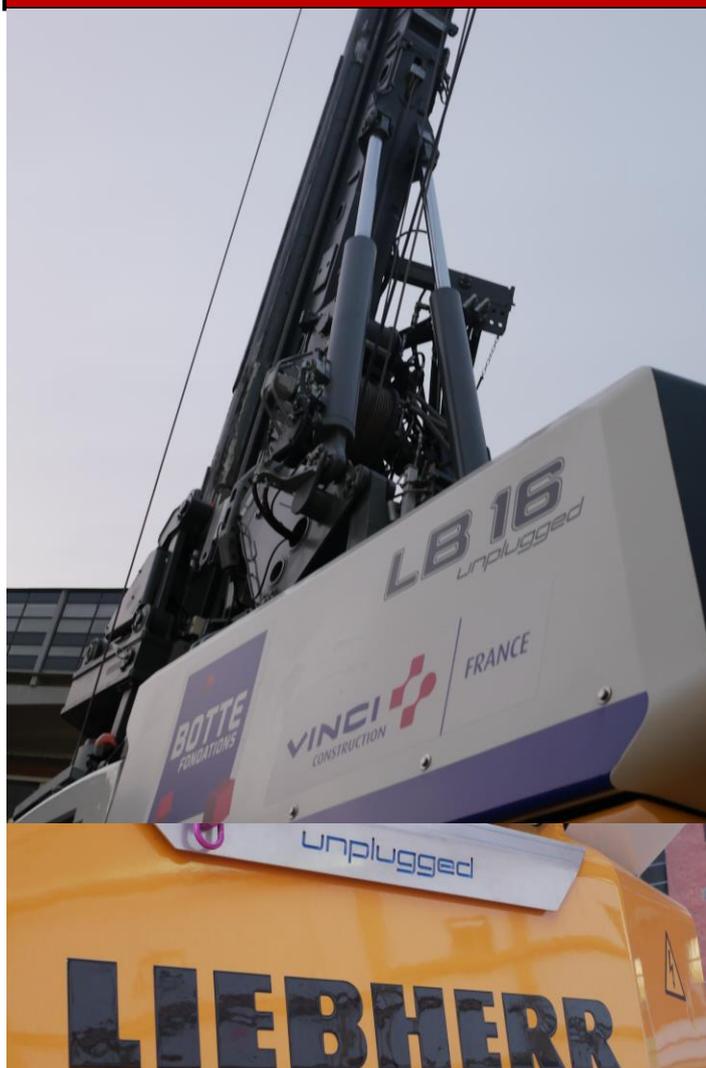


Dossier Technique



PREAMBULE	3
Présentation du dossier	3
Présentation de BOTTE FONDATIONS.....	4
Présentation du chantier :	5
1. DIMENSION RESPONSABLE.....	6
2. La réduction de rejet de CO2	7
A. Grâce à la foreuse électrique	7
B. Grâce au dimensionnement des pieux	7
3. Le progrès Technologique.....	8
4. Le gain de temps	10
A. Grâce à la foreuse électrique	10
B. Grâce au dimensionnement des pieux	10
5. La réduction des coûts	11
A. Grâce à la foreuse électrique	11
B. Grâce au dimensionnement des pieux	11
6. La sécurité.....	12

PREAMBULE

Présentation du dossier

Ce dossier a pour objectif de présenter la première foreuse électrique de pieux en France que l'entreprise BOTTE FONDATIONS utilise depuis plusieurs mois sur ses chantiers et en particulier sur le chantier de ESPCI situé dans le 5^{ème} arrondissement de la capitale, chantier sur lequel une optimisation importante des fondations a été réalisée par le bureau d'études.

