

Evaluation du procédé géotechnique

3TER

Nom du procédé	Pieu foré tarière creuse injecté à Events Rotatifs appelé 3TER
Demandeur	Keller Fondations Spéciales Siège Social 2 rue Denis Papin CS 69224 Duttlenheim 67129 Molsheim Cedex

L'évaluation du renouvellement du procédé géotechnique 3TER a été conduite par l'Université Gustave Eiffel et le Cerema et approuvée de manière consensuelle par une commission dont la composition est précisée dans le référentiel relatif à l'évaluation des procédés géotechniques.

Les conclusions sont détaillées en page 2

L'évaluation repose sur :

- la demande de l'entreprise Keller Fondations Spéciales sollicitant l'Université Gustave Eiffel et le Cerema pour un renouvellement du cahier des charges 3TER avec l'engagement que la mise en œuvre du procédé 3TER n'a pas été identifiée comme une source de potentiel de désordres ;
- la liste des chantiers réalisés par Keller Fondations Spéciales sur ces deux dernières années mettant en œuvre le procédé 3TER ;
- l'analyse des performances du procédé géotechnique 3TER dans le cadre d'une mission réalisée par l'Université Gustave Eiffel et le Cerema avec l'appui d'un expert. Les conclusions de cette mission sont consignées dans un rapport d'analyse qui est présenté en annexe 1 ;
- le référentiel pour l'évaluation des procédés géotechniques (version 1 en date du 27/02/2019) ;

Fontenay-sous-Bois, le 5 janvier 2023.

Fabien Szymkiewicz

Université Eiffel /GERS/SRO



Cécile Maurel

Cerema Ile-de-France
Département Géosciences Risques



1. Présentation du procédé

Le procédé 3TER fait partie de la famille des pieux forés à la tarière creuse et injectés au tube plongeur rétractable (anciennement type 3) comportant un dispositif de type actif du groupe 1 selon la définition EPG des pieux à la tarière équipés de tube bétonnage télescopique.

Il est développé par KELLER FONDATIONS SPÉCIALES à partir d'une tarière continue à axe creux modifiée et améliorée tout ou en partie grâce aux principes fondamentaux suivants: le bétonnage est réalisé au moyen d'un tube plongeur télescopique rotatif de 0,80m minimum muni de 2 événements latéraux en partie basse permettant le bétonnage immédiat dès sa sortie. Son positionnement par rapport à la base de la tarière est mesuré et enregistré à tous les stades de l'exécution.

Un enregistrement continu des paramètres en temps réel sous la forme de courbe est aussi mis en œuvre, avec affichage sur un écran devant l'opérateur et transmission instantanée des données sur l'ordinateur du chef de chantier et de l'ingénieur/ conducteur de travaux.

2. Référentiel retenu pour l'évaluation du procédé géotechnique 3TER

Le référentiel retenu pour l'évaluation du procédé géotechnique 3TER comprend :

- l'Eurocode 7 partie 1 avec son annexe nationale française ;
- l'Eurocode 7 partie 2 ;
- la norme NF P 94-262 et son amendement pour l'application nationale de l'Eurocode 7 à la justification des fondations profondes ;
- la norme européenne d'exécution NF EN 1536.

3. Documents

Les documents examinés dans le cadre de la mission confiée à l'Université Gustave Eiffel et au Cerema sont les suivants :

- le cahier des charges du procédé géotechnique 3TER (Edition 4 du 01/01/2023) ;
- la synthèse des divers essais (essais de chargement de pieux, essais de résistance du béton, etc.).

4. Avis

L'Université Gustave Eiffel et le Cerema, sur la base des différents documents examinés et du rapport d'analyse présenté en annexe 1, estiment que le procédé géotechnique 3TER décrit par le cahier des charges du procédé géotechnique 3TER du 01/01/2023 est apte à satisfaire les exigences de fiabilité et de robustesse requis par le référentiel retenu.

