



BREVET EUROPÉEN  
N. EP4004293

# ROBOPILE®

MICROPIEUX ENFONCÉS PAR PRESSION  
POUR FONDATIONS ET CHAUSSÉES

 **GEOSEC**  
GROUND ENGINEERING

# ROBOPILE®

DISPOSITIF À HAUTE  
AUTOMATISATION  
INDUSTRIELLE  
POUR L'INSTALLATION  
DE MICROPIEUX  
EN ACIER

# Avant-propos



**ROBOPILE®** est la dernière frontière technologique dans l'installation de micropieux en acier pour les fondations profondes des bâtiments et des chaussées.

L'application industrielle est destinée aussi bien aux travaux neufs et de grande envergure qu'aux bâtiments et infrastructures déjà existants.

**ROBOPILE®** est une technologie brevetée moderne et à haute automatisation industrielle pour le secteur

de référence. La seule du genre jamais réalisée auparavant et conçue pour :

- améliorer l'efficacité de l'application et de la pose en consolidation avec des micropieux en acier (plus de 80 pieux / jour pour un diamètre minimum de 76 mm - plus de 60 pieux / jour pour un diamètre maximal de 152 mm) ;
- améliorer les conditions de sécurité du chantier en réduisant significativement les activités de manutention manuelle à bord des machines.



# Le problème géotechnique



Les micropieux sont actuellement utilisés dans deux applications principales : comme éléments de structure et comme éléments de consolidation et de renforcement des sols.

Les cas d'usage des micropieux comme éléments de structure sont: les fondations de nouvelles structures, les pieux de fondation, les améliorations statiques d'anciennes structures situées dans les zones sismiques, la protection contre l'érosion et les travaux de soutènement du sol. En tant qu'éléments de consolidation du sol, les micropieux sont utilisés pour la stabilisation des pentes, pour réduire l'affaissement et améliorer la stabilité structurelle des œuvres existantes. Le domaine d'application de cette technique s'est donc élargi et elle peut répondre à un large éventail de besoins.

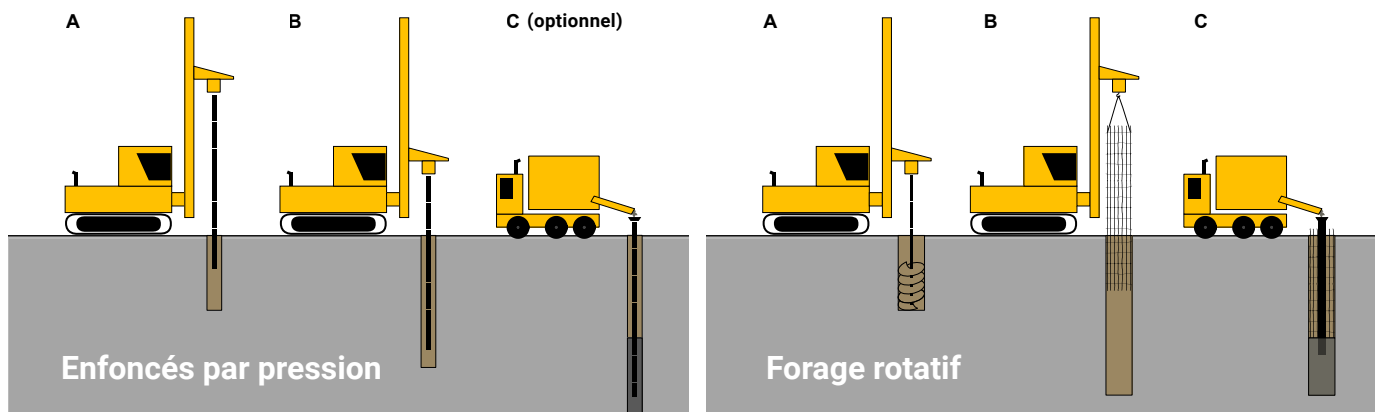
Voici une liste d'exemples :

- arrêter ou empêcher un affaissement vertical différentiel des fondations ou des planchers (civils, industriels, etc.) ;
- augmenter la capacité portante des fondations et des chaussées existantes ;
- réparer ou remplacer les fondations détériorées ou inadéquates ;
- fournir une protection contre l'érosion et la dégradation de la surface des fondations ;
- relever les fondations affaissées en restaurant leur plan d'origine ;
- transférer des charges vers des couches plus profondes dans le cas de sols de surface très pauvres ;
- contourner les sols de surface gonflés ou pliables particulièrement sensibles aux variations saisonnières de la teneur en eau ;
- réduire les mouvements des structures existantes en présence de travaux d'excavation profonds ;
- fournir une action résistante aux charges de traction axiales ;
- effectuer des travaux de stabilisation des pentes (cisaillement et flexion des pieux) ;
- effectuer des travaux de soutien en présence de travaux de fouille.

# L'état de l'art

Les micropieux ont été inventés en Italie au début des années 1950 pour les travaux en sous œuvre des fondations de bâtiments endommagés par les bombardements de la Seconde Guerre mondiale. Généralement, les Micropieux sont percés (rotation ou percussion) dans le béton armé, ou enfoncés (pression, battage, vibration) dans l'acier ou le béton armé. Vous trouverez ci-dessous un bref tableau comparatif des méthodes générales d'exécution avec Micropieux forés et Micropieux enfoncés:

CHAMP DE COMPARAISON	MODE D'EXÉCUTION	
	MICROPIEUX ENFONCÉS PAR PRESSION	MICROPIEUX FORÉS
Types de sol	Limitations en présence de sols compacts ou de couches rocheuses	Ils peuvent traverser n'importe quel terrain (par des techniques de forage appropriées)
Techniques de pose	Pression, vibration, battage	Forage rotatif ou à percussion
Dimensions du micropieux	Diamètre $\leq 152$ mm Profondeur L=40 mt	Diamètre $\leq 300$ mm Encore plus de profondeur que le micropieux en acier
Inclinaison maximale du micropieux	$\leq 10^{\circ}$ - $15^{\circ}$	Généralement impossible, sauf pour les très petits diamètres
Qualité du mélange de ciment (lorsqu'il est utilisé)	<ul style="list-style-type: none"> <li>le micropieux peut être posé à sec sans avoir besoin d'un mélange de ciment</li> <li>ou peut être injecté avec un mélange selon les besoins de conception</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>le micropieux foré a toujours besoin de mortier de ciment</li> <li>difficulté à contrôler la qualité du mélange</li> <li>la coulée du micropieux peut présenter des imperfections géométriques</li> <li>des discontinuités géométriques le long de l'axe du pieu, limitées à l'intégrité de la structure des micropieux</li> </ul>
Impact sur le chantier, Équipement	Peu à très invasif selon les conditions du site	Méthode très invasive, utilisation de matériel encombrant, production de vibrations par le forage, utilisation de boues
Impact sur le sol	Mini-invasif	Très invasif avec enlèvement de matière, utilisation de boues



Les pieux peuvent être classés en fonction de différents critères, dont la technique d'installation. Sur la base de ce critère, une distinction est faite entre :

- Les pieux placés sans enlèvement de matière, enfoncés par battage avec refoulement de sol. Ils peuvent être préfabriqués ou coulés sur place.
- Les pieux forés, coulés sur place après forage dans le sol avec enlèvement de matière.
- Les pieux constitués d'une tarière continue et d'un tube central qui permet l'insertion de la cage d'armature et du tube plongeur pendant les phases de retrait de la tarière et du tube lui-même. Le comportement de ces pieux est intermédiaire entre les pieux battus et les pieux forés. La technique d'installation est d'une importance fondamentale car elle influence l'état de tension autour du pieu. La capacité portante et la rigidité en dépendent. Par exemple, dans les mêmes conditions sur site, la réduction des propriétés mécaniques du sol produite par forage avec extraction est plus prononcée que

celle produite par enfoncement. De plus, dans un sol granulaire peu dense, le vibro-fonçage peut produire une diminution de l'indice des vides en améliorant les caractéristiques mécaniques du sol et en produisant une augmentation de la résistance au cisaillement. Parmi les micropieux enfoncés, les technologies traditionnelles du secteur adoptent principalement des procédés d'enfoncement par pression au moyen d'un équipement de poussée installé à bord d'une chenille automotrice.