Seront particulièrement détaillés les points suivants :

- ❖ La dimension Responsable du chantier
- ❖ Les importantes diminutions de rejet de CO2 de ce chantier
- ❖ Le progrès technologique de la foreuse électrique
- ❖ Le gain de temps sur le chantier
 - ✚ Grâce à la foreuse électrique
 - ✚ Grâce au bureau d'études
- ❖ Les réductions de coûts sur le chantier
 - ✚ Grâce à la foreuse électrique
 - ✚ Grâce au bureau d'études
- ❖ Les apports en matière de sécurité



La LB16 UNPLUGGED – 1^{ère} foreuse électrique de pieux en France

Présentation de BOTTE FONDATIONS

Filiale de VINCI Construction France, Botte Fondations a fêté ses 30 ans en 2016. Cette société est issue d'une entreprise familiale, Botte SA et est aujourd'hui **un des leaders nationaux** dans le domaine des fondations spéciales, à ce titre elle possède un panel d'activités parmi les plus variées de la profession

- ❖ Soutènements de grandes hauteurs avec parois moulées, parois armées au coulis, berlinoises ou autres soutènements apparentés (parisiennes, lutéciennes, ...), parois clouées.
- ❖ Organes de stabilité (tirants d'ancrages, clous, butons)
- ❖ Pieux de tous types (tarière creuse, forés simples, forés tubés, forés boue, poteaux préfondés, ...)
- ❖ Micropieux,
- ❖ Tranchée blindée, reprise en sous-œuvre par puits blindés, voile par passes, confortement de carrières...
- ❖ Traitements de sol

L'Entreprise est adhérente de la FNTF (Fédération Nationale des Travaux Publics) et du SOFFONS (Syndicat des entrepreneurs de Sondages, Forages et Fondations spéciales).

Botte Fondations est une Entreprise certifiée ISO 9001 depuis 1999, ISO 14001 depuis 2013 et MASE depuis 2016 sur l'ensemble de ses activités et des Agences

L'entreprise est organisée autour de son cœur opérationnel formé de 6 agences :

- L'Antenne Sud-Ouest,
- L'Agence NORD-PIEUX
- L'Agence SUD
- L'Agence INFRA
- L'Agence PAROI MOULEE
- L'Agence INJECTIONS

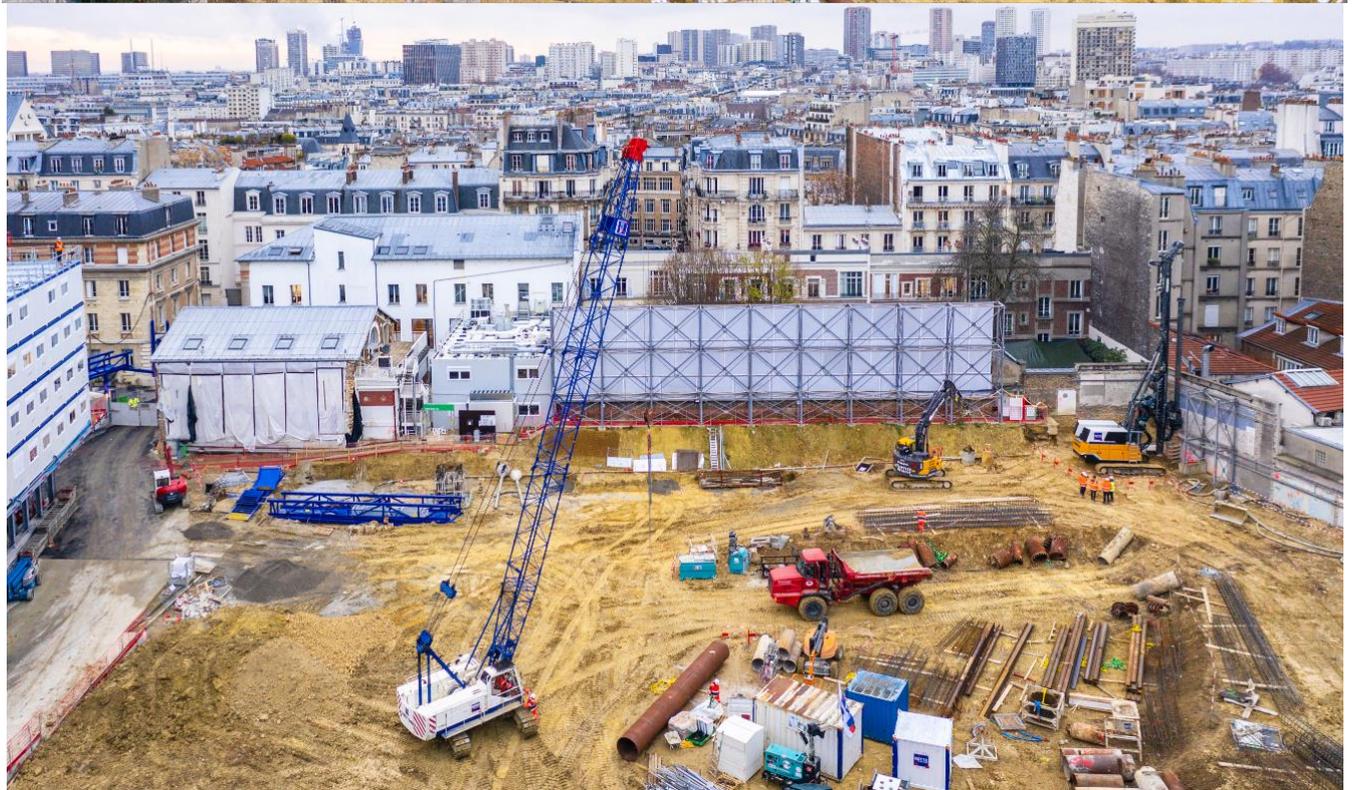
Ces agences travaillent ensemble au gré des chantiers afin de mutualiser d'une part leurs compétences respectives des spécialités de travaux ou des connaissances du contexte local et d'autre part leurs moyens en personnel et en matériel afin de s'adapter à la taille variable des chantiers.

