disposition. <p>La prestation est rémunérée au forfait :</p> <p>Le forfait :</p> <p><i>Selon l'ampleur de l'épuisement, il peut être nécessaire de distinguer l'installation, du fonctionnement, l'unité conseillée est alors à :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • l'unité d'installation ; • l'unité de jour ou à l'unité d'énergie consommée (kWh). <p><i>Il est conseillé que les pièces spécifiques du marché définissent un niveau de nappe maximal durant la période de chantier utile à la définition du système d'épuisement.</i></p> <p><i>Des frais complémentaires de rejets peuvent être demandés par certains exploitants.</i></p>	Fasc. 68 (clause 2.5.3)
4.5. Remblaiement des fouilles	
<p>Cette prestation comprend la fourniture, le transport et la mise en œuvre des remblais dans la fouille, y compris son compactage.</p> <p>La nature, les propriétés des matériaux, l'intensité du compactage sont indiqués dans les pièces spécifiques du marché.</p> <p>Cette prestation est rémunérée à l'unité de volume de remblai mis en place.</p> <p>Le mètre cube :</p> <p><i>Il peut être décidé de rémunérer cette prestation au volume théorique sur plan ou de fixer l'éventuelle pente de la fouille remblayée, et de distinguer les remblais provenant de déblais du site ou d'emprunts des remblais provenant d'apports extérieurs.</i></p>	Fasc. 68 (clauses 1.8.2 et 2.4)

5. Matériaux	
5.1. Armatures de béton armé des pieux forés et barrettes	
<p>Ces prix rémunèrent au kilogramme, la fourniture à pied d'œuvre, le stockage, la conservation, le façonnage et la mise en œuvre des armatures de béton armé quelle que soit la nuance (*), y compris le calage, les ligatures, les sujétions liées aux armatures en attente et, le cas échéant, les dispositifs de raccordement (manchons ou soudure).</p> <p>Les quantités rémunérées sont déterminées en prenant en compte les diamètres nominaux et les longueurs figurant sur les plans d'exécution visés par le maître d'œuvre et en attribuant à l'acier la masse volumique de 7 850 kg/m³. Les éléments qui ne participent pas à la résistance des pièces tels que les cadres supports des tubes d'auscultations, les aciers de levage ou de rigidification des armatures... sont rémunérés. Les chutes ne sont pas prises en compte.</p> <p><u>Le kilogramme :</u></p> <p><i>(*) Généralement un prix unique est prévu pour les marchés courants de fondations. Le bordereau des prix peut établir autant de prix que de catégories, types ou nuances d'acier retenus aux pièces particulières du marché (exemple B235C, B500B).</i></p> <p><i><u>Rappel :</u> il est conseillé de prévoir un prix spécifique d'armatures des pieux différent du prix des armatures de l'ouvrage.</i></p>	<p>Fasc. 65 (clause D1.6)</p>
5.2. Béton pour les pieux forés et barrettes	
<p>Ces prix rémunèrent au mètre cube la fourniture et la mise en œuvre des bétons pour fondations profondes. Ils comprennent notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les constituants, la fabrication, le transport et la mise en place dans le respect des stipulations du CCTP ; • toutes les dépenses de matériel nécessaire à la mise en œuvre du béton, tubes plongeurs et autres ; • les frais résultants des épreuves d'études, de convenance et de contrôle définies par le CCTP ; • les sujétions liées à la présence du ferrailage et des tubes de contrôle ; • le cas échéant, toutes sujétions en cas de bétonnage en conditions immergées ; • les dispositions particulières de prises pour assurer la qualité du bétonnage par temps froid ou par temps chaud ; • les consommations de béton supplémentaires nécessaires à la qualité du bétonnage ; • toutes les sujétions liées au site. <p>Les quantités rémunérées sont déterminées, pour chaque élément de fondation, en multipliant sa section transversale – portée sur les plans d'exécution visés par le maître d'œuvre – par la hauteur mesurée entre sa cote de fond de fouille atteinte et sa cote supérieure après recépage.</p> <p><u>Le mètre cube :</u></p> <p><i>Il est conseillé de prévoir autant de prix que de types de béton précisés dans les pièces spécifiques du marché.</i></p>	<p>Fasc. 68 (clauses 3.4.2 et 3.5.4)</p> <p>Fasc. 65 (clause D1.5)</p>