Des opérateurs à bord des machines déplacent les modules d'acier manuellement et très fréquemment, les transférant des palettes de stockage directement dans le système d'enfoncement. Une fois les deux derniers modules de pieux reliés, le contraste à la poussée du piston est assuré directement par contreponds de la machine déjà ballasté.

Le micropieu est progressivement enfoncé dans le sol jusqu'à la profondeur de conception et sous les conditions géotechniques de rejet.



# TECHNOLOGIE ET SÉCURITÉ

AUTOMATION ET  
INDUSTRIE 4.0



# Les avantages de ROBOPILE®

La technologie innovante **ROBOPILE®** étend son champ d'action grâce au nouveau mode d'insertion du micropieu constitué d'un seul maxi système automatisé capable de :

- mécaniser le mouvement et l'assemblage des modules d'acier à l'intérieur de la tour d'enfoncement sans aucune intervention manuelle ;
- faire avancer chaque micropieux, sans enlèvement de sol, en modulant le procédé d'insertion selon trois options différentes :  
1) par pression, 2) par vibration, 3) enfoncement combiné par pression + vibration. Ce système innovant et breveté permet avantageusement de s'affranchir des limites d'enfoncement dues au lest du poids de la machine ;
- moduler la fréquence des vibrations lorsque cela est nécessaire ;
- fonctionner en toute sécurité sans personnel à bord du véhicule en service. En effet, la machine est totalement automatisée et télécommandée, parfaitement capable de recevoir électroniquement un plan de travail et

d'appliquer le protocole de contrôle exigé.

En outre, la machine est adaptée à se déplacer dans différents contextes de travail grâce à une variété de capteurs électroniques capables de fournir la lecture nécessaire du périmètre de travail en toute sécurité.

## Les principaux avantages de cette technologie :

- L'efficacité et l'efficacité opérationnelles de la pose du micropieu, c'est-à-dire la possibilité de poser à des profondeurs plus importantes qu'avec des machines traditionnelles, donc non seulement dans des sols cohésifs mais aussi dans des sols granulaires et mixtes.
- Et cela grâce au système informatisé de commutation du mode d'enfoncement en fonction de la réponse d'avancement dans le sol du premier module à la pointe ;
- La perturbation réduite des caractéristiques mécaniques des sols par rapport au forage. Dans les mêmes conditions limites, la réduction des caractéristiques mécaniques produite par le forage est beaucoup plus marquée que celle produite par l'enfoncement ;







- possibilité de travailler en mode vibratoire lors du battage des pieux et sans enlèvement de matière, ce qui, dans les sols granulaires, permet un compactage mécanique avec une augmentation conséquente de la capacité portante latérale du pieu ;
- une transmission limitée des vibrations aux bâtiments voisins. Grâce à la fréquence variable des vibrations, il est possible d'ajuster l'intensité des vibrations afin de minimiser les risques de dommages. Lors de l'insertion, il est possible de contrôler la variation de la résistance du sol à différentes profondeurs ;
- le battage de pieux est plus rapide grâce au niveau élevé d'automatisation de la machine ;
- **ROBOPILE®** est capable de poser plus de 80 micropieux par jour jusqu'à une profondeur de 18 m ;
- possibilité de poser des Micropieux tubulaires lisses ou à adhérence améliorée d'un diamètre extérieur supérieur à 76 mm, allant jusqu'à 152 mm ;
- pas de production de déchets ;
- possibilité d'effectuer des raccordements aux armatures de la construction et de la coulée ultérieure dès la fin des travaux de pose des micropieux ;
- contrôle de la résistance à l'enfoncement en cours par lecture des valeurs de pression renvoyées par le manomètre des vérins hydrauliques.

ÉLÉMENT DE COMPARAISON	MODE D'EXÉCUTION	
	ROBOPILE®	MICROPIEUX FORÉS
Types de sol	Sols praticables Sols cohésifs, mixtes et granulaires, sans éléments grossiers.	Aucune restriction.
Impact sur le sol	Perturbation réduite des caractéristiques mécaniques des couches traversées. Le vibro-fonçage peut produire une diminution de l'indice des vides en améliorant les caractéristiques mécaniques des sols granulaires avec une amélioration conséquente de la capacité latérale.	Perturbation importante des caractéristiques mécaniques des sols pendant la phase de forage, avec pour conséquence la réduction des frottements à l'interface sol/micropieux.
Impact sur les structures	Absence de vibrations transmises aux structures lors de l'enfoncement par pression. En mode vibro-fonçage, il est possible d'ajuster la fréquence des vibrations en fonction de la réponse de la structure.	Vibrations importantes transmises lors des opérations de forage aux structures adjacentes à la zone de travail.
Déchets	Pas de production de déchets et de boues.	Charge d'élimination de l'enlèvement de sol. Production de boues lors du forage.
Dimensions de l'équipement	3128 x 6730 x 4171 mm. (P L H)	Selon les dimensions des micropieux à réaliser mais généralement supérieures à celles de <b>ROBOPILE®</b> .
Profondeurs optimales	6/18 m.	20/30 m.
Qualité de l'injection	Excellente. Il est possible d'assurer l'uniformité du pieu le long de l'axe vertical.	Risque de discontinuité le long de l'axe du pieu avec variation des dimensions de la section transversale et blocage du pieu.

# Mode opératoire du chantier

## 1) **Traçage de la grille géométrique d'insertion.**

De plus, la machine est capable de recevoir la CAO d'intervention et d'associer à chaque coordonnée ses paramètres de travail.

2) **Insertion du micropieu: ROBOPILE®** installe automatiquement le micropieu à l'intérieur du bâti d'enfoncement solidaire de la machine automotrice, le système procède à l'alignement et au vissage ultérieur avec le dernier module précédemment poussé. Une pince logée sous le chariot est destinée à ancrer mécaniquement le pieu en acier et à le pousser vers le sol en dessous. Si nécessaire, ou si la résistance offerte par le sol en mouvement l'exige, le système de contrôle électronique des paramètres d'avancement permettra d'activer le dispositif de vibration fourni avec la machine. **ROBOPILE®** a

été conçu pour communiquer et interagir avec le centre technique du siège de **GEOSEC®**. La machine reçoit des ordres de travail et des paramètres de fonctionnement qu'elle compare avec ceux détectés sur place, en les adaptant si nécessaire. Les données exécutives du chantier sont ensuite transmises à la plateforme de gestion **GEOSEC®**.

3) **Injection possible de mélanges** à l'intérieur du tube d'acier (résines, mélanges de ciment) pour obtenir a) uniquement le recepage de la tête, b) le remplissage annulaire de l'espace entre le micropieu et le sol.

