




C H A B

SOLUTION TEXTILE POUR FONDATIONS

**Spécialiste des gaines géotextiles
tubulaires à haute résistance pour la
géotechnique et la géothermie de surface**



Sommaire

1. Coordonnée de l'entreprise.....	3
2. Présentation de l'entreprise, des produits et des marchés :.....	3
3. Prix – Distinctions de la profession.....	3
4. Description de la solution innovante et ses domaines d'applications.....	3
3.1 Description de la solution.....	3
3.2 Mise en œuvre.....	4
3.2.1 Préparation de la fondation profonde.....	4
3.2.2 Mise en œuvre de la chaussette sur la cage d'armatures :	5
3.3.3 Bétonnage du pieu	7
5. Avantages économiques et écologiques	8
6. Illustration et retour d'expérience.....	8
7. Actualité de CHAB :.....	11

1. Coordonnée de l'entreprise

Société CHAB Solutions

Nom commerciaux : C.H.A. B

Numéro SIREN : 848234399

Adresse : 849 route de Sarcey, 69490, Saint-Romain-de-Popey

Contact : contact@chab-solutions.com ; arthur.noel@chab-solutions.com

2. Présentation de l'entreprise, des produits et des marchés :

La société CHAB est une jeune PME créée en 2019 qui a développé son activité autour d'une solution brevetée, la « chaussette à béton », qui est une gaine géotextile tubulaire à haute résistance utilisée par les sociétés spécialisées dans la géotechnique et géothermie.

Les objectifs de CHAB sont de :

- Répondre aux problématiques et défis géotechniques
- Limiter les risques et les accidents
- Stopper les fuites et les pertes de béton, de mortier ou de coulis
- Remplacer les tubes aciers servant de coffrage aux fondations profondes
- Réduire les coûts de construction
- Réduire l'impact CO2 de chantiers

3. Prix – Distinctions de la profession

La société CHAB est lauréate de l'appel à projet régional (Auvergne Rhône-Alpes) R&D Booster en 2018, lauréate lors du concours de l'innovation « Innov Day TP » organisé par le Cluster Régional INDURA, la Fédération Régionale des Travaux publics Auvergne – Rhône-Alpes (FRTP) avec le soutien de la Fédération Nationale des Travaux publics (FNTP) dans l'univers « Green Technology » et aussi le Grand Prix de ces « Innov' Day TP » parmi les lauréats des trois univers.

4. Description de la solution innovante et ses domaines d'applications

3.1 Description de la solution

Après 8 ans de recherche et développement, la société CHAB a mis au point et validé *in situ* la chaussette à béton, une gaine géotextile tubulaire à haute résistance et à haute performance mécanique pour le milieu de la géotechnique.

La société CHAB est née de la rencontre des dirigeants de trois sociétés spécialisées dans le textile. SMB Bord Cote spécialisée dans le tricotage circulaire, Balas Textile spécialisée dans les textiles techniques et CTMI spécialisée dans les textiles composites pour l'aéronautique. Ils ont développé et mis au point une solution basée d'un tricot circulaire renforcé. Un partenariat avec l'INSA Lyon a été mis en place dans le cadre du projet R&D Booster financé par la Région AURA afin de valider cette solution par le biais de différents essais en laboratoire dans un démonstrateur conçu et construit spécifiquement avant la validation sur chantier (Section 6 ci-dessous).

La **chaussette à béton** est donc une solution brevetée répondant à des problématiques de géotechnique. En application dans le domaine de la fondation profonde, cette gaine est un élément dont la fonction est de contenir le béton frais lors du bétonnage d'un pieu, notamment lorsqu'il doit traverser des passages de faible compacité ou de vides francs et ce, jusqu'à la prise du béton.

La chaussette à béton de CHAB est un textile tricoté alliant déformabilité, résistance mécanique et durabilité à long terme grâce à ses éléments constitutifs et à son procédé de fabrication. CHAB met en avant le faible impact environnemental de sa solution lorsqu'elle est comparée aux tubes en acier utilisés à ce jour. *(Près de 98% de réduction de CO2 par rapport aux tubes acier, selon la base de données ADEME)*

L'absence d'assemblage et donc de points faibles, la déformabilité, l'innocuité, la structure anti-déchirure de la maille et la compacité de la solution font de la chaussette à béton un procédé géotechnique innovant. Le procédé est utilisé dans les cas d'application des pieux forés tubés simples (Classe I selon la norme NF P 94 262– virole perdue ou virole récupérée) en se substituant aux tubes acier servant de coffrage.