Présentation du chantier :

Le chantier de ESPCI situé dans le 5^{ème} arrondissement de Paris consiste à la reconstruction et l'extension de l'Ecole Supérieure de Physique Chimie Industrielle.

Ce chantier est mitoyen avec un lieu de culte, des quartiers résidentiels ainsi que le bâtiment couronne de l'ESPCI. L'entreprise BOTTE FONDATIONS est intervenue pour réaliser les pieux de structure ainsi que les parois de soutènement du futur bâtiment central.

Le nombre de pieux est de 250 unités de 21 mètres linéaire moyen et des diamètres compris entre 600mm et 1100mm.

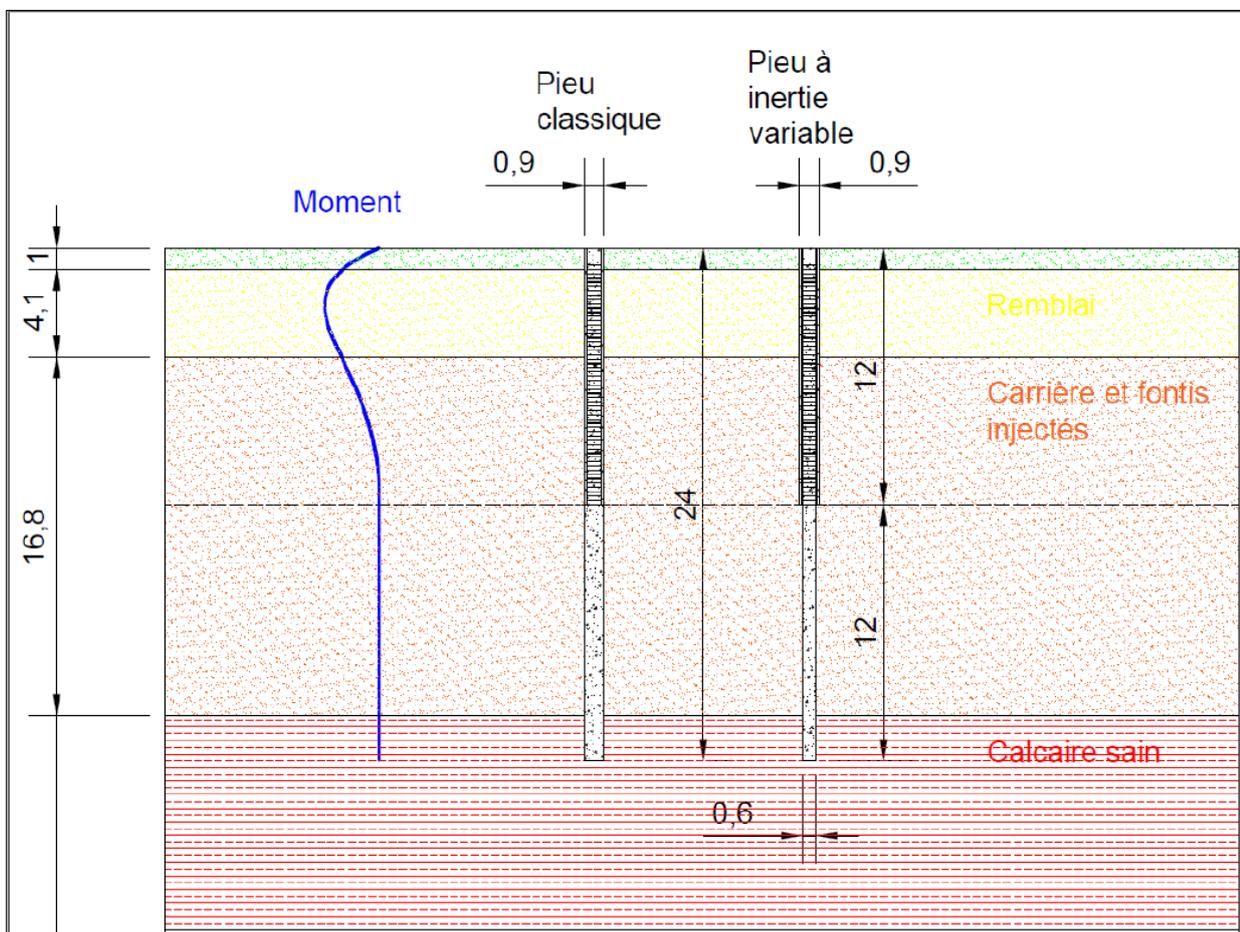


1. DIMENSION RESPONSABLE

L'entreprise BOTTE FONDATIONS a utilisé la première foreuse électrique de pieux en France sur ce chantier dans l'objectif de réduire au maximum les nuisances engendrées par un chantier situé dans un milieu urbain :

- Aucune émission de CO2
- Réduction importante des nuisances sonores

De plus, le bureau d'études a dimensionné les pieux de manière à réduire le diamètre de ceux-ci sur la partie inférieure, partie où les moments sont faibles, voire inexistants. Cette particularité de dimensionnement permet de réduire la quantité de déblais ainsi que le volume de béton.



2. La réduction de rejet de CO2

A. Grâce à la foreuse électrique

Le principal avantage de la foreuse électrique de pieux est qu'elle n'émet aucune particule de CO2 lorsqu'elle est en production.

Lorsque celle-ci est en charge, elle utilise le réseau électrique urbain qui n'émet pas non plus de particule de CO2.

En comparaison avec un moteur thermique similaire, sur une journée, la LB16 *Unplugged* permet de réduire l'empreinte carbone de l'équivalent de 5400km parcourus par une voiture citadine.

Le fait qu'il ne soit plus nécessaire de livrer du fuel pour son bon fonctionnement, les apports en GNR sont nettement diminués sur le chantier et par conséquent, moins de rejet de CO2 issu de ces livraisons.

B. Grâce au dimensionnement des pieux

Le passage à un diamètre inférieur sur une certaine hauteur engendre une diminution importante la production de CO2. En effet, le fait que le volume de déblais soit réduit, moins de quantités doivent être évacuées donc moins d'utilisation de pelles mécaniques et de camions semi.