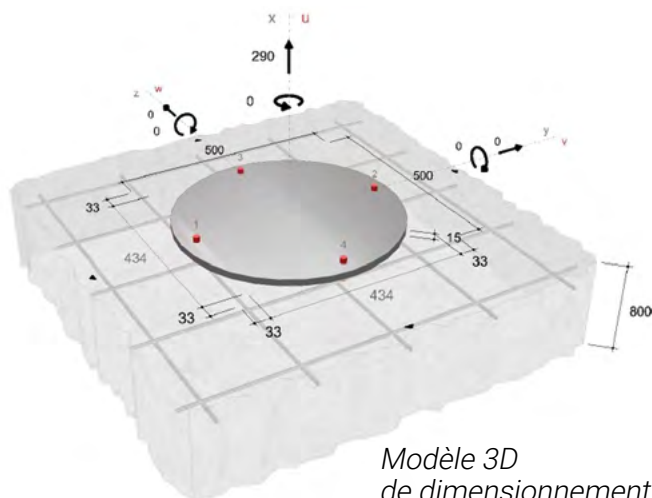
4) **Ancrage final de la tête du micropieu.** La méthode d'ancrage et la charpente seront convenues avec le concepteur et la direction de la construction en fonction des exigences de la construction.



# Procédés d'ancrage du micropieu aux structures de fondation

## Ancrage avec plaque circulaire horizontale

Dans ce cas, l'ancrage est réalisé par l'installation d'une plaque circulaire horizontale d'un diamètre d'environ 500 mm qui, une fois installée, est fixée à la structure existante avec des barres filetées et un ancrage chimique. La plaque est équipée d'un tube chemise de 250 mm de hauteur pour la connexion à la tête du poteau.



## Le système d'ancrage de la plaque à la structure de fondation

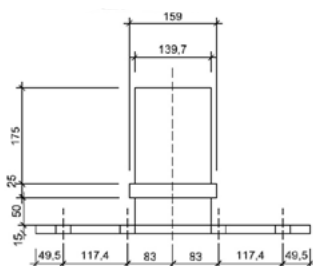
La plaque circulaire est fixée à la structure de fondation au moyen de tiges filetées M24 en acier galvanisé de classe 8.8 et d'un ancrage chimique WIT- UH 300 Wurth ou équivalent. La profondeur d'ancrage effective dépend des charges impliquées et de la géométrie de la structure de la fondation. Le dimensionnement de la connexion est vérifié à l'aide d'un logiciel de calcul spécial, appartenant au fabricant.

## Le système d'ancrage des micropieux à la plaque

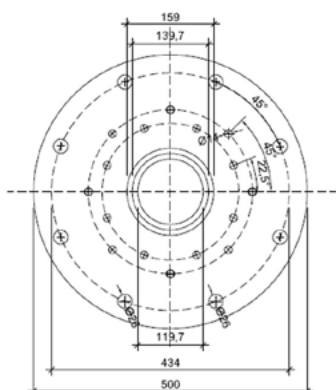
L'ancrage d'un micropieu à la plaque de connexion se fait par l'insertion de 3 boulons M20 en acier de classe 10.9, fixés à la gaine tubulaire. La résistance au cisaillement du boulon est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$F_{v,Rd} = \frac{0.5 \cdot A_{res} \cdot f_{tb}}{\gamma_{M2}} \geq F_{v,Ed}$$

Coupe verticale de la plaque



Coupe horizontale de la plaque



Dans laquelle:

- $F_{v,Ed}$  = contrainte de cisaillement agissant sur le plan de cisaillement considéré ;
- $F_{v,Rd}$  = calcul de la résistance au cisaillement du boulon;
- $A_{res}$  = zone résistante de la partie filetée du boulon
- $f_{tb}$  = résistance à la rupture du matériau de la vis
- $\gamma_{M2}$  = coefficient de sécurité.



## Ancrage à scellement plus plaque anti-perforation

Dans ce cas, l'ancrage du poteau à la structure de fondation est effectué en remplissant le trou jusqu'à saturation avec un mortier de ciment expansif pour ancrages tel que BASF MasterFlow 928 ou équivalent.

Le trou est ensuite scellé par l'installation d'une plaque anti-poinçonnage de taille standard 300x300 mm, mais adaptable en fonction du contexte logistique.

L'ancrage de la plaque anti-poinçonnement à la structure de la fondation se fait au moyen de barres filetées M24 en acier galvanisé classe 8.8 et d'un ancrage chimique WIT-UH 300 Wurth ou équivalent. Les tiges filetées sont serrées avec des écrous en acier galvanisé de classe 6S.

Cette solution est adoptée lorsque, pour des raisons logistiques ou purement visuelles, il n'est pas possible d'utiliser la plaque circulaire avec la gaine de protection.

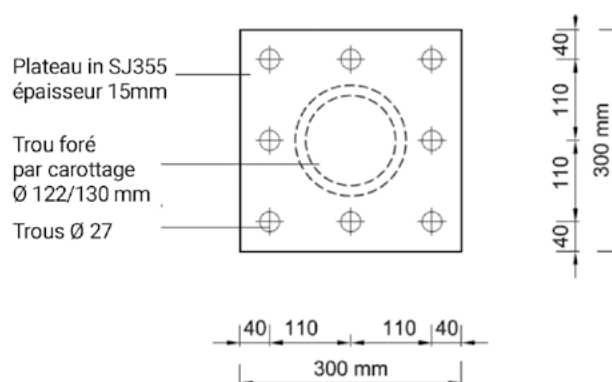
Le dimensionnement de la connexion exige que l'essai de traction des barres filetées soit satisfait afin d'éviter que ces mêmes barres, une fois installées, ne glissent au fil du temps rendant la connexion de la plaque anti-poinçonnement inefficace.

Les trois contrôles qui contribuent à l'étanchéité du système sont les suivants :

- vérification de la défaillance du côté de l'acier ;
- vérification d'une défaillance due au glissement et à la rupture du béton ;
- vérification de la rupture du béton.

Tous les contrôles doivent être effectués conformément à la norme technique TR29 : 2010-09 de l'Organisation européenne pour les agréments techniques.

### Coupe horizontale de la plaque



Comme pour la plaque circulaire, le dimensionnement de la connexion est vérifié avec le logiciel de calcul du fabricant.

# CONCEPTION ET VÉRIFICATION DU MICROPIEU

MÉTHODES  
DE CALCUL ET TESTS

## Méthodes de calcul.

La résistance caractéristique du système sol-micropieu peut être calculée principalement de deux manières :

- 1) Par des corrélations empiriques basées sur les résultats d'essais réalisés in situ ou des méthodes analytiques basées sur les paramètres géotechniques du sol.
- 2) En effectuant un test de charge sur un micropieu. Les principaux aspects de la conception sont les suivants :

- le choix du type de pieu ;
- calcul de la capacité caractéristique et de la capacité de conception ainsi que le choix des méthodes adoptées pour le calcul ;
- choix du nombre de pieux ;
- le choix des connexions/ancrages ;
- vérification de la durabilité des matériaux dans des conditions d'exploitation ;
- modélisation de l'itération fondation-superstructure.

