



1  
© KAÉNA

# KAÉNA VALORISER LE SOL GRÂCE À LA GÉOTECHNIQUE

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

LA TERRE EST DÉFORMABLE ET IL EST CRUCIAL, DANS L'ACTE DE CONSTRUIRE, DE CONNAÎTRE L'ÉTAT ET LA NATURE DU SOL AVANT TOUTE CONSTRUCTION. CE À QUOI S'EMPLOIE KAÉNA, UNE PME INDÉPENDANTE BASÉE PRÈS DE GRENOBLE, FONDÉE PAR TROIS INGÉNIEURS GÉOTECHNICIENS PASSIONNÉS PAR LEUR MÉTIER ET QUI CONTRIBUENT, PAR LEUR EXPÉRIENCE ET LEUR MAÎTRISE DES SCIENCES DE LA TERRE ET DES STRUCTURES, À AIDER LES INTERVENANTS D'UN PROJET À PRENDRE LA BONNE DÉCISION, QUELLE QUE SOIT LA NATURE DU SOUS-SOL.

BENJAMIN GARDAVAUD, PRÉSIDENT ET CO-FONDATEUR DE L'ENTREPRISE, RETRACE LEUR BELLE AVENTURE ENTAMÉE VOICI BIENTÔT 10 ANS.

En effet, la société a été créée en 2009 par trois ingénieurs géotechniciens - Laurent Belorgey (Esem Orléans), Philippe Faure (Polytech Grenoble) et Benjamin Gardavaud (Polytech Grenoble) avec l'appui de Michel Petit Maire, président des sociétés SIC Infra et Amap'Sol. Depuis mai 2015, un quatrième associé - Jérôme

Sert (mastère de géologie de l'Université de Grenoble) - a rejoint le comité de direction.

Un retour en arrière de quelques années permet de comprendre le parcours des créateurs.

Entre 1994 et 1997, Benjamin Gardavaud et Laurent Belorgey sont jeunes ingénieurs géotechniciens au sein de

**1- Les sondages au pénétromètre constituent l'une des spécialités de Kaëna.**

Geoprojets, basée à Meylan, dans l'Isère, et s'imprègnent de la rigueur de son directeur Xavier Caquineau, qui fut l'un des collaborateurs de Louis Ménard, concepteur du pressiomètre.

De son côté, Philippe Faure exerce en tant qu'ingénieur dans un bureau d'études spécialisé dans l'analyse, la



© KAËNA  
2



© KAËNA  
3



© KAËNA  
4

prévention, la gestion et l'information des risques naturels à Grenoble.

Entre 1996 et 2004, Benjamin Gardavaud et Laurent Belorgey, rejoints par Philippe Faure, participent à la fusion de Geoprojets, Alpes Essais, Sopena, ESF et Nord Essais qui deviennent Solen.

#### UNE HISTOIRE DE PASSION

Au sein de Solen, entre 2004 et 2009, ils côtoient des experts français dans le domaine des matériaux et de la géotechnique : Gérard Philipponnat, Gabriel Durand, Michel Jacques Griffiths, Moulay Zherouni, Bertrand Hubert et, bien sûr, Xavier Caquineau.

**2- Le siège social et le laboratoire de Kaëna à Saint-Vincent-de-Mercuze, près de Grenoble.**

**3- Benjamin Gardavaud, président et co-fondateur de Kaëna.**

**4- L'équipe de direction avec, de gauche à droite : Laurent Belorgey, Jérôme Sert, Philippe Faure et Benjamin Gardavaud.**

« Notre passage chez Solen a été essentiel dans le développement de notre aventure, précise Benjamin Gardavaud. Nous étions alors jeunes ingénieurs issus de Géoprojets, une entreprise dirigée par Xavier Caquineau, et les quelques années que nous avons passées sous sa direction ont été très formatrices tant sur le plan technique que sur celui des relations humaines ».

En 2004, Solen est rachetée par le groupe Ginger tandis que son agence grenobloise, dirigée par Benjamin Gardavaud, poursuit son développement dans le domaine de la géotechnique, des essais sur sol et béton et de l'environnement.

C'est à cette époque que Jérôme Sert, jeune ingénieur géotechnicien chez Gehygeo, rejoint le groupe tandis que Laurent Belorgey et Philippe poursuivent leur mission.