Il en est de même pour la quantité de béton qui est réduite considérablement et par conséquent, moins de rejet de CO2 lors de sa production (et particulièrement pour le ciment).

Volume pieux 900 mm de 24 m	Volume du pieux à inertie variable 12/12	Volume gagné	
15.27 m ³	11.03 m ³	4.24 m ³	28%

Volume théorique, sans surconsommation

Pour un pieu, 4.24m³ théorique de béton sont économisés.

Chaque m³ de béton comprend 350kg de ciment.

88 pieux sont concernés par cette économie, soit 131 tonnes de ciment.

1 kg de ciment représente en moyenne 30g de CO2, soit 3.92 tonnes de CO2 au total : l'équivalent d'un aller-retour Paris TOKYO en avion (19400km x 2 = 38800km).

Le nombre de toupies béton étant également diminué, ceci engendre moins de rejet de CO2 dans l'air.

Le volume global théorique de déblais économisé pour les fondations est de 373m³, soit 27 camions de déblais économisés.

3. Le progrès Technologique

La foreuse utilisée sur le chantier de ESPCI est de la marque LIEBHERR, catégorie LB16 et c'est un prototype. La base de la foreuse électrique est identique à celui d'une thermique et leurs performances sont comparables.

Elle peut forer jusqu'au diamètre 1500mm (identique à la version thermique)

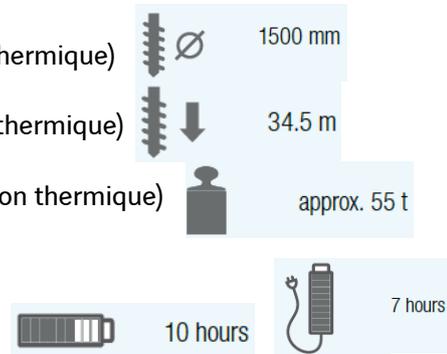
Elle peut forer jusque 34.5m de profondeur (identique à la version thermique)

Elle pèse 55 tonnes en mode travail (contre 53 tonnes pour la version thermique)