## Tests de charge.

Les tests de charge sont divisés en deux catégories: les essais de conception, réalisés sur un ou plusieurs pieux tests définis (isolés et amenés à la rupture pendant l'essai) et les essais d'acceptation, réalisés sur un ou plusieurs pieux à poser. Les premiers ont pour objectif principal de déterminer la charge limite du Micropieu tandis que les seconds sont généralement faits pour vérifier la bonne exécution des travaux. Le nombre d'essais doit être établi en fonction de la quantité et de la qualité des connaissances géotechniques disponibles et de l'importance des travaux envisagés.

Les essais consistent à appliquer des charges au moyen d'un ou plusieurs vérins hydrauliques actionnés par une pompe à main ou à moteur. La lecture de la force appliquée se fait par l'interposition d'une cellule de charge entre les vérins et la structure de contraste (appliquée par exemple à l'aide d'une structure de "ballast" ou avec des pieux d'ancrage). Pour la mesure des déplacements de la tête du pieu, des capteurs de déplacement sont utilisés, au nombre minimum de 3.

Les procédures pour effectuer un essai de charge sont nombreuses et différent par la séquence et la vitesse d'application des charges. Une procédure fréquemment utilisée est l'essai de chargement statique (Maintained Load) qui consiste à appliquer une charge au pieu par incréments successifs selon des schémas prédéfinis.

Une fois le test effectué, il est nécessaire d'interpréter la courbe charge-tassement ( $Q-w$ ) pour identifier la valeur  $Q_{lim}$ . Les critères généralement utilisés sont les suivants :

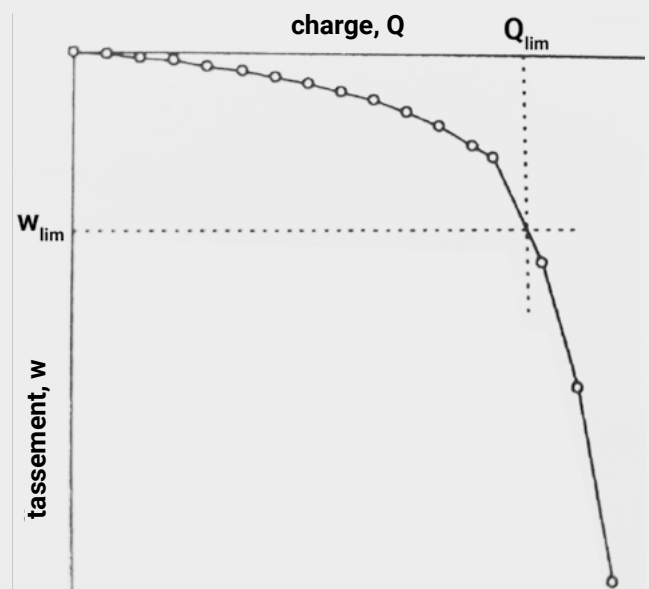
**(i) basés sur le tassement ;**

**(ii) basés sur l'extrapolation.**

Aux premiers appartient les cas caractérisés par l'affaissement d'une certaine entité. Ces critères envisagent de supposer comme charge limite  $Q_{lim}$  la valeur qui correspond à une limite de tassement prédéterminée  $w_{lim}$  atteinte lors du test.

**La valeur de tassement limite est égale à :**

- $W_{lim} = 0,10 \cdot d_s$   
pour les pieux de petit diamètre ( $d_s < 80$  cm) ;
- $W_{lim} = 0,05 \cdot d_s$   
pour les pieux de grand diamètre ( $d_s \geq 80$  cm).

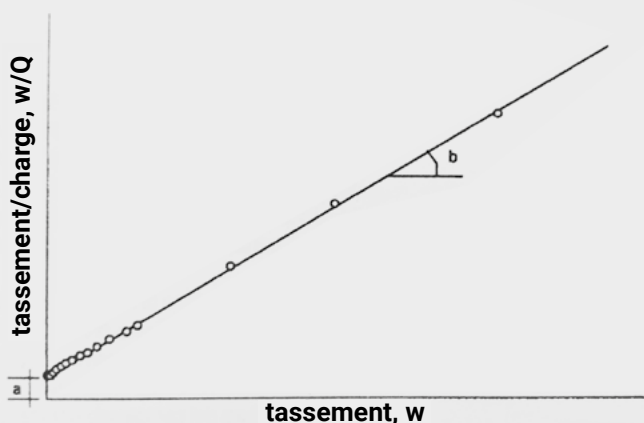


Aux seconds appartiennent plutôt les cas où les tassements mobilisés et mesurés ne sont pas suffisants pour définir le  $Q_{lim}$ . Ces méthodes prévoient l'extrapolation de la courbe Q-w dans une plage de valeurs non atteintes lors de l'essai de charge. La technique la plus utilisée, définie comme l'interpolation hyperbolique, repose sur l'hypothèse que la courbe Q-w peut être assimilée à une hyperbole d'équation :

$$Q = \frac{w}{a + b \cdot w}$$

dans laquelle **a** et **b** représentent respectivement l'ordonnée et le coefficient angulaire de la ligne :

$$\frac{w}{Q} = a + b \cdot w \text{ dans le plan } w-w/Q.$$



Il est ainsi obtenu :

$$d_s < 80 \text{ cm} \quad w_{lim} = 0,10 \cdot d_s ; \quad Q_{lim} = \frac{0,10 \cdot d_s}{a + b \cdot 0,10 \cdot d_s}$$

$$d_s \geq 80 \text{ cm} \quad w_{lim} = 0,05 \cdot d_s ; \quad Q_{lim} = \frac{0,05 \cdot d_s}{a + b \cdot 0,05 \cdot d_s}$$

### La méthode ICP.

Dans le cadre de la conception du micropieux à pression, il est conseillé d'utiliser la méthode ICP développée par l'Imperial College London.

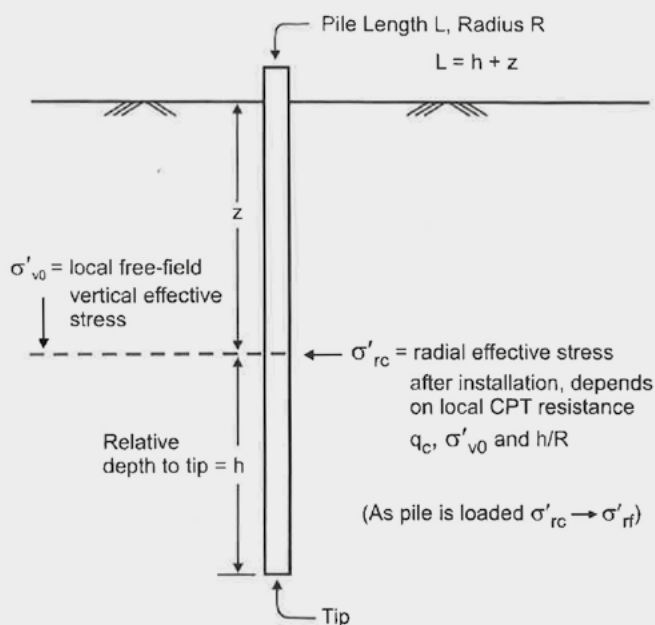
La méthode peut être bien considérée dans le cas des micropieux métalliques à pression pour les 2 raisons suivantes :

1) elle a été développée en tenant compte des essais de charge effectués sur des micropieux de 100 mm de diamètre ;

2) elle est basée sur les résultats d'essais, de préférence CPT/ CPTU ou alternativement SPT ou DPSH avec utilisation d'un revêtement latéral.