5.3. Tubes perdus, gaines ou chemises⁽⁴⁷⁾	
<p>Cette prestation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la fourniture ; • le façonnage ; • l'assemblage. <p>La mise en œuvre des gaines ou chemises métalliques (*), y compris les éventuels dispositifs de fixation à la cage d'armatures.</p> <p>Les traitements de surface des gaines constituent une prestation supplémentaire (voir le prix 5.4).</p> <p>Cette prestation est rémunérée au kilogramme et définie comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la section transversale de la gaine définie par les plans d'exécutions ; • le niveau du dessous de la semelle de fondation en béton armé coiffant ce pieu défini par les plans d'exécutions ; • le niveau de fond de gaine exécuté, validé par le maître d'œuvre. <p>Le kilogramme :</p> <p><i>Les traitements de surface sont généralement rémunérés par une prestation supplémentaire, à l'unité de surface traitée.</i></p> <p><i>(*) Dans le cas d'une chemise non métallique, il faudra adapter, si besoin, l'unité de rémunération.</i></p>	
5.4. Revêtement de gaines	
<p>Ce prix rémunère au mètre carré, le traitement de surface des gaines conformément aux prescriptions du CCTP.</p> <p>Le mètre carré :</p>	
5.5. Tubes d'auscultations, de carottage ou d'injection	
<p>Cette prestation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la fourniture des tubes, des bouchons d'extrémité et des manchons filetés de raccordement ; • leur façonnage ; • leur mise en place et leur fixation dans les cages d'armature ; • l'auscultation de l'ensemble des tubes d'auscultations installés (*). <p>La prestation inclut l'injection des tubes une fois les auscultations réalisées et les résultats entérinés par le maître d'œuvre.</p> <p>Cette prestation est rémunérée à l'unité de longueur de tube définie par les plans d'exécution visés par le maître d'œuvre.</p> <p>Le mètre :</p> <p><i>Des prix distincts sont prévus pour les tubes d'auscultation (diamètre 50/60) et les tubes de carottage (diamètre 102/114).</i></p> <p><i>(*) Les pièces du marché doivent préciser si le contrôle d'intégrité est réalisé par le contrôle intérieur ou extérieur. S'il est réalisé au titre du contrôle extérieur (généralement le cas pour les chantiers d'ouvrages d'art), supprimer la prestation correspondante dans ce prix.</i></p> <p><i>Si un carottage du fond de pieu est prévu à la charge du titulaire, un prix spécifique est à prévoir.</i></p>	Fasc. 68 (clause 3.4.4)