En 2009, ils quittent Ginger d'un commun accord et créent Kaëna avec le soutien de Michel Petit Maire, accompagnateur sur la fabrication d'un atelier pénétrométrique unique et innovant, l'Amap'Sol, opérationnel depuis 2011. Le début de l'année 2015 voit l'ouverture d'un deuxième établissement Kaëna "Pays de Savoie" à Chavanod (Haute - Savoie), près d'Annecy.

Au sein de la société, Benjamin Gardavaud exerce la fonction de président, Laurent Belorgey celle de responsable du service ingénierie, Philippe Faure, celle de responsable scientifique/veille réglementaire, Jérôme Sert, celle de responsable de l'agence Pays de Savoie.

Kaëna compte désormais 35 personnes et réalise un chiffre d'affaires de 3,3 millions d'euros. Elle est ainsi passée en huit ans de 3 à 35 personnes. L'entreprise est implantée dans le département de l'Isère à Saint-Vincent-de-Mercuze, entre Grenoble et Chambéry, dans la vallée du Grésivaudan, au pied du massif de la Chartreuse et de la chaîne de Belledonne. Elle exerce son activité partout en France mais assure des missions de chantier en Suisse et en Algérie, exclusivement dans le domaine de la géotechnique.

« Kaëna est un bureau d'études indépendant et autonome avec trois grands services, indique son président : l'ingénierie pour toutes les missions, les sondages avec nos propres ateliers, notre laboratoire d'identification et de mécanique des sols et roches ».

À tous les niveaux de ses interventions, l'entreprise est très attachée à son autonomie qui lui permet de contrôler du début à la fin la chaîne de gestion des études.

Au travers de son président, de ses associés et de l'ensemble de son personnel, elle se caractérise également par l'objectif de valoriser et défendre la place des géotechniciens dans l'acte de construire, consolider son savoir-faire dans les investigations en milieu difficile et devenir incontournable dans le domaine des sondages pénétrométriques, tout en garantissant la sécurité de ses collaborateurs et une forte optimisation des solutions à ses clients. Elle est membre de l'Union Syndicale Géotechnique (USG) et du Comité Français de Mécanique des Sols et de Géotechnique (CFMS).



5

© KAENA



6



7

© KAENA

## 60% DANS LE BÂTIMENT

Le bâtiment sous toutes ses formes représente l'essentiel de son domaine d'activité : immeubles de logements, lotissements, villas, bureaux, bâtiments industriels, locaux frigorifiques, salles blanches, sites chimiques ou écologiquement sensibles.

Kaëna est également présente dans le secteur des ouvrages routiers linéaires - voirie, élargissement de routes et d'autoroutes, chemins d'accès - ainsi que prospection de carrières ou infrastructures en montagne tels que pylônes de télésièges et télécabines, aména-

gements de pistes de ski, diagnostics des ouvrages hydro-électriques, massifs d'implantation, conduites forcées, ponts et réservoirs.

« Cette activité se répartit à 60% dans le domaine du bâtiment proprement dit, précise Benjamin Gardavaud, 30% dans les ouvrages routiers et 10% dans la prospection de sites. Nous faisons ce que l'on peut qualifier de "géotechnique de proximité". Il s'agit d'études très ponctuelles, la plupart du temps pour des clients récurrents qui nous connaissent et nous font confiance pour leurs projets futurs ».

**5- Le pénétromètre statique Amap'Sol, un matériel qui demeure unique en son genre en Europe, est installé sur un camion de 26 t.**

**6- L'Amap'Sol est entièrement équipé en laboratoire/bureau.**

**7- Le système d'acquisition de données de l'Amap'Sol.**

Pour traiter les problèmes le plus souvent très originaux que constituent les travaux en montagne, l'entreprise a constitué des équipes spécialisées qui disposent de matériels conçus pour les endroits souvent très difficiles d'accès. Ces matériels sont héliportables afin d'être acheminés dans les meilleures conditions possibles de sécurité sur des sites souvent inaccessibles par les voiries existantes.

Certaines foreuses, en particulier, peuvent être démontées en éléments de 700 kg et remontées très rapidement sur site.