La méthode suggère la procédure proposée pour calculer le débit limite de frottement latéral,  $Q_s$ , et le débit limite de base,  $Q_b$ , pour les matériaux sableux et argileux, respectivement. La somme des deux composantes donne le  $Q_{lim}$  du système pour distinguer si le pieu a une base fermée, une base ouverte avec formation de bouchon (fully plugged) ou une base ouverte sans formation de bouchon (unplugged).

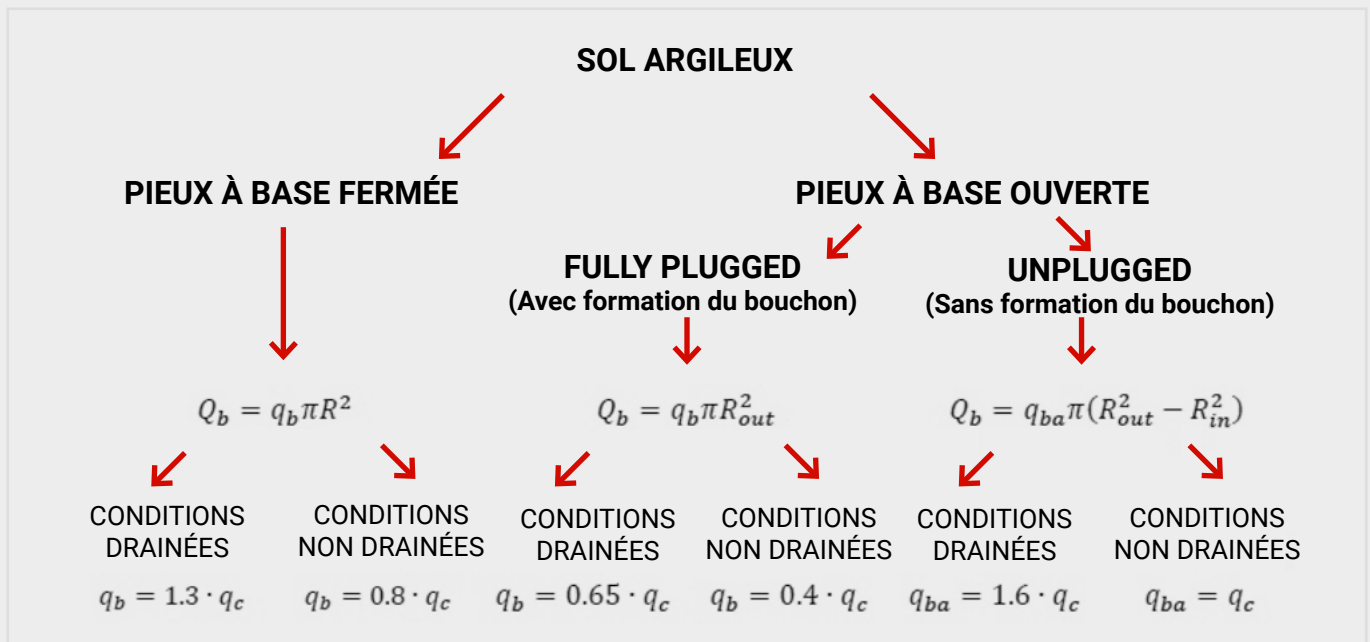
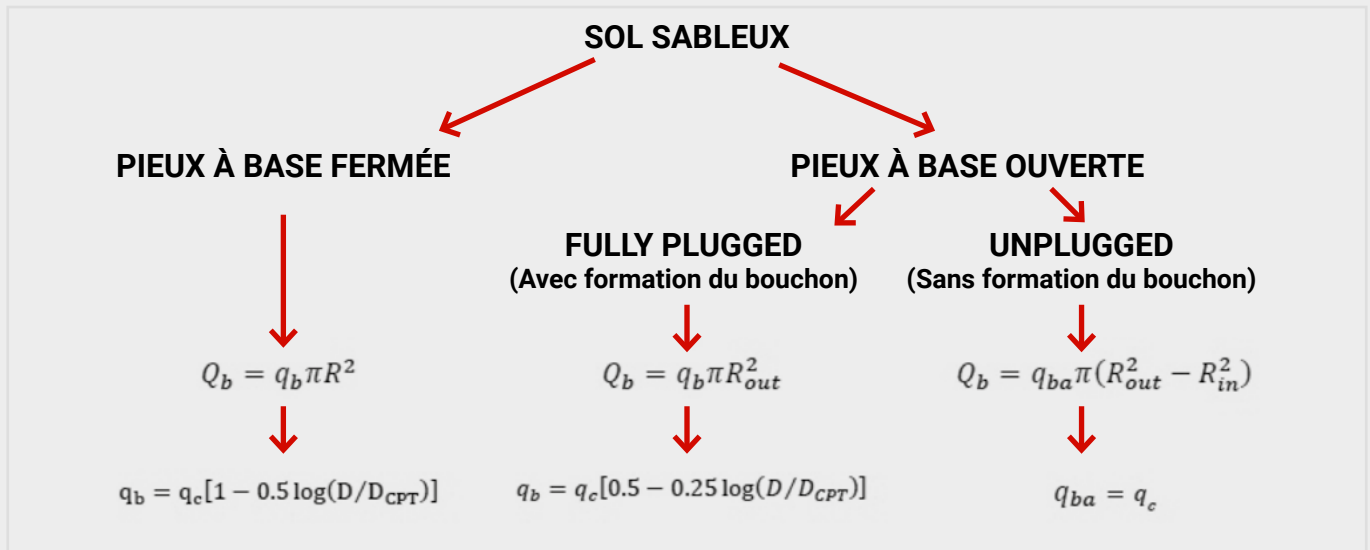
**Ci-dessous un diagramme avec une indication des grandeurs de référence de la méthode :**



- R: rayon du pieu ;
- L: longueur totale du pieu donnée par la somme de h (distance entre le point de référence et l'extrémité et la pointe du pieu) et z (hauteur du point de référence pour le calcul) ;
- $\sigma'_{v0}$  tension verticale effective existant sur le site (tension litho statique) ;
- $\sigma'_{rc}$  tension radiale effective après l'installation du pieu, fonction des valeurs locales de  $q_c$ ,  $\sigma'_{v0}$  et  $h/R$  ;
- $\sigma'_{rf}$  tension radiale effective le long de la tige du pieu à la rupture.



# Calcul de la portance limite de base $Q_b$



Les micropieux à base ouverte peuvent être traités comme FULLYPLUGGED si les conditions suivantes sont remplies :

- Pour sol Sableux:  $D$  du pieu  $< 0.02(D_r - 30)$  et  $D$  du pieu  $< 0.083q_c / Pa$  ;
- Pour sol Argileux:  $[D \text{ du pieu} / D_{cpt} + 0.45q_c / Pa] < 36$ .

Dans le cas contraire, ils doivent être traités comme UNPLUGGED.