47. Cf. § 5.1 du fascicule 3 « Exécution du forage des pieux forés de classes 1 et 2 ».

6. Exécution des pieux forés et barrettes	
6.1. Mise en place de l'atelier de forage sur chaque fondation profonde	
<p>Cette prestation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none">• le piquetage complémentaire ;• le positionnement fin de l'atelier de forage ;• le préforage et la fourniture mise en œuvre d'une virole. <p>Dans le cas de barrettes dont la forme complexe nécessite plusieurs déplacements successifs de l'atelier, le positionnement s'entend pour chaque barrette, compte tenu de tous les déplacements et réglages en position nécessaires.</p> <p>Cette prestation est rémunérée à l'unité de fondation.</p> <p><u>L'unité :</u></p>	
6.2. Murettes-guides pour barrettes	
<p>Cette prestation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none">• le terrassement des fouilles nécessaires à la réalisation des murettes ;• l'évacuation des déblais en installations de stockage des déchets adaptés ou en dépôts définis par le marché ;• les reprises éventuelles ;• la réception du fond de fouille ;• l'exécution des murettes-guides ;• la démolition des murettes-guides avec évacuation des gravats en installations de stockage des déchets adaptés ou en dépôts définis par le marché ;• le remblaiement de l'excavation résultant de la démolition jusqu'au niveau de la plateforme de travail, dans les conditions et avec les matériaux définis au marché. <p>Cette prestation est rémunérée à l'unité de longueur de murette-guide exécutée (*) considérée à l'axe de la murette.</p> <p><u>Le mètre :</u></p> <p><i>(*) Cette prestation peut également être rémunérée à l'unité de volume.</i></p>	

6.3. Forage de fondations profondes	
<p>Cette prestation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'exécution de l'excavation ; • les travaux de curage et réception du fond de pieu ; • le maintien des parois à l'aide du procédé afférent au type de pieu ou barrette considéré (*) ; • l'extraction de la virole ; • l'évacuation des déblais en installations de stockage des déchets adaptés ou en dépôts définis par le marché. 	<p>Fasc. 68 (clause 3.5.2)</p>
<p>(*) Selon que les parois soient maintenues par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • un fluide stabilisateur, cette prestation comprend notamment : <ul style="list-style-type: none"> – la confection, la fourniture et l'emploi du fluide de forage nécessaire au maintien des parois, compte tenu des surconsommations normales, – la réserve de fluide stabilisateur immédiatement utilisable définie par les pièces spécifiques (**), – les consommations de fluide stabilisateur considérées comme normale, dans la limite de 1,2 fois le volume théorique de l'excavation, compté depuis le haut des murettes-guides ou virole (***), – l'évacuation des fluides stabilisateurs en installations de stockage des déchets adaptés ou en dépôts définis par le marché ; • un tube récupéré, cette prestation comprend sa mise en œuvre et son extraction ; • un tube perdu, cette prestation comprend sa mise en œuvre mais pas sa fourniture (se référer au prix 5.3). 	<p>Fasc. 68 (clauses 3.4.1 et 3.5.2)</p>
<p>Cette prestation est rémunérée à l'unité de volume nominal de l'excavation, défini comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la section transversale du pieu ou de la barrette définie par les plans d'exécutions ; • le niveau du dessous de la semelle de fondation en béton armé coiffant ce pieu défini par les plans d'exécutions ; • le niveau de fond de pieu exécuté, validé par le maître d'œuvre. 	
<p><u>Le mètre cube :</u></p>	
<p><i>Des prix différents sont prévus en fonction de la nature des terrains lorsque la nécessité d'employer des outils différents est manifeste.</i></p>	
<p><i>Il est également possible de distinguer les prestations en fonction des spécificités du site (aquatique, terrestre, milieux urbains...).</i></p>	
<p><i>(**) Le volume de réserve de fluide stabilisateur immédiatement mobilisable est généralement fixé au moins égal au volume théorique de la plus grande excavation en cours d'exécution.</i></p>	
<p><i>(***) Lorsque les reconnaissances préalables permettent de détecter des anomalies potentielles, par exemple vides naturels de dissolution, cavités artificielles, terrains très ouverts..., le marché définit les mesures éventuelles à mettre en œuvre (produits colmatants, méthode de remblaiement, volume de boue excédentaire disponible...).</i></p>	
<p><i>Les dispositions éventuelles à prendre pour le colmatage de pertes de fluide accidentelles et importantes sont rémunérées par application des prix correspondants si les dispositions ont été prévues par le marché.</i></p>	