Cette solution est notamment préconisée dans le cas où les pieux traversent un horizon présentant des galeries non ou mal remblayées ou des cavités dont la hauteur peut atteindre 1 à 2 mètres. La chaussette peut également être utilisée lorsque des zones présentant des risques potentiels d'éboulements lors du forage. Elle sera dans ce cas utilisée en complément d'un tube acier provisoire qui sera récupéré par arrachement après le bétonnage du pieu.

La nature géologique des terrains correspondants aux cas types d'utilisation des chaussettes à béton sont les roches, les craies, les marnes ou les calcaires marneux.

La validation de la solution permet de répondre à un large scope de problématiques dans le milieu de la géotechnique, substituant certains matériaux ou procédés mais également en offrant un complément de solution pour assurer une meilleure exécution des travaux :

- Comblement partiel de carrière : cibler les cimentations et éviter les surconsommations importantes de béton, mortier et coulis.
- Colonnes ballastées (ou de sable) confinées : éviter les fuites de ballaste/sable en présence de sols (très) mous.
- Géothermie : éviter les fuites de coulis et pollutions des sols et des aquifères traversés.
- Micropieux : utilisation de manière préventive ou non pour éviter les fuites de béton et pollutions des sols
- Pieux : Assurer une bonne intégrité des pieux en évitant les mélanges entre le sol et le béton
- Réparation de parement de pieux
- Coffrage marin

CHAB offre donc une très large possibilité de d'applications pour répondre aux difficultés géotechniques et aux défis de demain liés à la décarbonation des chantiers tout en assurant une maîtrise voire une réduction de coûts.

3.2 Mise en œuvre

3.2.1 Préparation de la fondation profonde

La réalisation du pieu se fait conformément à la norme NF EN 1536 (pieux forés). L'utilisation de la solution CHAB ne modifie que l'équipement de la cage d'armatures, qui est adapté pour l'utilisation de la chaussette à béton.

Avant toute opération, un repérage de l'emplacement des pieux est effectué par le géomètre et matérialisé par un élément physique tel qu'un piquet ou un marquage. Cette opération peut être précédée selon le chantier par une opération de terrassement.

Le forage est réalisé selon les règles de l'art au moyen d'engins adaptés équipés des outils adéquats. Le forage est ainsi réalisé selon le diamètre nominal du pieu ainsi qu'à une profondeur définis lors de la conception. Aucune surlargeur n'est nécessaire pour le textile (car celui-ci se plaque contre la cage).

3.2.2 Mise en œuvre de la chaussette sur la cage d'armatures :

Deux possibilités de mise en œuvre des chaussettes sont possibles selon les choix et les usages de l'entreprise réalisant les travaux.

Afin de déployer aisément les chaussettes et afin d'éviter que les chaussettes ne vrillent, il est souhaitable de les pré-positionner sur une tuyère (virole), fournie ou fabriquée *ad hoc* par l'entreprise. Il est ainsi possible de contrôler leur déploiement convenable grâce à un marquage longitudinal, i.e. dans le sens de déploiement, selon la hauteur de la cage d'armature.

CHAB Solutions propose un kit d'enfilage sur cage adapté aux différents diamètres de pieux.



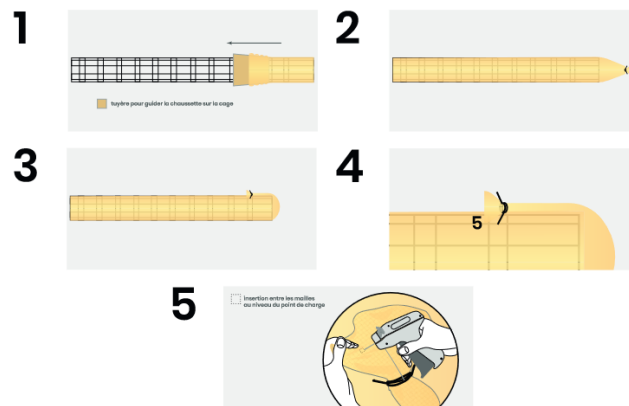
a Photo prise en condition réelle de la tuyère (virole) permettant l'enfilage de la chaussette sur la cage