Le domaine d'application concerne tous les ouvrages de construction (bâtiments, ouvrages d'art, tours, mâts, cheminées et silos). Dans le cas où l'annexe Q de la norme NF P 94-262 concernant les ponts est rendue obligatoire par le marché, elle reste la référence pour l'ensemble de ses clauses avec une dérogation possible pour le taux de travail du béton (à valider par le Maître d'œuvre en fonction du projet).

5. Validité

La présente évaluation est valable jusqu'au 01/01/2026.

Keller Fondations Spéciales devra informer l'UGE ou le Cerema de tout incident ou désordre provoqué par la mise en œuvre du procédé géotechnique 3TER et de toute modification apportée au procédé durant cette période de validité.

Annexe 1 – Rapport d'analyse du procédé géotechnique 3TER

1. Spécificités du procédé 3TER

Le procédé 3TER déroge aux normes de justification sur deux points essentiels :

- la résistance du béton,
- la résistance géotechnique.

2. Résistance du béton

Trois paramètres du calcul sont modifiés par rapport à la norme NF P 94-262: $C_{\max}=40$ MPa, $k_1=1.05$ et $k_2=1$.

Ces valeurs sont justifiées par l'expérience propre de l'entreprise et par l'écrasement de 73 carottes prélevées in situ sur des pieux 3TER.

L'analyse des données d'essais montre que la valeur f_{ck}^* déduite de la relation habituellement utilisée $f_{ck}^*=\inf(C_{\max}, f_{c28})/(k_1.k_2)$ est toujours dépassée.

Par ailleurs, deux essais de chargement ont été conduits jusqu'à atteindre des contraintes dans le béton supérieures à 18 MPa pour une valeur f_{c28} comprise entre 30 et 40 MPa ce qui démontre la fiabilité du procédé.

3. Résistance géotechnique

Les règles sont modifiées par rapport à la norme NF P 94-262 dans les sables, graviers, argiles et limons, et marnes. Elles reposent sur 28 essais de chargement en vraie grandeur réalisés sur 13 sites.

L'interprétation de ces essais est basée sur les principes décrits par Baguelin et al. (2012) et Burlon et al. (2014) et conduit à des règles permettant de garantir un niveau de fiabilité et de robustesse des pieux mis en œuvre au moins équivalent à celui garanti par la norme NF P 94-262.

Les frottements axiaux unitaires considérés pour la méthode pressiométrique ainsi que ceux considérés pour la méthode pénétrométrique sont supérieurs à ceux de la norme NF P 94-262 : ils dépassent également les limites des seuils définis dans celle-ci. De même, les facteurs de pointe relatifs aux méthodes pressiométriques et pénétrométriques sont supérieurs à ceux de la norme NF P 94-262.

En particulier, le pourcentage de mise en défaut des pieux testés et réalisés avec le procédé 3TER est inférieur au 15 % de la norme NF P 94-262.

4. Utilisation pour les ponts d'ouvrage d'art

Le procédé 3TER répond aux exigences de la section 3.5.2.5 du fascicule 68 du CCTG relatif à l'emploi des tarières creuses pour les ponts d'ouvrage d'art.

Pour ces ouvrages à défaut de dispositions spécifiques indiquées au marché, l'annexe Q de la norme NF P 94-262 s'applique. Une valeur de C_{\max} supérieure à 25 MPa et limitée à 40 MPa, peut toutefois être retenue en cas d'utilisation de béton de caractéristiques appropriées.

Cette valeur doit être validée par le maître d'œuvre en charge de la conception après analyse des éventuels effets sur la souplesse des appuis.

Sauf prescriptions différentes, cette disposition ne permet pas de déroger au § Q.3.4.1.1 de la norme NF P94-262 relatif au diamètre minimaux des pieux exécutés en place.

Dossier Instruit par :

Fabien Szymkiewicz et Samuel Heumez

Université G. Eiffel

Cerema