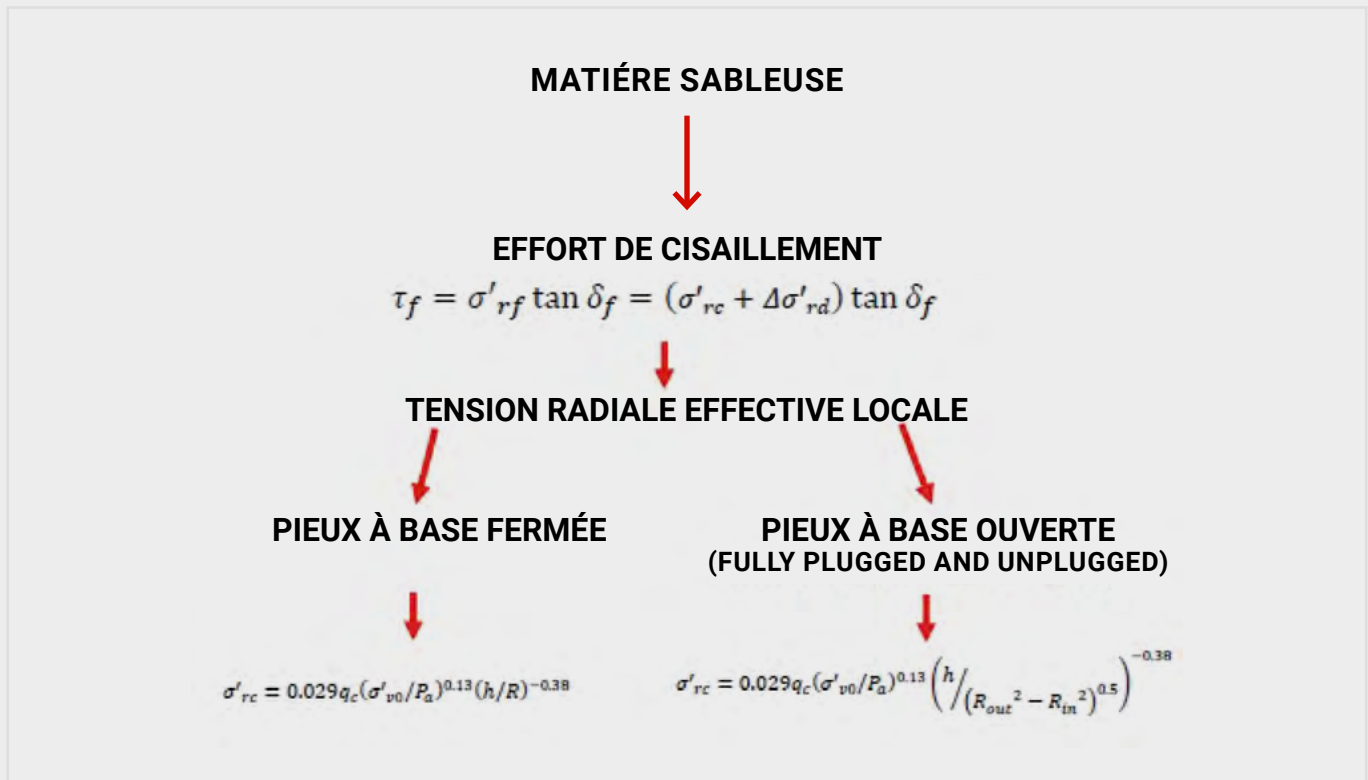
Avec :

- $D$  diamètre du pieu ;
- $q_c$  valeur moyenne équivalente de la résistance à la pointe  $q_c$  mesurée par des essais CPT/CPTU, pour le calcul desquels les auteurs recommandent la procédure proposée par Bustamante e Gianceselli (1982) ;
- $D_{CPT} = 0.036 \text{ m}$  ;
- $R_{out}$  ( $R_{outer}$ ) rayon extérieur du pieu ;
- $R_{in}$  ( $R_{inner}$ ) rayon intérieur du pieu ;
- $q_{ba} = q_c$ .

# Calcul de la charge limite du frottement latéral $Q_s$

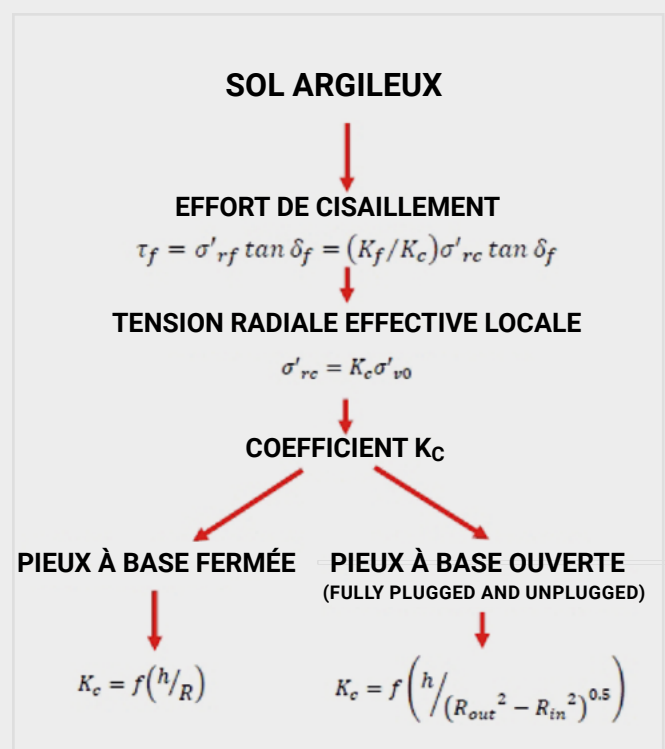
## PORTANCE LIMITE PAR FROTTEMENT LATERAL

$$Q_s = \pi D \int \tau_f dz$$



Où :

- $\tau_f$  contrainte de cisaillement à la rupture agissant le long de la surface latérale du pieu (selon le Critère de Mohr-Coulomb) ;
- $\delta_f$  angle de frottement à la rupture à l'interface sol-pieu, estimé à partir d'essais de cisaillement direct ou, en manque de preuves directes, à partir de la courbe granulométrique ;
- $\Delta \sigma'_{rd}$  augmentation de la tension radiale effective de l'expansion lors de l'application de la charge au pieu ;
- $P_a = 100$  KPa;
- $K_f / K_c$  Constante égale à 0.80 ;
- $K_c$  fonction du coefficient de  $YRS = \sigma'_{vy} / \sigma'_{v0}$ , de la sensibilité de l'argile et  $h/R$ .