Déploiement horizontale

Une tuyère mobile est utilisée en suivant le mode opératoire suivant :

1. Poser la cage d'armature sur des madriers ou bastaings afin de la surélever.
2. Positionner une élingue au tiers (1/3) en partant du bas de la cage d'armature.
3. Placer sur la cage à partir du bas une tuyère équipée d'une seule épaisseur de textile (chaussette) pré-positionnée.
4. Laisser dépasser la sur-longueur basse de 0.5 m de la cage d'armature
5. Déployer la chaussette à béton sur le 1/3 du pieu en veillant à ce qu'elle ne vrille pas, jusqu'au contact de l'élingue
6. Reposer la cage d'armature au sol.
7. Déplacer l'élingue à proximité de l'extrémité haute de la cage d'armature.
8. Déplacer la tuyère vers le haut de la cage d'armature en, déployant ainsi toute la chaussette
Toujours veiller à ce que la chaussette ne vrille pas.

9. Fermer la chaussette



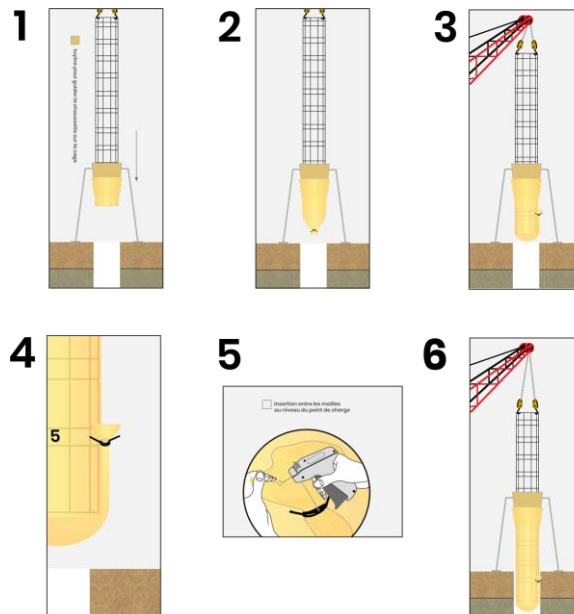
b Schéma d'enfilage chaussette à l'horizontale

Déploiement à la verticale

Un tube ou une tuyère d'un diamètre au minimum égal au diamètre du pieu augmenté des écarteurs peut être mis en place au-dessus du forage du pieu prenant appuis sur les côtés par l'intermédiaire de pattes.

Le mode opératoire est le suivant :

1. Pré-positionner une épaisseur de textile (chaussette) sur le tube ou la tuyère.
2. Ligaturer la première épaisseur de la chaussette.
3. Une sur longueur est appliquée, elle est accrochée sur le tube ou la tuyère.
4. Soulever la cage d'armature en respectant toutes les consignes de sécurité puis l'introduire dans le tube ou la tuyère afin de la mettre en contact avec la chaussette.
5. Descendre délicatement la cage jusqu'à ce que la sur-longueur soit rabattue sur le côté de la cage d'armature.
6. La sur-longueur est alors fixée à la longueur courante de la chaussette
7. Descendre intégralement la cage d'armatures dans le trou de forage en facilitant le coulisement de la chaussette présente sur le tube ou la tuyère. Toujours veiller à ce que la chaussette ne vrille pas.



