

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 133 (2007)
Heft: 15-16: Géotypes

Artikel: Participation des géologues à l'usage des géotypes vaudois
Autor: Affolter, Stéphane / Marclay, Emmanuel / Franciosi, Giuseppe / Vallotton, Alexandre
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99595>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Participation des géologues à l'usage des géotypes vaudois

GÉOLOGIE

La méthodologie utilisée dans le Canton de Vaud pour le microzonage sismique utilise la notion de géotypes. L'application de cette méthode de transposition des données géologiques conventionnelles en géotypes nécessite une connaissance détaillée des conditions géologiques in situ et notamment des données en profondeur. Dépositaires de ce savoir, les bureaux privés jouent donc un rôle clé dans ces travaux menés pour le compte de l'Etablissement cantonal d'assurance contre l'incendie et les éléments naturels (ECA).

En Suisse, 90 % des constructions ont été réalisées avant 1989, 70 % avant 1970. Jusqu'à dans les années septante, aucune norme parasismique n'avait été éditée pour les constructions dans le pays. Par ailleurs, les tremblements de terre de Mexico (1985) et Loma-Prieta (San Francisco, USA, 1989) ont engendré des dommages très variables pour un même événement sismique touchant une région limitée. Ces différences s'expliquent entre autres par des variations dans la composition locale du sous-sol : c'est ce que l'on appelle l'effet de site.

L'investigation de site vise à déterminer comment un sous-sol se comportera sous l'action d'un tremblement de terre. Il est par exemple possible qu'un terrain amplifie les mouvements du sol, se liquéfie ou se mette en mouvement translationnel.

Microzonage

La prise en compte des effets de la géologie et de la topographie locales sur la sollicitation sismique se fait par un microzonage. L'objectif est d'obtenir un niveau de sécurité homogène pour les nouveaux ouvrages, quelle que soit la zone sismique ou la géologie locale. L'ancien Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG) a édité des directives à cet effet dans la brochure « Principe pour l'établissement et l'utilisation d'études de microzonage en Suisse » [1]¹. Sur la base de ces recommandations, les cantons sont responsables de la bonne réalisation du projet.

Le premier niveau de microzonage est basé sur la norme de construction SIA 261 « Actions sur les structures porteuses » [3], qui définit les sollicitations sismiques sur la base

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie placée en fin d'article.

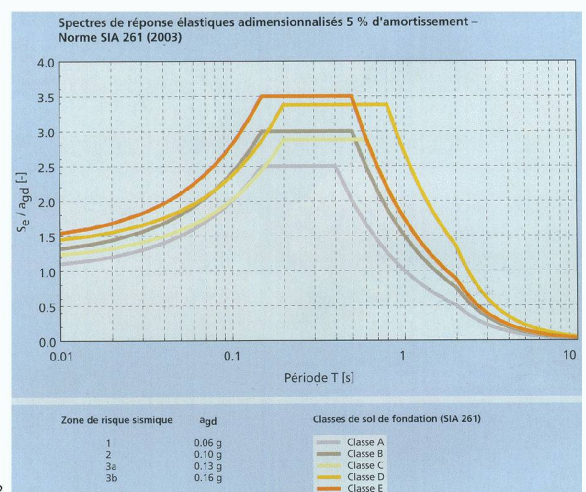
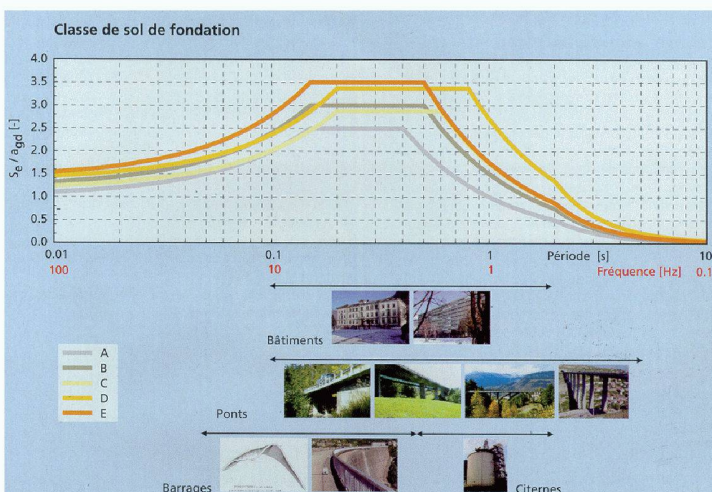