6.4. Obstacles ou bancs résistants	
<p>Cette prestation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'utilisation et l'entretien d'outils spéciaux tels que trépan ou carottiers rotatifs nécessaires à la traversée d'obstacle ou bancs résistants ; • toutes sujétions de travaux préparatoires, en cas de rencontre d'obstacles ou de bancs résistants dont la présence est aléatoire ou qui n'ont pu être mis en évidence lors de la reconnaissance des sols. <p>Son exécution est soumise à l'accord du maître d'œuvre.</p> <p>Elle est destinée au franchissement d'obstacles ponctuels ou de bancs de faible épaisseur. Lorsque la reconnaissance géotechnique met en évidence la nécessité d'utiliser ce type d'outils de façon systématique dans un terrain résistant. Les pièces du marché précisent si la prestation correspondante s'inscrit dans le cadre du prix 6.3.</p> <p>Cette prestation est rémunérée en plus-value au prix 6.3, à l'unité de longueur traversée.</p> <p><u>Le mètre linéaire, en plus-value au prix 6.3 :</u></p> <p><i>Il n'est généralement pas conseillé de rémunérer cette prestation au temps passé.</i></p>	
6.5. Recépage	
<p>Cette prestation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le recépage proprement dit ; • l'évacuation des produits de démolition en installations de stockage de déchets adaptés ou en dépôts définis par le marché ; • la reconstitution du fût jusqu'à son niveau théorique lorsque la mauvaise qualité du béton amène à le recéper en dessous de ce niveau ; • toutes sujétions de travaux préparatoires nécessaires à l'opération de recépage. <p>Le recépage jusqu'à un niveau théorique inférieur de plus d'un mètre à celui de la plateforme de travail, ne résultant ni du fait ni de la faute de l'entrepreneur, est considéré comme une prestation supplémentaire.</p> <p>Cette prestation est rémunérée à l'unité de pieu recépi.</p> <p><u>L'unité :</u></p> <p><i>Il est généralement conseillé de prévoir des prix en fonction du diamètre des pieux ou de la section des barrettes.</i></p>	<p>Fasc. 68 (clause 3.5.4.5)</p>

SOURCES

Cahier des clauses administratives générales (CCAG), arrêté du 30 mars 2021 portant approbation du cahier des clauses administratives générales des marchés publics de travaux.

Fascicule 65 du Cahier des clauses techniques générales (CCTG) applicable aux marchés de génie civil – *Exécution des ouvrages de génie civil en béton*, version 1.0, décembre 2017 (paru en mai 2018)

Fascicule 68 du Cahier des clauses techniques générales (CCTG) applicable aux marchés de génie civil – *Exécution des travaux de géotechniques des ouvrages de génie civil*, version 1.0, décembre 2017 (paru en mai 2018)

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

- [2.1] OPPBTP (organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics) La prévention BTP, *PPSPS Plan particulier de sécurité et de protection de la santé*, Référence prévention, 2011.
- [2.2] Oeap (observatoire économique de l'achat public), *Guide d'harmonisation des clauses techniques contractuelles relatives aux documents concernant le management de la qualité et le respect de l'environnement, à fournir par le titulaire d'un marché de travaux*, Groupes d'études des marchés, ouvrages, travaux et maîtrise d'œuvre (GEM OTM), Direction des affaires juridiques, Observatoire économique de l'achat public, version 1.1 du 10 juillet 2014.
- [2.3] Cerema, *Maîtrise du bruit des chantiers de construction des infrastructures de transport terrestres*, 2011.
- [2.4] Cerema (ex-Certu), *Note méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières*, 2005.
- [2.5] *Note du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués – Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007*, le directeur général de la prévention des risques (<https://www.legifrance.gouv.fr/circulaire/id/42093>).
- [2.6] Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM), *Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués*, Direction générale de la prévention des risques, Bureau du sol et du sous-sol, 2017.
- [2.7] Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM), *Introduction à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués*, Direction générale de la prévention des risques, Bureau du sol et du sous-sol, 2017.
- [2.8] Soffons, *Recommandations pour les plateformes de travail des engins de fondations spéciales*, 2022.
- [2.9] Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie d'Île-de-France (DRIEE), *Guide d'orientation – Acceptation des déblais et terres excavées*, 2018 (www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2018_guide_terres_excavees_12_pages.pdf)
- [2.10] Cerema, *Guide de valorisation hors site des terres excavées en technique routière pour des projets d'infrastructure linéaire de transport*, à paraître.
- [2.11] SETRA, *Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – Évaluation environnementale*, Guide méthodologique, 2011.
- [2.12] Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité (IDDRIM), *Guide des terrassements, des remblais et des couches de formes*, 2023.
- [2.13] Fédération française du bâtiment (FFB), *Déchets de chantier. Les réponses aux questions que vous vous posez*, Bâtir pour la planète, 2016.
- [2.14] Fédération française du bâtiment (FFB), *Mieux gérer les déchets de chantier de bâtiment*, Bâtir pour la planète, Environnement & construction durable, 2013.