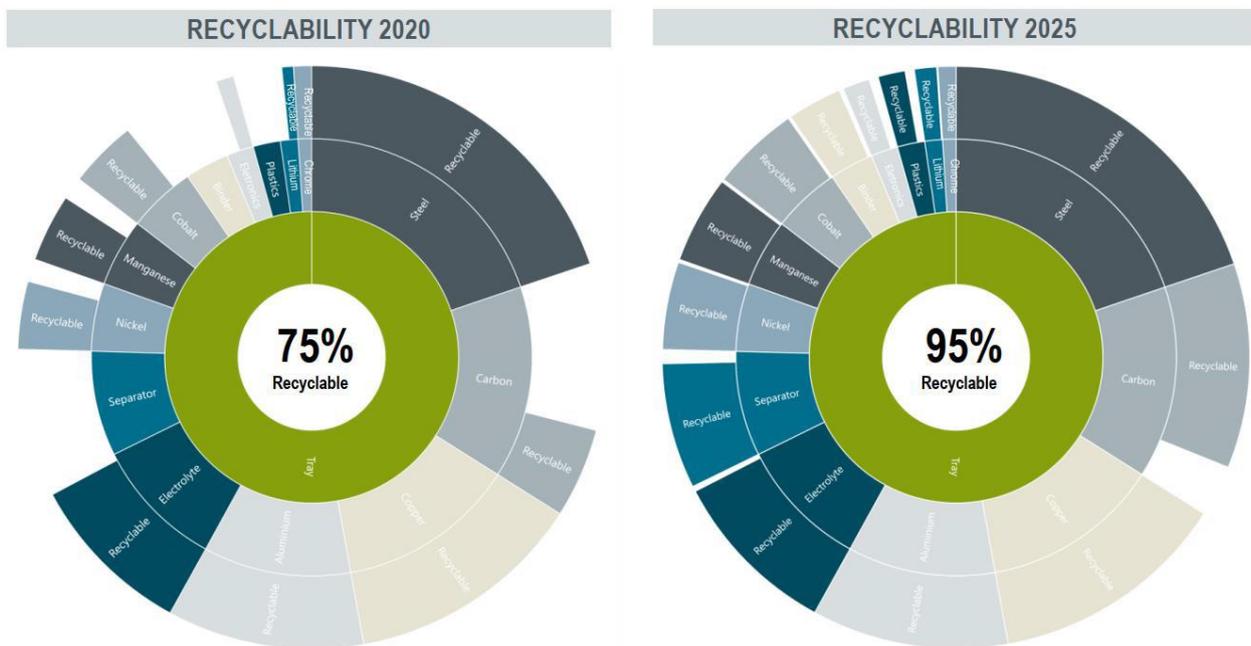
Elle pèse 48 tonnes en mode transport



Elle possède une autonomie de 10h pour 7h de charge

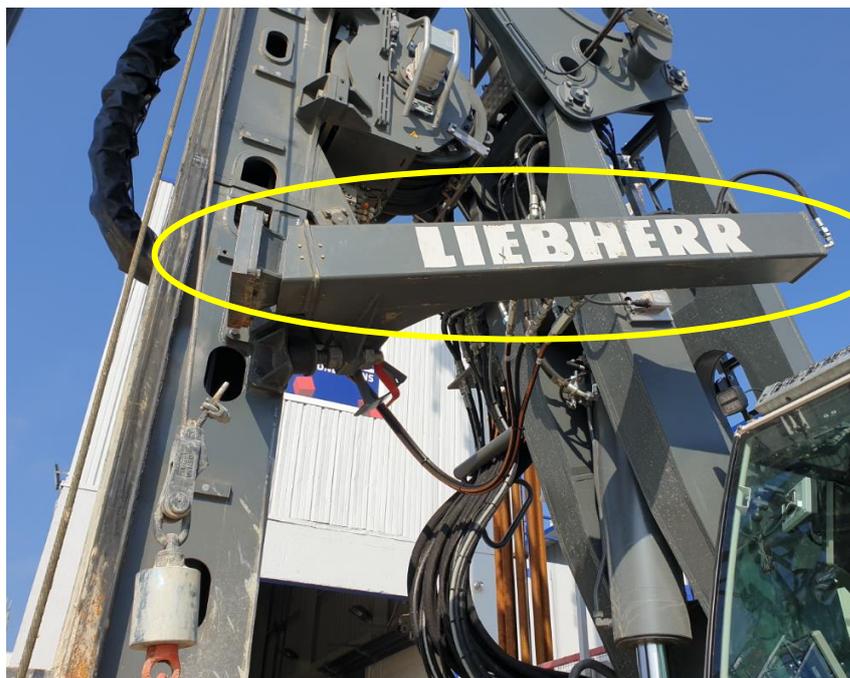


Aujourd'hui, la batterie est recyclable à 75% et l'objectif est de l'être à 95% d'ici 2025.



Des améliorations déjà existantes et certaines sont en cours :

- Optimisation du transport en un seul porte-char (en cours)
- Un suivi de la réelle consommation d'Énergie en direct à l'aide d'armoires électriques dédiées (existantes)
- Récupération d'énergie lors de l'utilisation de la foreuse (freinage du kelly de forage, rotation, ...)
- **Décrotteur** (existant) permettant l'extraction du terrain sur l'outil en silence



4. Le gain de temps

A. Grâce à la foreuse électrique

Le fait de ne plus faire le plein de Gazole Non Routier (GNR) permet d'éviter de perdre du temps pour le personnel de chantier :

- Moins de commande de fuel
- Pas de déplacement de la cuve à fuel (grue de manutention, grutier, manœuvre)
- Pas d'arrêt de production

Avec une foreuse thermique, un plein de GNR est réalisé tous les jours et dure en moyenne 30 minutes, soit 2h30 sur une semaine, l'équivalent de 2 pieux sur ce chantier. Le chantier a duré 6 semaines en production, soit 12 unités et donc une amélioration de 2 jours sur le planning.