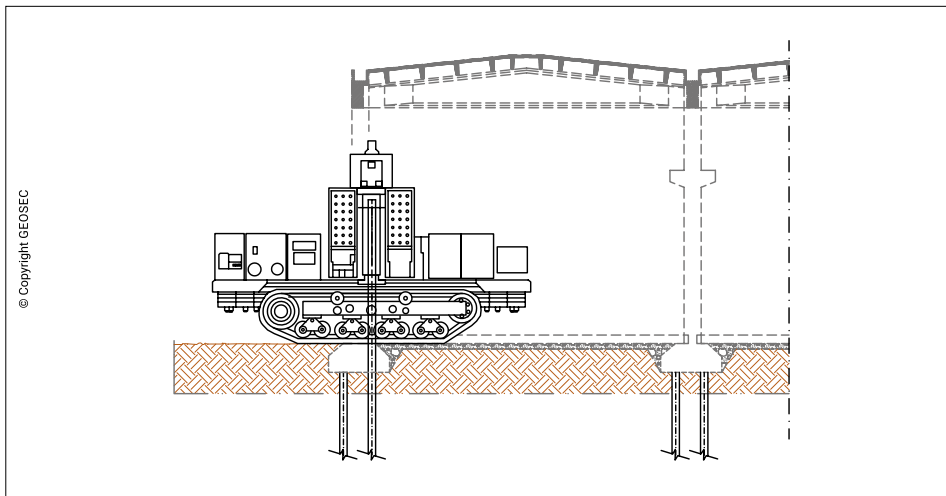


# ROBOPILE®

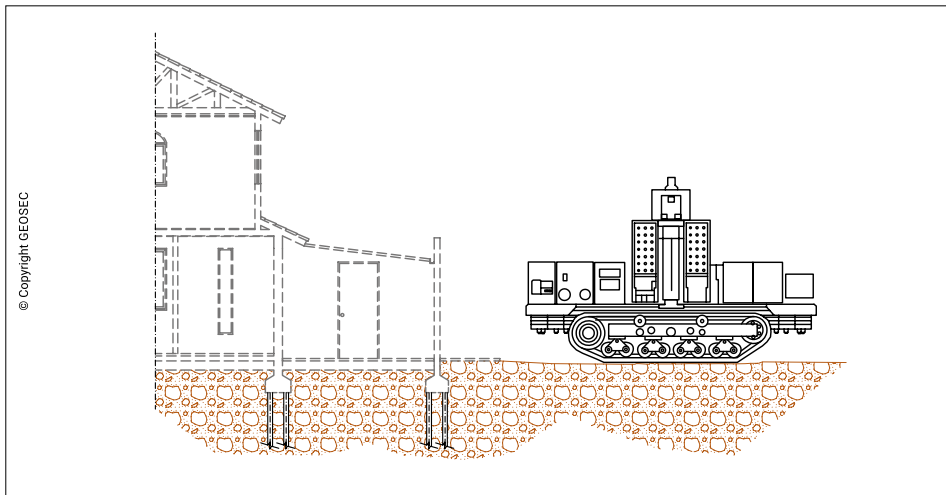
Domaine opérationnel

# Domaine d'application de la machine ROBOPILE®

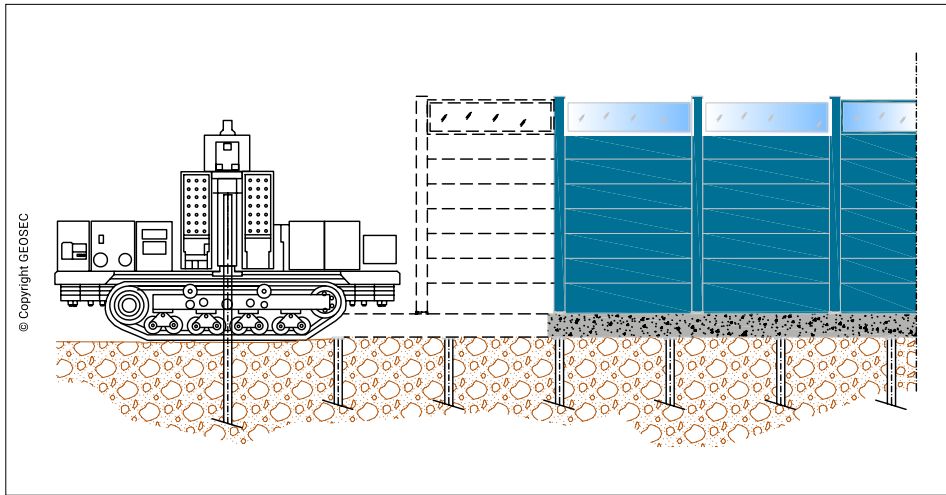
Nouveaux  
bâtiments  
industriels

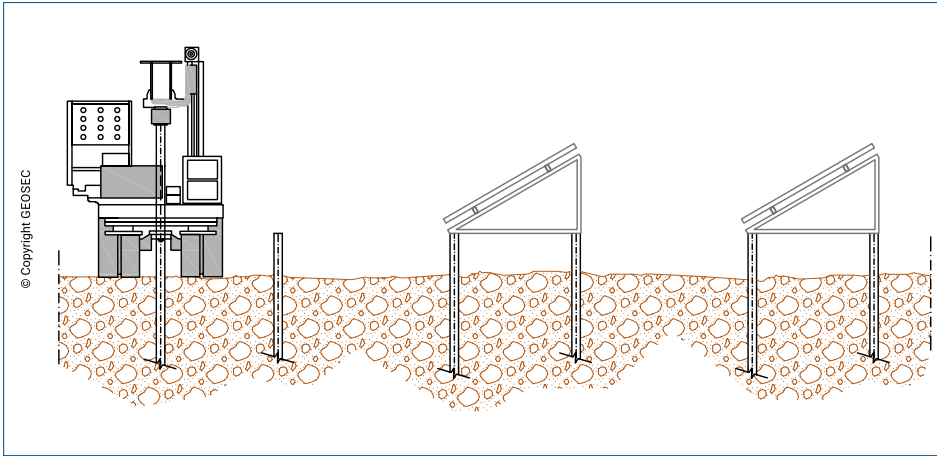


Nouveaux  
bâtiments  
résidentiels

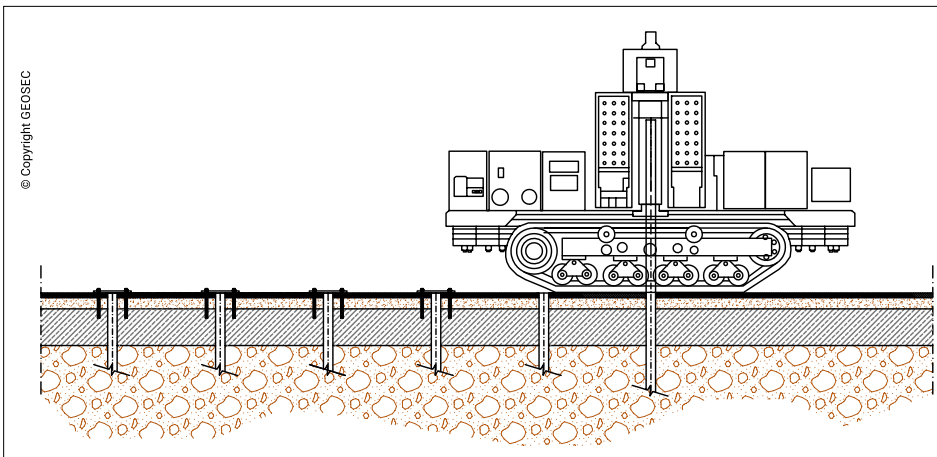


Barrières  
routières

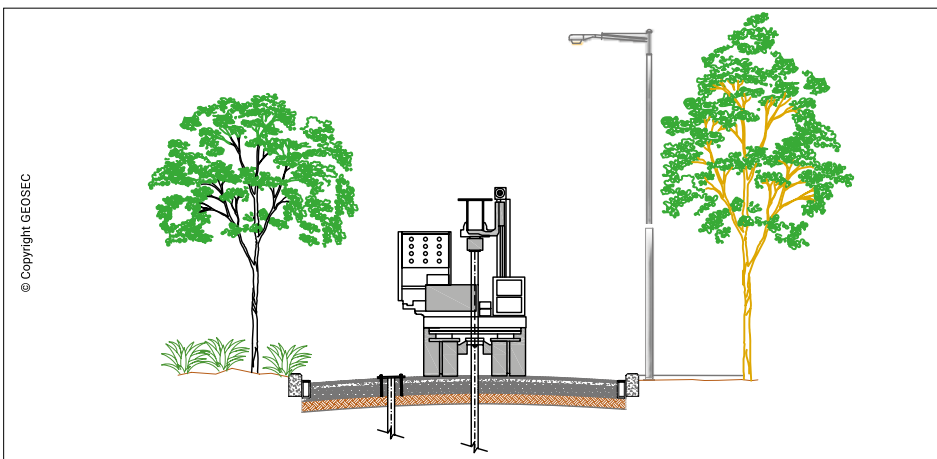




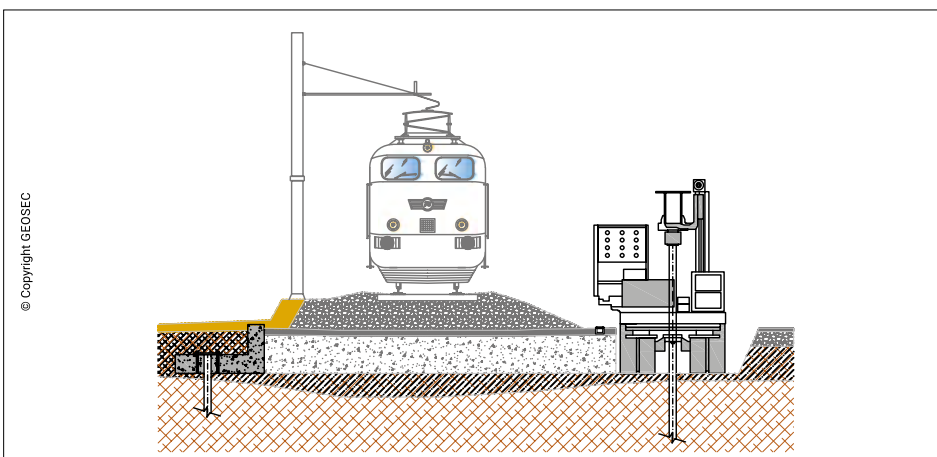
## Installations photovoltaïques



## Dalles industrielles



## Chaussées routières



## Remblais ferroviaires



# Cahier de charges

## ROBOPILE®

### Installation et démobilitation du chantier.

Livraison et récupération en toute sécurité dans la zone de travail de la machine **ROBOPILE®**, y compris les accessoires de pose, les tiges de pieux, les systèmes d'alimentation de la machine et tout ce qui est nécessaire pour la pose des micropieux.

Acquisition du tracé de l'implantation de pose des micropieux.

### Pose de micropieux avec ROBOPILE®.

La procédure de pose des micropieux sera conforme aux normes techniques du secteur.

Les machines de pose seront contrôlées à distance par notre opérateur à l'aide d'une radiocommande dédiée. Les activités du site seront coordonnées sur place par le personnel technique **GEOSSEC®** dûment formé.

Chaque micropieux sera constitué de tiges tubulaires spéciales en acier de construction d'un diamètre (<152 mm) et du type S355 pour les épaisseurs  $t < 40\text{mm}$

- $f_{yk}$  [MPa]=355 (limite d'élasticité caractéristique);
- $f_{tk}$  [MPa]=510 (résistance caractéristique à la rupture) tiges d'une longueur égale à environ 1 mètre, convenablement filetées pour le raccord vissé ultérieur.

L'acier des tiges est régulièrement soumis à des tests de résilience et à des contrôles non destructifs conformément à la norme ISO 10893-1-2 (EN 10246-1-3). Il est fourni avec la certification de test EN10204, y compris la déclaration de performance du fabricant.

Les tiges seront lisses afin d'exploiter au maximum la pénétration dans le sol et, si nécessaire, selon les spécifications de la conception, elles pourront inclure une valve à bride à l'extrémité pour réduire le caractère invasif de l'insertion.

Le déplacement vers l'avant des tiges se fera au moyen de trois options possibles selon les conditions et les besoins du chantier : 1) par pression, par vibration, enfoncement combiné par pression + vibration.

La machine est équipée de chenilles en caoutchouc, de capteurs de sécurité pour contrôler les mouvements, d'un PLC pour le réglage, la transmission bilatérale (chantier - bureau technique) et l'enregistrement des principaux paramètres de travail (géolocalisation, plan du chantier, pression de travail, temps). La phase de battage du pieu est réalisée en fonction des exigences du projet, c'est-à-dire une fois que la capacité portante préétablie du micropieu est atteinte ou, en tout cas, jusqu'au niveau de rejet. La capacité maximale du micropieu enfoncé peut atteindre des valeurs maximales de 30 t en fonction de la réponse mécanique sur le site.