c Schéma d'enfilage chaussette à la verticale

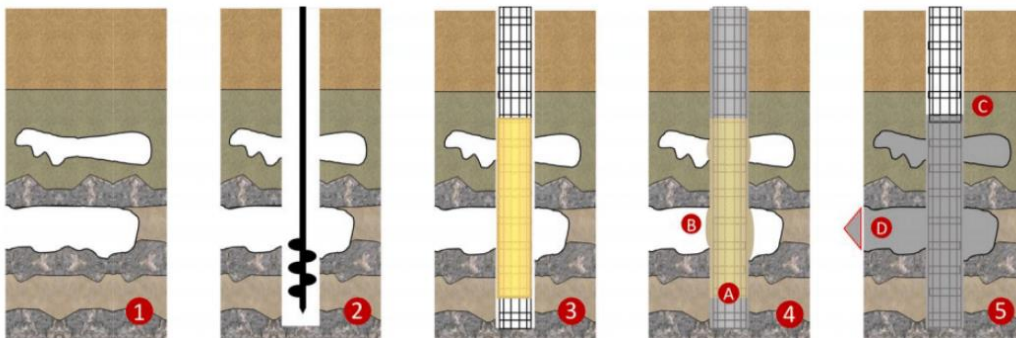
3.3.3 Bétonnage du pieu

Lorsque la cage d'armature, équipée de la chaussette à béton, est installée dans le trou de forage, l'opérations de bétonnage classique est réalisée indépendamment de la présence des chaussettes i.e. comme cela est préconisé pour les pieux forés tubés (NF EN 1536). Le béton est de composition et de qualité identiques à celles prévues pour les pieux forés tubés.

Principe de fonctionnement de la chaussette pour un usage en fondations profondes

En présence d'un sol avec cavités (1), il est procédé au forage du sol (2), à l'installation de la cage d'armature équipée de chaussette (en jaune sur le schéma) dans le trou de forage (3). Durant le bétonnage (4), la chaussette se dilate pour permettre au béton de remplir parfaitement le pieu au diamètre souhaité (4A), grâce à son élasticité. Le tricot spécifique donne à la gaine une élasticité contrôlée de sorte que cette légère expansion est limitée à un maximum de 30%. Avec une très haute résistance, cela signifie qu'en présence de cavités (4B), la gaine se dilatera et le béton ne se reprend pas dans la cavité. Par conséquent, le pieu de béton s'adaptera à la forme du forage. La quantité de béton est contrôlée, évitant ainsi la pollution et le risque de pieux non conforme.

Sans gaine (5), il aurait pu y avoir pollution du sol (5). La chaussette peut être rapidement enfilée sur la cage d'armature par des opérateurs qualifiés.



d Schéma de principe montrant le fonctionnement de la chaussette pour une utilisation en fondations profondes.

5. Avantages économiques et écologiques

La solution que propose CHAB permet de réduire considérablement l'empreinte Carbone sur chantier. Une réduction de près de **98%** de CO₂ (*) est attendue grâce à la substitution des tubes en acier ainsi qu'une réduction importante liée aux surconsommations de béton en cas de découvertes de cavités ou galeries.

La chaussette à béton est aujourd'hui confectionnée en Polyester Haute Ténacité. Afin de poursuivre son avancée vers une plus grande décarbonation, CHAB a décidé de poursuivre son développement afin de proposer de future chaussette à béton en Polyester Haute Ténacité recyclé et de produits biosourcés comme par exemple des fils en fibre minérale ou végétale.

Contrairement à l'acier et à la corrosion qu'il subit dans le temps, la chaussette à béton en polyester n'émet pas de largage de microparticules car constituée de filaments et non de fibres. Une détérioration à long terme du produit n'affectera pas l'intégrité du pieux.

La substitution des tubes acier permet également de réduire de près de **42%** ces coûts liés à l'achat de tubes en aciers. A cela vient s'ajouter des gains économiques indirect liés à la simplicité et la rapidité de mise en place.

Afin d'évaluer le gain économique et écologique voici un exemple de réalisation de fondations en pieux foré tubés par rapport à un pieux foré avec un coffrage chaussette à béton sur un « moyen » bâtiment :

« Chantier moyen »	Poids total	Prix	Émissions de CO2
Tubes en acier	80 000 kg	104 K€	180 Tonnes *
CHAB	680 kg	60 K€	3,7 Tonnes *

-42% (réduction de prix)
-98% (réduction de CO2)

6. Illustration et retour d'expérience

Chantier Centre des Savoir et de l'Innovation (CSI2) à Saint-Etienne.

Contexte géologique




Contexte minier, présence de couche charbonneuse de 5^{ème} Gruner avec zones de vides francs et zones de remblais lâches.