8



9



10



11

**8- Kaéna est spécialisée dans les investigations en milieu difficile, notamment en montagne, grâce à des matériels héliportables.**

**9- Chantier de sondages en montagne à l'aide d'un matériel héliportable.**

**10- Le pénétromètre FD 55 est une machine démontable afin d'être héliportée.**

**11- La presqu'île de Kaéna, sur l'île d'Oahu, à Hawaï.**

## KAÉNA, POURQUOI ?

**Le nom de Kaéna correspond à une période paléomagnétique. En effet, c'est sur la presqu'île de Kaena Point, sur l'île d'Oahu à Hawaï, que l'on a découvert une inversion des pôles magnétiques Sud et Nord, il y a trois millions d'années.**

**S'il est symbolique de l'activité de Kaéna, le nom a également été retenu pour sa sonorité, son côté « fun et original » et sa facilité d'être transposé dans la plupart des langues étrangères.**

Chaque atelier est différent afin de s'adapter à toutes les contraintes géologiques et à toutes les conditions d'intervention : quatre ateliers pénétrométriques et quatre ateliers de forage. Au siège de Saint-Vincent-de-Mercuze,

un laboratoire de traitement et de stockage de 180 m<sup>2</sup> et un matériel d'essai in situ assurent essentiellement le contrôle de terrassement.

### UN PARC TOUT-TERRAIN

Deux des quatre ateliers de forage sont adaptés aux sondages en milieu difficile. Ils permettent de réaliser des forages carottés de 116 à 130 mm de diamètre jusqu'à 30 m de profondeur tandis que les deux ateliers "classiques" sur chenilles autorisent des forages jusqu'à 100 m de profondeur. Pour ces travaux, Kaéna s'appuie sur ce qui constitue sa spécialité. Benjamin Gardavaud insiste sur le fait que le nom de Kaéna est indissociable des mesures pénétrométriques héritées du savoir-faire Géoprojets et du pénétromètre Andina. Cette culture a conditionné la constitution du parc de matériel pénétrométrique qui va du modèle le plus léger au plus lourd existant sur le marché. Elle a amené l'entreprise à concevoir et fabriquer un matériel qui demeure unique en son genre en Europe : le pénétromètre statique Amap'Sol. ▷



12



13

© KAÉNA

Il est installé sur un camion de 26 t entièrement équipé en laboratoire/bureau pour traiter immédiatement les résultats des mesures et a une capacité d'enfoncement de 220 kN.

L'Amap'Sol permet de réaliser trois types de travaux :

- Sondages au pénétromètre statique (norme NF P94-113) et au piézocône (norme NF P94-119) avec mesure de qc, ft, U.
- Pose de piézomètre métallique 49/50 mm par fonçage.
- Fonçage de la sonde DMT et SDMT (dilatromètre plat Marchetti).

La pointe mécanique est de type Andina (grosse sonde de 80 mm de diamètre avec mesure de ft sur manchon) télescopable avec une pointe de 39 mm de diamètre. Le passage en vibropercussion est assuré par un marteau Montabert intégré dans le cas d'un refus en statique, puis reprise en mode statique. La grande amplitude des mesures avec la pointe mécanique est très bien adaptée dans les sols hétérogènes en nature et en résistance.

Le contrôle et l'acquisition numériques sont assurés en direct sur le système DIALOG avec transmission des mesures par GSM.

« Avec ce camion, poursuit Benjamin Gardavaud, nous avons établi un record en descendant à 92 m de profondeur dans les alluvions du Drac et de l'Isère dans le cadre du projet de ligne E du tramway de Grenoble ».

L'objectif des créateurs de Kaéna était de disposer très rapidement d'un outil innovant pour faire la différence vis-à-vis de la concurrence.

#### UNE QUASI-EXCLUSIVITÉ EN FRANCE : LE DMT

Autre particularité de la société Kaéna :

elle est quasiment le leader français quant à l'utilisation du dilatromètre plat Marchetti (DMT).

« Cet appareil est très utilisé dans les pays anglo-saxons, précise Benjamin Gardavaud, aux États-Unis, en Grande Bretagne, en Australie, mais complètement méconnu en France où nous sommes confrontés à une culture pressiométrique discutable alors que le DMT permet d'obtenir des résultats géomécaniques très précis dans les sols fins tels que sables, argiles, et limons ».

Qu'il s'agisse de la gamme de pressiomètres, de l'Ampasol ou du dilatromètre plat Marchetti, tous ces appareils sont

**12- L'un des pénétromètres classiques sur chenilles au travail dans un terrain escarpé.**

**13- Un pénétromètre léger, démontable et facilement transportable.**

dotés de systèmes d'acquisition semi-automatiques des essais ainsi que de visualisation en direct et envoi par GSM des résultats.