Fig. 1 : Domaine de périodes fondamentales de certains types d'ouvrages en relation avec les spectres de réponse des sols de fondation selon SIA 261 (Source [1])

Fig. 2 : Spectre de réponse associé aux diverses classes de sol selon SIA 261 (Source [1])

d'une carte des zones sismiques et des classes de sols de fondation.

Un second niveau de microzonage concerne le microzonage spectral (fig. 1 et 2), qui correspond à une étude quantitative de détail réservée aux zones ou objets à fort potentiel de risque. Il se réalise par l'acquisition directe in situ de paramètres physiques propre aux terrains en présence (mesures de vibrations, de vitesses sismiques des ondes de cisaillement, de densité des sols, des valeurs SPT ou CPT, etc.)².

Relevons par ailleurs d'une manière plus générale que, sur la base des expériences réalisées dans le cadre de l'accomplissement du mandat de l'ECA, le choix des classes de sol de fondation proposé par la norme SIA 261 ne définit pas, à notre avis, de façon satisfaisante la géologie des formations quaternaires propres à notre pays, par exemple en corrélant de manière univoque la description granulométrique avec les compacités. Ceci a souvent exigé une interprétation de notre part pour la transposition des sols dans les différentes classes prévues par cette norme.

L'exemple vaudois

Dans le Canton de Vaud, l'étude a débuté à l'initiative de l'ECA. Du fait de l'inexistence d'un service géologique cantonal et de l'absence d'une base de données des sondages en début d'étude, l'ECA a mandaté l'EPFL comme coordinateur technique et a eu recours aux compétences de certains bureaux privés du Canton de Vaud pour la réalisation des cartes des sols de fondation. Des bureaux spécialisés en géologie et en géotechnique ont ainsi été appelés à appliquer une méthodologie mise au point par l'EPFL [2] (voir article p. 19). Elle prévoyait notamment l'utilisation de la notion de géotypes, ce qui constituait une première pour les bureaux. Elle se basait en outre sur une réalisation en trois étapes (voir article p. 7).

L'objectif déclaré de l'étape I était la réalisation, dans un délai très court (huit mois), d'une carte du sous-sol spécifique au microzonage sismique recouvrant l'ensemble du territoire cantonal, ceci à partir de l'analyse de documents géologiques existants (cartes géologiques, études régionales, connaissances du territoire).

Les données géologiques de base pour ce travail se trouvent dans les cartes au 1/25 000^e de l'Atlas géologique de la Suisse datant de 1935 (feuille Cossonay) à 2007 (feuille Grandson), rédigées selon des standards et des nomenclatures géologiques pour le moins divers. Cette disparité est d'autant

plus frappante que les récentes études du sous-sol (chantiers, ouvrages souterrains, forages) sont réalisées en appliquant des codes de description de nomenclature et de classification décrites dans les normes internationales (ISO, SIMR), européennes (EN) et nationales (SN) actuellement en vigueur.

Autres exemples cantonaux

Les cantons limitrophes du Canton de Vaud ont également entrepris la réalisation de cartes conservatives des sols de fondation selon des processus assez distincts qui n'utilisent pas la notion de géotype.

Dans le Canton de Genève, qui dispose d'un Service géologique et d'un cadastre informatisé avec près de 13 000 données de forages, ces cartes ont été réalisées par un traitement numérique³, complété par une analyse critique.

Dans le Canton de Fribourg, ce type de carte a été établi par une application de la norme, l'information géologique étant directement traduite en classe de sol de fondation.