- [2.15] Fédération française du bâtiment (FFB), *Mieux gérer les déchets de chantier de bâtiment*, Collection Recherche-Développement Métier, 2022.
- [2.16] Ademe, *Déchets des travaux publics*, Fiche technique, 2017.

FASCICULE DU CCTG (CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES GÉNÉRALES)

Fascicule 2 du Cahier des clauses techniques générales (CCTG) applicable aux marchés publics de travaux – Terrassement généraux, mars 2003

Fascicule 65 du Cahier des clauses techniques générales (CCTG) applicable aux marchés de génie civil – *Exécution des ouvrages de génie civil en béton*, version 1.0, décembre 2017 (paru en mai 2018)

Fascicule 68 du Cahier des clauses techniques générales (CCTG) applicable aux marchés de génie civil – *Exécution des travaux de géotechniques des ouvrages de génie civil*, version 1.0, décembre 2017 (paru en mai 2018)

NORMES AFNOR

- FD P94-447-2** Roches – Guides pour le mesurage des vibrations transmises par le terrain lors de travaux géotechniques, 2003
Partie 2 : vibrations induites par les engins mécaniques
- NF DTU 13.2 P1-1** Travaux de bâtiment – Fondations profondes, 2020
Partie 1-1 : éléments relatifs à l'exécution – Cahier des clauses techniques types
- NF DTU 13.2 P1-2** Travaux de bâtiment – Fondations profondes, 2020
Partie 1-2 : critères de choix des matériaux
- NF DTU 13.2 P2** Travaux de bâtiment – Fondations profondes, 2020
Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types
- NF E90-020-1** Vibrations et chocs mécaniques – Méthode de mesurage et d'évaluation, 2015
Partie 1 : mesurages et évaluation des réponses des structures aux vibrations générées par les activités humaines
- NF E90-020-2** Vibrations et chocs mécaniques – Méthode de mesurage et d'évaluation, 2015
Partie 2 : vibrations induites dans les équipements sensibles qui se trouvent sur ou à l'intérieur des structures
- NF E90-020-3** Vibrations et chocs mécaniques – Méthode de mesurage et d'évaluation, 2018
Partie 3 : mesurage et évaluation de l'exposition aux vibrations des individus habitant ou séjournant d'une manière temporaire à l'intérieur d'une construction
- NF EN 1536+A1** Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Pieux forés, 2015
- NF EN 1997-1** Eurocode 7 : calcul géotechnique, 2005
Partie 1 : règles générales
- NF EN 1997-1/NA** Eurocode 7 : calcul géotechnique, 2018
Partie 1 : règles générales – Annexe Nationale à la NF EN 1997-1:2005
- NF EN 1997-2** Eurocode 7 : calcul géotechnique, 2007
Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais

