

## Evaluation du procédé géotechnique

### PIEU INSER

<b>Nom du procédé</b>	<b>Pieu foré injecté au tube plongeur appelé PIEU INSER</b>
<b>Demandeur</b>	<b>Keller Fondations Spéciales Siège Social 2 rue Denis Papin CS 69224 Duttlenheim 67129 Molsheim Cedex</b>

L'évaluation du renouvellement du procédé géotechnique PIEU INSER 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 PIEU INSER avec l'engagement que la mise en œuvre du procédé PIEU INSER 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 PIEU INSER ;
- l'analyse des performances du procédé géotechnique PIEU INSER 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 23 mai 2023.

Fabien Szymkiewicz

Université Eiffel /GERS/SRO



Cécile Maurel

Cerema Ile-de-France  
Département Géosciences Risques



## 1. Présentation du procédé

Le PIEU INSER® rentre dans la classe des pieux vissés moulés dans le sol réalisés par refoulement, sans extraction de sol et sans vibration. Un outil spécifique de conception et de fabrication propre à l'entreprise Keller est utilisé.

L'outil du PIEU INSER® est fixé à l'extrémité du tube de rallonge. Il est hélicoïdal selon un sens inversé à partir d'une partie centrale tronconique. L'effet est double :

- lors de la descente de l'outil, le sol qui remonte par la pale hélicoïdale inférieure est refoulé par la partie centrale lisse et tronconique ;
- à l'inverse, lors de la remontée, le sens de rotation reste identique et le sol est refoulé cette fois-ci par l'intermédiaire des pales supérieures et de la partie centrale.

L'extrémité de l'outil est équipée d'un clapet, de dents plates ou de picots et d'un ergot fixe dont l'extrémité dépasse le diamètre nominal de l'outil.

## 2. Référentiel retenu pour l'évaluation du procédé géotechnique PIEU INSER

Le référentiel retenu pour l'évaluation du procédé géotechnique PIEU INSER 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 12699.

## 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 PIEU INSER (Edition 5 du 27/04/2023) ;
- la synthèse des divers essais (essais de chargement de pieux, essais de résistance du béton, etc.), version 2023 ;
- l'attestation de sinistralité SMA BTP.
- la liste des références PIEU INSER des trois dernières années,
- l'avis de l'expert mandaté par Keller Fondations Spéciales pour l'accompagner sur ce sujet, et daté du 30 mars 2023.

## 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 PIEU INSER décrit par le cahier des charges du procédé géotechnique PIEU INSER du 15/03/2023 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 30 mai 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 PIEU INSER et de toute modification apportée au procédé durant cette période de validité.

## **Annexe 1 – Rapport d'analyse du procédé géotechnique PIEU INSER**

### **1. Spécificités du procédé PIEU INSER**

Le procédé PIEU INSER 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,  $k_1=1.1$  et  $k_2=1$ .

Ces valeurs sont justifiées par l'expérience propre de l'entreprise et par l'écrasement de 61 carottes prélevées in situ sur 16 pieux PIEU INSER dans 4 types de sols différents.

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.

### **3. Résistance géotechnique**

Les règles sont modifiées par rapport à la norme NF P 94-262 dans les sables, graviers, argiles et limons, craie et marnes. Elles reposent sur 32 essais de chargement en vraie grandeur réalisés sur 12 sites.

Les essais réalisés et l'expérience acquise par l'entreprise aboutit aux valeurs proposées dans le cahier des charges.

Les capacités portantes mesurées sont bien supérieures à celles calculées par les paramètres de la norme NF P 94-262 et les augmentations des paramètres de portance sont modérées.

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 PIEU INSER est inférieur au 15 % de la norme NF P 94-262.

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

Le procédé PIEU INSER 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

Université G. Eiffel