### Connexion à la structure de la fondation superficielle.

Lors de la pose des micropieux on veillera à considérer un dépassement approprié du sol pour permettre la connexion ultérieure à l'armature de la nouvelle fondation superficielle. La tête du micropieu sera convenablement préparée pour l'ancrage ultérieur.

### Normes de références techniques :

#### NF EN 12699

- Exécution des travaux géotechniques spéciaux
- Pieux avec refoulement du sol

#### EN 1997

- Calcul géotechnique
- Partie 1 : règles générales  
(Reconnu par EN 119 -1: 2004/AC: 2009)

#### EN 1993-5

- Calcul des structures en acier
- Partie 5 : pieux et palplanches  
(Reconnu par EN 1993-5 : 2007/AC : 2009)

**AVIS TECHNIQUE ICMQ N. 093/21/ISP**

# CHOISISSEZ L'ORIGINAL

 BREVET EUROPÉEN  
N. EP4004293



## SÉRIEUX ET FIABILITÉ

Grâce à des spécifications techniques organisées et conformes aux normes de référence pour améliorer les processus opérationnels et répondre aux plus hauts standards de qualité.



## DES SOLUTIONS BREVETÉES ET CERTIFIÉES

Avec **GEOSEC®** vous aurez la garantie des connaissances, de la technologie et de la compétence propres à l'inventeur de la méthode.

**GEOSEC®** fournit depuis plus de 20 ans la meilleure expertise du secteur, grâce à plus de 40.000 interventions de consolidation réalisées avec succès.

# AVANTAGES TECHNIQUES



- Procédé hautement automatisé en toute sécurité.
- Système de multi-insertion : par pression, par vibration, mode combiné.
- Possibilité de poser des micropieux en acier jusqu'à 152 mm de diamètre.
- Possibilité de tester la capacité de chaque micropieu.
- Possibilité de précontrainte active.
- Absence de déchets.
- Temps de réalisation rapide.

# GARANTIE DÉCENNALE



ALLIANZ France, partenaire de renommée mondiale, assure l'ensemble de ses travaux pour sa responsabilité civile ainsi que pour tous les travaux relevant de la garantie décennale conformément aux dispositions des art.1792 et suivants du code civil.

ALLIANZ France comme partenaire d'assurance représente pour **GEOSEC®** France une reconnaissance importante de la qualité et la spécificité technique de ses travaux ainsi que son engagement sur le marché de la consolidation de sol par micropieux.



## POUR EN SAVOIR PLUS

CONTACTEZ-NOUS. UN EXPERT DE NOTRE RÉSEAU NATIONAL  
SE DÉPLACERA CHEZ VOUS, GRATUITEMENT ET SANS ENGAGEMENT

**GEOSEC FRANCE sas**  
Parc de l'Esplanade  
4, rue Enrico Fermi Bâtiment C3  
77400 Saint Thibault Des Vignes  
[www.geosec.fr](http://www.geosec.fr)



© Copyright GEOSEC 2024

**VISITE  
ET DEVIS  
GRATUITS**

APPEL GRATUIT DEPUIS UN POSTE FIXE  
**N° Vert 0 800 400 245**  
[www.geosec.fr](http://www.geosec.fr)

**GEOSEC**  
GROUND ENGINEERING