En Valais, la cartographie n'a été réalisée que dans la vallée du Rhône et dans certaines vallées densément peuplées. La norme y a également été appliquée. Cela a permis d'éliminer rapidement (comme dans le cas fribourgeois) de grandes surfaces de sols ne présentant pas de problèmes au niveau sismique, comme les zones en rocher ou en rocher subaffleurant. Des cartes de microzonage spectral – qui représentent la forme la plus aboutie du microzonage du sous-sol puisqu'on obtient le spectre de dimensionnement élastique (SDE) – ont également été réalisées ou sont en cours d'élaboration.

Ainsi, l'utilisation de la notion de géotype appliquée dans le Canton de Vaud, introduisant un stade intermédiaire dans le processus d'établissement des cartes des sols de fondation, constitue à notre connaissance une première en Suisse.

Le rôle des bureaux

Les produits issus des opérations de la méthode de microzonage devaient être compatibles avec le Système d'Information sur le Territoire de l'Administration Cantonale Vaudoise (SIT-ACV), puisque l'objectif à terme est d'utiliser ces données pour les processus de mise à l'enquête, d'autorisation de construire, de gestion et d'aménagement du territoire. Le recours à un outil de système d'information géographique (SIG) était donc impératif pour effectuer ce mandat.

Les bureaux privés avaient pour tâche de valider ou corriger les codes de traduction proposés par l'EPFL, d'abord pour le passage des cartes géologiques aux géotypes, puis pour celui des géotypes aux classes de sol de fondation.

Pour parvenir à ce résultat, l'interprétation et l'exploitation des connaissances spécifiques des bureaux privés se sont

² Ce second niveau de microzonage ne fait pas partie de l'étude.

³ Utilisation de ArcGIS®

Fig. 3 : Vue sur le quartier de la Cité à Lausanne
(STRAESSLE, J. : « Lausanne », éd. La Bibliothèque des Arts, Lausanne)

Fig. 4 : Profil du sous-sol lausannois avec indication des anciennes carrières de molasse
(CHOFFAT PH. (1984): « Observations géologiques dans la région Lausannoise », documents inédits, Musée cantonal de géologie, Lausanne)

avérées indispensables, notamment pour l'analyse critique des cartes géologiques et des codes de traduction automatiques de l'EPFL. Après vérification des géotypes fournis par traduction automatique, nous avons mis en évidence des divergences de résultats par rapport à nos connaissances du terrain et avons ainsi pu adapter ponctuellement le code de traduction. Notre façon de traiter l'information lorsque le code de traduction était en contradiction avec notre connaissance de la région peut être illustrée par les deux exemples qui suivent.

Sur la carte géologique Lausanne (N° 1243), la composition granulométrique de la terrasse glaciolacustre élevée (dite de 30 m) évolue d'ouest en est. Ainsi, dans la région d'Ecublens, où les dépôts sont essentiellement fins, le géotype attribué à la formation est GL (glacio-lacustre). En revanche, pour la basse vallée du Flon à Lausanne, compte tenu de la nature plus sablo-graveleuse des sols en présence, nous avons adopté le géotype FG (fluvio-glaciaire). Cette formation géologique a donc été scindée en deux entités géotypiques différentes pour un gain de cohérence.

Sur la carte Echallens (N° 1223), le code de traduction fournissait pour la Molasse chatthienne le géotype COM (conglomérats avec quelques marnes). Notre expérience de cette formation nous a fait modifier cette attribution automatique en géotype MGR (Marnes avec quelques grès) ou GRM (Grès avec quelques marnes), selon que les faciès rencontrés ont une composition à prédominance marneuse ou gréseuse.

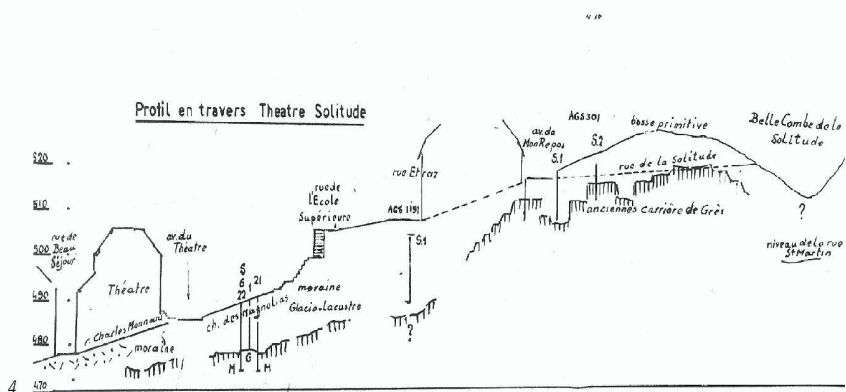
Une autre difficulté concernait l'analyse des épaisseurs des formations, un élément fondamental pour la définition des classes de sol de fondation. Nous avons ainsi parfois effectué un redécoupage des classes de sol en tenant compte de ces épaisseurs, par exemple en bordure de la plaine de la Venoge, dans les zones où les collines molassiques sont au