- NF EN ISO 22477-1** Reconnaissance et essais géotechniques – Essais des structures géotechniques, 2018
Partie 1 : essai de pieux : essai de chargement statique en compression
- NF EN ISO 22477-2** Reconnaissance et essais géotechniques – Essais des structures géotechniques, 2023
Partie 2 : essai de pieux : essai de chargement statique en traction
- NF ISO 2631-2** Vibrations et chocs mécaniques – Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps, 2014
Partie 2 : vibrations dans les bâtiments (1 Hz à 80 Hz)
- NF ISO 8569** Vibrations et chocs mécaniques – Mesurage et évaluation des effets des chocs et des vibrations sur les équipements sensibles dans les bâtiments, 1996
- NF P03-001** Marchés privés – Cahiers types – Cahier des clauses administratives générales applicable aux travaux de bâtiment faisant l'objet de marchés privés, 2017
- NF P03-002** Marchés privés – Cahiers types – Cahier des clauses administratives générales applicable aux travaux de génie civil faisant l'objet de marchés privés, 2014
- NF P03-100** Critères généraux pour la contribution du contrôle technique à la prévention des aléas techniques dans le domaine de la construction, 1995
- NF P94-262** Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes, 2012
- NF P94-262 COMPIL1** Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes – Compilation, 2018
- NF P94-500** Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications, 2013
- NF P94-117-3** Sols : reconnaissance et essais – Portance des plates-formes, 2008
Partie 3 : coefficient de réaction de WESTERGAARD sous chargement statique d'une plaque
- NF X31-620-1** Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués, 2021
Partie 1 : exigences générales
- NF X31-620-2** Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués, 2021
Partie 2 : exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle
- NF X31-620-3** Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués, 2021
Partie 3 : exigences dans le domaine des prestations d'ingénierie des travaux de réhabilitation
- NF X31-620-4** Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués, 2021
Partie 4 : exigences dans le domaine des prestations d'exécution des travaux de réhabilitation
- NF X31-620-5** Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués, 2021
Partie 5 : exigences pour la réalisation des attestations de prise en compte des mesures de gestion de la pollution des sols et des eaux souterraines dans la conception des projets de construction ou d'aménagement

- ISO 2631-2 :1989** Vibrations et chocs mécaniques – Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps, 1989
Partie 2 : vibrations dans les bâtiments (1 Hz à 80 Hz)
- ISO 2631-2 :2003** Vibrations et chocs mécaniques – Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps, 2003
Partie 2 : vibrations dans les bâtiments (1 Hz à 80 Hz)
- ISO 4866 :2010** Vibrations et chocs mécaniques – Vibrations des structures fixes – Lignes directrices pour le mesurage des vibrations et l'évaluation de leurs effets sur les structures, 2010
- ISO 10137 :2007** Bases du calcul des constructions – Aptitude au service des bâtiments et des passerelles sous vibrations, 2007



Traduction

Bored piles for civil engineering works and building

Application guide

Since the first issue of this guide dedicated to bored piles in 1978, many changes have occurred affecting both technical aspects and applicable standards. This new issue incorporates these developments to which it is necessary to add the changes relating to public and private procurement.

This new guide deals with the execution in situ with excavation of the ground, class 1 and 2 piles (continuous flight auger piles), or barrette, constituting the deep foundations of both civil engineering works and buildings.

Very widely illustrated with more than 370 figures and several tables, it is intended for professionals. It consists of 7 booklets dealing respectively with generalities on the different types of piles, general aspects of works contracts, the execution of boring, concreting, reinforcements, inspection of finished piles and finally, their defects and their repair.

Pilotes perforados para obras de ingeniería y edificio

Guía de aplicación

Desde la primera edición de esta guía sobre pilotes perforados, publicada en 1978, se han producido muchísimos cambios, tanto en la técnica como en las normas aplicables. Esta nueva edición recoge dichos cambios, así como los relativos a los contratos públicos y privados.