B. Grâce au dimensionnement des pieux

Grâce au bureau d'études sur dimensionnement des pieux avec 2 diamètres différents, un gain de temps important a été réalisé et ce, pour plusieurs activités :

- Lors de l'excavation de la fondation
- A l'évacuation des déblais
- Au bétonnage

Au forage des pieux :

Le diamètre de la partie inférieure du pieu étant inférieur à celui de la partie supérieure, il y a moins de frottements lors du forage et moins de volume à sortir lors de chaque extraction. La foreuse a besoin de moins de puissance pour réaliser le forage et a une meilleure cadence.

La seule perte de temps rajoutée est celle du changement d'outil pour passer en diamètre inférieur.

Evacuation des déblais :

Le fait de sortir moins de volume par pieu permet d'économiser les rotations des pelles mécaniques et des camions semi d'évacuation.

Une pelle mécanique classique utilisée sur ce type de chantier est une pelle 8 tonnes à proximité du forage et une pelle 21 tonnes, voire 25 tonnes pour charger les déblais pour évacuation.

Pour une pelle de 8 tonnes, le godet a une capacité moyenne de 350 litres : 12 coups de godet sont supprimés.

Pour une pelle de 20-25 tonnes, le godet a une capacité moyenne de 1m³ : 4 coups de godet sont supprimés.

Le volume global théorique de déblais économisé pour les fondations est de 373m³, soit 27 camions de déblais économisés.

Bétonnage des pieux :

Le fait d'économiser 4.24m³ de béton sur chaque pieu permet de réduire le nombre de toupies lors du bétonnage de plusieurs pieux : 2 unités bétonnées simultanément permettent d'économiser 1 toupie de béton au minimum, soit un gain de temps pour :

- La mise en place de la toupie
- Le déchargement du béton
- Le rangement du matériel

5. La réduction des coûts

A. Grâce à la foreuse électrique

Outre l'achat qui est un investissement important pour la société BOTTE FONDATIONS, une forte réduction des coûts est observée en travaillant avec une foreuse électrique :

- celui de l'énergie nécessaire est divisé par 4 au quotidien
- le gain obtenu sur le fait de ne plus faire le plein de GNR permet une économie d'atelier non négligeable pour un chantier
- il n'y a plus d'entretien lié au moteur thermique
- plus besoin de cuve à fioul en location (= moins de transport également)
- moins de vibrations pour le foreur, ce qui a une forte répercussion sur la santé du personnel et par conséquent, moins de risque de maladie de type trouble musculosquelettique
- 2 jours gagnés au planning pour l'atelier de forage soit une réduction des coûts de 10 000€

B. Grâce au dimensionnement des pieux

Béton :

Le fait d'économiser 4.24m³ sur un pieu revient à 373m³ théoriques sur l'ensemble du chantier. Le prix moyen d'1 m³ de béton pour ce chantier est de 130€, soit 48 500€ d'économisés.

Planning :

En plus du gain de temps obtenu grâce à la foreuse électrique, une économie supplémentaire a été obtenue du fait de moins de volume de déblais à évacuer : 27 camions, soit 1 journée de régie pour un chantier dans le centre de Paris. Ce bénéfice a été pour l'Entreprise Principale.

Déblais :

Les déblais étant chez l'entreprise principale, le profit sur cette prestation n'a pas été pour BOTTE FONDATIONS mais elle existe tout de même. Le m³ de déblais sec, inerte est à 30€ moyen le m³, soit plus de 11 000€.

6. La sécurité

Bruit :

La foreuse électrique est beaucoup moins bruyante que son équivalent thermique, ce qui améliore les conditions de travail pour l'ensemble du personnel de chantier et permet d'éviter des soucis de santé pour le personnel et également pour les riverains.

CO2 :

Du fait qu'elle n'émette aucun rejet de CO2, qu'il y ait moins de circulation sur chantier (pelle, camion de déblais), il y a par conséquent moins de particule de CO2 dans l'air pour l'ensemble du personnel et pour les riverains.