contact de dépôts alluviaux. Dans ces cas, pour éviter un contact entre les classes de sols A et C/D (voir tab. A, p. 19), une frange de classe de sols E a été systématiquement intercalée, pour prendre en compte l'épaississement progressif de la couverture quaternaire déposée sur la roche en place. En effet, cet épaississement progressif conduit à ce que le toit du rocher se situe à une profondeur comprise entre 5 et 30 mètres, ce qui correspond à la classe E. Dans l'exemple, cette situation traduit le plongement de la Molasse sous la plaine de la Venoge.

Dans les cas ambigus ou mal connus, l'interprétation la plus sécuritaire a été retenue pour garder une approche conservative. Les incohérences aux limites entre certaines cartes géologiques d'époques très différentes ont été réglées par les bureaux en collaboration avec le coordinateur technique, alors que les limites entre les lots des divers bureaux ont été réglées uniquement par ce dernier.

Application en milieu urbain

En milieu urbain, on retrouve les difficultés majeures de la cartographie géologique puisque les affleurements rocheux et la morphologie naturelle du terrain sont dissimulés par les modifications anthropiques du territoire (fig. 3). Si l'on prend comme exemple la zone de la Cité à Lausanne, les archives ou des données recueillies lors de chantiers ont parfois permis de reconstituer l'historique de l'occupation du territoire. On a ainsi pu déceler des particularités du sous-sol non mentionnées par la carte géologique existante, pouvant mener à l'affectation d'une classe de sol différente. En ville de Lausanne, par exemple, des anciennes carrières de pierre de taille pour les bâtisseurs de la Cathédrale sont aujourd'hui dissimulées sous le quartier de Marterrey (fig. 4 et 5). Des données essentielles à la reconstitution stratigraphique et à la caractérisa-



3

4

Fig. 5 : Carte géologique de Lausanne, zone du Pont Bessières
 Gris bleuté : remblais modernes des vallons du Flon et de la Louve ; Jaune verdâtre :
 Moraine rhodanienne ; Beige strié : molasse sous une faible couverture de sol
 Rose : affleurements rocheux de la Molasse grise de Lausanne
 (Weidmann, M. (1988) : Atlas géologique de la Suisse au 1/25 000^e)

Fig. 6 : Tunnel de Langallerie (quartier de Marterrey, 15 m sous la route) front de taille dans les sables fluvioglaciers, terrains meubles non cohésifs stabilisés lors de l'excavation par des colonnes injectées de ciment (Photo G. Franciosi)

Fig. 7 : Carte conservative des sols de fondation pour la Cité à Lausanne selon SIA 261 (ECA – Vaud, Géotest SA)

tion lithologique du sous-sol ont aussi pu être obtenues par l'intermédiaire de divers chantiers (construction de la nouvelle ligne de métro m2 (fig. 6), liaison ferroviaire pour l'usine de traitement des déchets TRIDEL, ligne de métro m1, etc.). Outre ces cas qui illustrent le rôle des recherches d'archives pour la reconstitution de la géologie du sous-sol urbain, le recours aux forages existants est indispensable lorsque l'on fait intervenir la notion d'épaisseur.