Esta nueva guía trata de la ejecución in situ con excavación del terreno, de pilotes de clase 1 y 2 (barrena hueca continua), o de elementos portantes, que constituyen las cimentaciones profundas tanto de obras de ingeniería civil como de edificios.

Ilustrada con más de 370 figuras y numerosas tablas, va dirigida a un público profesional. Consta de siete entregas que tratan, respectivamente, de información general sobre los distintos tipos de pilotes, los aspectos generales de los contratos de obras, la perforación, el hormigonado, las armaduras, la inspección de los pilotes acabados y, por último, los defectos y reparaciones.

© 2025 - Cerema

LE CEREMA, L'EXPERTISE PUBLIQUE POUR LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET LA COHÉSION DES TERRITOIRES

Le Cerema, Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement, est un établissement public qui apporte son concours à l'État et aux collectivités territoriales pour l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques au service de la transition écologique, de l'adaptation au changement climatique et de la cohésion des territoires. Il porte des missions de recherche & innovation et appuie le transfert d'innovations dans les territoires et auprès des acteurs privés.

Le Cerema agit dans 6 domaines d'activité : Expertise & Ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral. Présent partout en métropole et dans les Outre-mer par ses 27 implantations, il développe une expertise de référence au contact de ses partenaires européens et contribue à diffuser le savoir-faire français à l'international.

Le Cerema capitalise les connaissances et savoir-faire dans ses domaines d'activité. Éditeur, il mène sa mission de centre de ressources en ingénierie par la mise à disposition de près de 3 000 références à retrouver sur www.cerema.fr rubrique nos publications.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (article L.122-4 du Code de la propriété intellectuelle). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et L.335-3 du CPI.

Cet ouvrage a été imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement (norme PEFC) et fabriqué proprement (norme ECF). L'imprimerie Dupliprint est une installation classée pour la protection de l'environnement et respecte les directives européennes en vigueur relatives à l'utilisation d'encre végétales, le recyclage des rognures de papier, le traitement des déchets dangereux par des filières agréées et la réduction des émissions de COV.

Coordination : Direction de la Stratégie et de la Communication / Pôle éditions

Conception de la maquette graphique : Farénis

Mise en page : PAO Concept

Impression : Dupliprint, 733 rue Saint-Léonard 53100 Mayenne

Achévé d'imprimer : mai 2025

Dépôt légal : mai 2025

ISBN : 978-2-37180-708-2 (pdf) - 978-2-37180-709-9 (papier) - ISSN : 2276-0164

Éditions du Cerema

2 rue Antoine Charial - CS 33 927 - 69426 Lyon Cedex 03 - France

www.cerema.fr

LES PIEUX FORÉS

POUR LES OUVRAGES D'ART ET LE BÂTIMENT

GUIDE DE RÉALISATION

Fascicule 2

Aspects généraux des marchés de travaux de pieux et du déroulement du chantier

Depuis la première édition de ce guide consacré aux pieux forés en 1978, de nombreux changements sont intervenus qui concernent aussi bien la technique que les normes applicables. Cette nouvelle édition intègre ces évolutions auxquelles il faut ajouter les changements relatifs aux marchés publics et privés.

Ce nouveau guide traite de l'exécution en place et avec excavation du terrain, des pieux de classes 1 et 2 (tarière creuse continue), ou de barrettes forées, constituant les fondations profondes aussi bien d'ouvrages de génie civil que de bâtiment.

Très largement illustré par plus de 370 figures et de nombreux tableaux, il se destine à un public professionnel. Il est constitué de 7 fascicules traitant respectivement de généralités sur les différents types de pieux, des aspects généraux des marchés de travaux, de l'exécution du forage, du bétonnage, des armatures, des contrôles des pieux finis et enfin, de leurs défauts et de leur réparation.



EXPERTISE & INGÉNIERIE TERRITORIALE | BÂTIMENT | MOBILITÉS
| INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT | ENVIRONNEMENT &
RISQUES | MER & LITTORAL