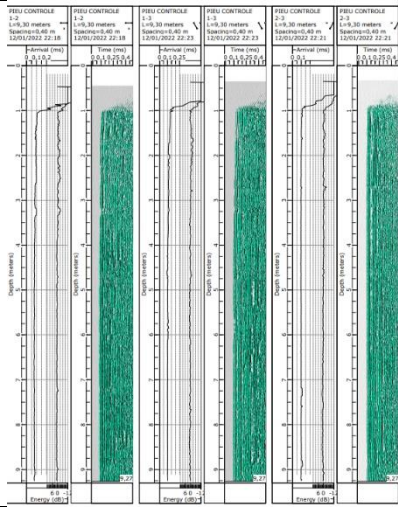

Réalisation

CHAB a accompagné la société **Pyramid Travaux Spéciaux** dans la réalisation du chantier.

- 30 pieux équipés de chaussette de 12 à 17 mètres de profondeurs
- Diamètre de pieux : Ø 600 mm et Ø 800mm

* selon comparatif issu des données sur les matériaux de l'ADEME.

Test de traction							Planche de carottage	
							 <p>De 3.60 à 4.55 m</p>  <p>De : 4.55 à 5.96 m</p>	
Essai	Nature du sol	Longueur libre	Longueur scellée	Øforage	Tc	qs	<p>De 3.60 à 5.10 m : Béton gris sombre - 5.10 m : Chaussette CHAB - De 5.10 à 5.96 m : Gréseux fin à moyen beige</p> <p>Pas de mélange entre le sol et le béton</p>	
SUD	Gréseux G5	3 m	2,1 m	600 mm	970 kN	245 kPa		
NORD	Gréseux G5	3 m	2 m	600 mm	980 kN	260 kPa		
Essai	Nature du sol	Longueur libre	Longueur scellée	Øforage	Tc	qs		
PE105	Gréseux G5	3 m	1,2 m	600 mm	560 kN	248 kPa		
PE106	Gréseux G5	3 m	1 m	600 mm	400 kN	212 kPa		

Test à l'enrobage	Test d'auscultation sonique par transparence	Passage caméra				
						
10 cm d'enrobage, Conforme aux exigences	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Observations</th> <th>Conformité à NF P 94-160-1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sur l'ensemble des parcours : pas de distorsion significative du signal conduisant à une singularité</td> <td>OUI</td> </tr> </tbody> </table>	Observations	Conformité à NF P 94-160-1	Sur l'ensemble des parcours : pas de distorsion significative du signal conduisant à une singularité	OUI	Aucune singularité identifiée
Observations	Conformité à NF P 94-160-1					
Sur l'ensemble des parcours : pas de distorsion significative du signal conduisant à une singularité	OUI					

Plusieurs tests ont été réalisés sur chantier afin de caractériser la solution et son efficacité :



e Cages d'armatures équipées de chaussette à béton



f Pieu coulé avec une chaussette à béton



g La chaussette à béton, une solution manuable



h Maintenance d'une cage d'armature équipée de chaussette à béton

7. Actualité de CHAB :

Prévention BTP : Janvier 2023

Olivier Balas, Arthur Noël, Kim Picard-Chaïbi et Ali Daouadji ont été interviewés le 29 septembre 2022 par Laurent Duguet, journaliste à PréventionBTP. L'article est paru dans le numéro spécial 269 décembre 2022 et est disponible ici :

<https://magazine.preventionbtp.fr/archives/detail/linnovation-a-portee-de-main>

NOVABUILD (cluster pays de la Loire) : 27 janvier 2023

Dans le cadre d'un webinaire « Innover encore et toujours dans les TP » organisé par le cluster Novabuild et la F RTP Pays de la Loire sous l'égide du hub Innov'Infra (qui regroupe sous une même bannière nationale les clusters régionaux œuvrant dans le Bâtiment et les Travaux Publics), Olivier Balas a présenté la société CHAB, l'innovation qu'est la Chaussette à Béton, ainsi que les pistes de recherche à venir. Les nombreuses questions auxquelles il a répondu sont le signe d'un réel intérêt. Lien et replay : <https://www.novabuild.fr/rendez-vous/webinaire-innovinfra-innover-encore-toujours-dans-tp>