### LE DILATOMÈTRE PLAT MARCHETTI EN BREF

**Le dilatromètre plat Marchetti a été développé à la fin des années 70. Il consiste essentiellement en une lame équipée d'une membrane de 6 cm de diamètre sur une face. De l'air comprimé peut agir à la face intérieure de la membrane.**

**On commence par enfoncer la lame à vitesse constante de 2 cm/s puis, tous les 10 à 20 cm, on arrête la pénétration et on procède à un essai.**

**Celui-ci consiste à mesurer :**

- La pression de décollement de la membrane  $p_0$
- La pression de déplacement de 1 mm  $p_1$

**Le dilatromètre plat Marchetti DMT constitue un essai in-situ permettant d'approcher la valeur du module œdométrique nécessaire aux calculs approfondis des tassements par exemple. Celui-ci permet également de déterminer la cohésion non drainée dans les sols cohérents, l'angle de frottement interne dans les sols pulvérulents, l'état de consolidation.**

**Cette sonde peut être associée à une sonde sismique SDMT, permettant en alternative aux essais Cross Hole de déterminer la vitesse de propagation des ondes sismiques dans le sol (ondes de cisaillement Vs et les ondes de compression Vp) liées avec le module de cisaillement G0. Bertrand Dumolard, de la société GS issime et spécialiste français du DMT, est le partenaire technique de Kaéna sur cet outil.**

#### DES RÉALISATIONS DIVERSIFIÉES

Nombreux sont les projets auxquels a contribué Kaéna qui constituent son terrain privilégié d'action :

- Télécabine Saulire Express à Méribel (Savoie) ;
- Antenne astromomique du Pic de Bure (Hautes-Alpes) ;
- Bâtiments de logements très enterrés à Grenoble (Isère) ;
- Tunnel du Chambon dans la vallée de la Romanche (Isère) ;
- Projet Floyd à Genève, nouveau siège mondial de JTI (Suisse) ;
- Aéroport international de Genève (Suisse) ;
- Autoroute A 304 à Charleville - Mézières (Ardennes) ;
- déviation du Teil à Le Teil (Ardèche) ;
- Élargissement de l'autoroute A 71 à Vierzon (Cher) ;
- Élargissement de l'autoroute A 10 à Tours (Indre-et-Loire).

« Dans les milieux professionnels de la construction, précise Benjamin Gardavaud, le bien-fondé des études géotechniques n'est plus à démontrer. Il fait partie intégrante de la chaîne de construction ».

« Il permet de trouver des solutions adaptées dans l'optimisation financière et technique d'un projet pour peu que l'on fasse appel à lui dès le stade des études préliminaires, pour définir le projet avec l'architecte et l'ingénieur béton avant de le proposer ».

#### « POP » DANS LA TÊTE

Les engagements de Kaéna peuvent être synthétisés en trois mots : Prévenir, Optimiser, Pérenniser.

- Prévenir le client des aléas et des risques associés ;
- Optimiser en proposant une ingé-



14- Réception des carottes dans le laboratoire.

15- Le laboratoire de traitement et de stockage de 180 m<sup>2</sup> de Saint-Vincent-de-Mercuze.

16- Mesures à l'aide d'une presse GBR.

17- Géologue en analyse d'un matériau calcaire.

18- Les campagnes d'investigation sont menées en toute saison, y compris dans la neige.



## QUELQUES CHIFFRES CLÉS

**205 km** de sondages géotechniques cumulés

**92 m** : record de profondeur d'un sondage au pénétromètre

**6 000** devis

**4 000** études

**150 t** d'échantillons traités en laboratoire

Cette démarche « POP », comme se plaît à la qualifier avec humour Benjamin Gardavaud, est conduite avec un souci de tous les jours de la sécurité des équipes sur le terrain, de la qualité des études proposées et de la rentabilité, garante de la survie de l'entreprise, chacune d'elles n'étant jamais privilégiée au détriment des deux autres.

« En fait, conclut-il, avant même son acquisition, il faudrait tout connaître de la géologie d'un terrain à construire, et c'est encore plus vrai en montagne. Avec l'étude géotechnique, concepteurs d'un projet et entreprises chargées de sa réalisation savent quel type de fondation ou de soutènement choisir pour la future construction ».

L'impasse géotechnique peut s'avérer lourde de conséquence, y compris lors de la réalisation de bâtiments de petite dimension, voire de maisons individuelles, surtout si l'on prend en compte le fait qu'elle ne représente que 0,5 à 1 % du montant global d'une construction.

Une économie qui peut coûter très cher. □

nière d'expérience dans le but de minimiser le coût financier des ouvrages géotechniques ;  
→ Pérenniser l'ouvrage avec des solutions durables et non évolutives dans le temps.