Piling Canada Magazine : novembre 2022

Olivier Balas, Arthur Noël et Ali Daouadji ont été interviewés par Lisa Gordon de la revue spécialisée canadienne traitant des fondations profondes et de leur utilisation notamment sur le marché canadien. Le long article est à retrouver ici :

<http://www.pilingcanada.ca/a-greener-way-to-drill/>

Solscope : 5 juillet 2022

Olivier Balas a été interviewé par Maylis Roizard journaliste à Solscope, une revue française majeure qui recense entre autres les innovations et organise un salon annuel phare dans les domaines de la fondation, du forage de la géotechnique.

Le long article est à retrouver ici <https://www.solscope.fr/zoom-technique-des-chaussettes-en-textiles-techniques-en-lieu-et-place-des-tubes-aciers-une-solution-economique-et-ecologique,b18-906.htm>

SOFFONS (Syndicat des entrepreneurs de sondages, forages et fondations spéciales) : dans les locaux de la FNTF le 16 mars 2022

Olivier Balas et Ali Daouadji ont présenté les résultats obtenus dans le cadre du projet de recherche liant les fondateurs de CHAB et l'INSA Lyon lors de l'AG annuelle 2022 du syndicat SOFFONS). L'accueil chaleureux réservé à l'innovation portée par CHAB a permis à Olivier de nouer de nombreux contacts.

Forum TP : 24 février 2022

Suite au Grand Prix obtenu lors des InnovDay TP organisés par INDURA et la F RTP Auvergne – Rhône-Alpes, CHAB a tenu un stand lors du Forum des TP organisé par la FNTF (Fédération Nationale des Travaux Publics) au Grand Palais Éphémère à Paris et a ainsi pu présenter des échantillons de textile développé pour sa Chaussette à Béton, la réponse à l'enjeu de la réduction de l'empreinte carbone des entreprises du BTP tout en réalisant des économies face à d'autres solutions actuellement utilisées. Lien vers la liste de participant : <https://acteurspourlaplanete.fntp.fr/forum/partenaires/>

CS12(Pyramid) : janvier à mars 2022

Un premier chantier de validation de la Chaussette à Béton a pu être mené à bien sur la 2ème phase du chantier du Centre des Savoirs et de l'Innovation (CS12) de l'Université Jean Monet à Saint-Etienne. Nous tenons à remercier l'entreprise Pyramid pour nous avoir fait confiance et utiliser la Chaussette ce qui illustre son esprit innovateur et volontaire, la Maîtrise d'Ouvrage et la Maîtrise d'Œuvre, le bureau de contrôle ainsi que les géotechniciens de SIC INFRA 42.

Innov'Day TP : 25 mai 2021

Le Cluster Régional dédié aux Travaux Publics INDURA et la F RTP Auvergne-Rhône-Alpes ont organisés un concours national de l'innovation dans les TP InnovDay TP. Pendant 4 mois de campagne durant lesquels les internautes pouvaient choisir les entreprises qu'ils voulaient mettre en avant dans 3 univers différents, les lauréats sont :

- Transitions numériques et robotiques PaintUP,
- Sobriété énergétique : NGE FONDATIONS,
- Green technologies : CHAB.

Les 3 sociétés ont été invitées à présenter leur innovation devant un jury issu des acteurs reconnus du TP et la société CHAB s'est vu décerner le Grand Prix de l'Innovation. Un grand merci pour la reconnaissance et la confiance que vous manifestez à CHAB, à INDURA et à la F RTP.

Page de présentation des lauréats de chaque univers et du grand vainqueur CHAB : <https://vimeo.com/558896154>

Pitch de présentation de la Chaussette à Béton par Olivier Balas : <https://vimeo.com/543573761>

Conference on foundation Decarbonization and Re-use: 20-22 mars 2023

Conférence sur la décarbonation et la réutilisation des fondations qui a lieu à l'Institut Royal des tropiques à Amsterdam. Stand 6

Solscope : 14 et 15 juin 2023

Salon international de la géotechnique, du forage et des fondations à Eurexpo, Stand F16.