La traduction en classes de sol de fondation (fig. 7) des informations géologiques analysées met en évidence, au beau milieu du centre urbain, des zones pouvant produire une amplification modérée des ondes sismiques (classe E, en orange) et des zones pouvant amplifier notablement le signal incident ou provoquer des effets induits dommageables (classes F1 et F2, en bleu). Cette situation se concrétise dans le cas présent par la zone des remblais (bleu) des vallées du Flon et de la Louve, notamment autour de la Cité. On retrouve des cas similaires pour d'autres rivières de la périphérie lausannoise (Vuachère, Mèbre, Sorge, Galicien, etc.).

Application en milieu rural

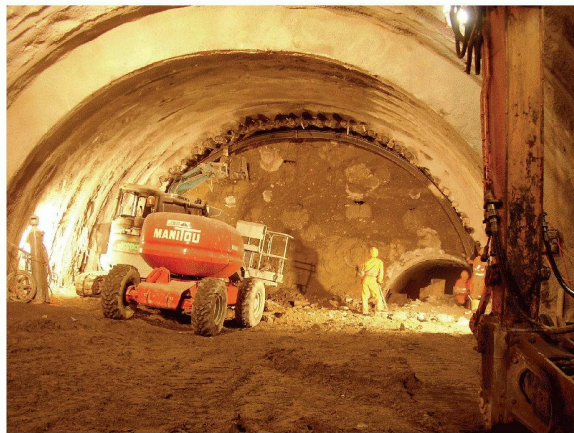
En milieu non construit, la cartographie se heurte à une limitation de l'information géologique disponible sur la base d'investigations profondes. Alors que la densité des sondages dans une ville comme Lausanne peut être estimée à quelques dizaines par km², la densité affichée dans les zones rurales y est de quelques unités, généralement concentrées le long d'axes de transport et d'activité.

Bien que théoriquement plus accessible, notamment en milieu alpin et dans la chaîne du Jura, la reconnaissance du sous-sol des régions de plaines alluviales et du Plateau suisse est en fait plus complexe à cause de l'absence d'affleurement rocheux et de la variété des dépôts quaternaires existants. Elle implique une certaine interprétation et, par conséquent, une marge d'incertitude quant à la limite des formations géologiques, en particulier pour les terrains quaternaires. Ainsi, les études concernant la construction de l'autoroute A1 entre Lausanne et Yverdon ont permis la réinterprétation de certaines limites géologiques le long du tracé.

Sur le site des collines du Mormont à Eclépens, les calcaires exploités sont directement au contact de zones marécageuses de la plaine (fig. 8). Selon la carte conservative des sols de fondation obtenue (fig. 9), cette zone de la classe A (gris) est au contact direct de la classe sensible F1 (bleu) : en cas de séisme, les dégâts potentiels seront plus importants dans la zone des marais. Au nord-est de cette carte, on observe un cordon jaune clair qui correspond à la gorge enterrée du Mormont située sur l'axe du tunnel CFF de la ligne



5



6



7

Fig. 8 : Vue aérienne de la colline du Mormont, Eclépens (Image H. Leuenberger)

Fig. 9 : Carte conservative des sols de fondation selon SIA 261 (ECA – Vaud, Groupement Geolosanne)



8

Lausanne-Bienne. Cette gorge, qui a été reconnue dans le cadre d'une étude datant de 2003 pour l'assainissement du tunnel, a mené à une modification du polygone concerné en classe C.

Cartes détaillées

Faisant suite à la phase intermédiaire d'identification des zones « sismiquement sensibles » (étape II, réalisée directement par le coordinateur technique), la troisième étape concernant les cartes détaillées est en cours. Sa méthodologie reprend les opérations appliquées pour les cartes conservatives en y intégrant l'analyse et l'interprétation des données de sondages (notamment par l'introduction d'un géotype à chaque lithologie des forages), voire de chantiers souterrains.

A l'aide d'une importante quantité de documents d'archive (études géotechniques, études des dangers naturels, études hydrogéologiques, sondages, etc.), nous pourrions affiner et réinterpréter certaines limites de formations actuelles des cartes géologiques digitalisées, notamment en ce qui concerne les cartes les plus anciennes. Ces modifications seront réalisées sur la carte des géotypes et ainsi répercutées sur la carte détaillée des classes de sol de fondation.

Bilan de l'étude et perspectives

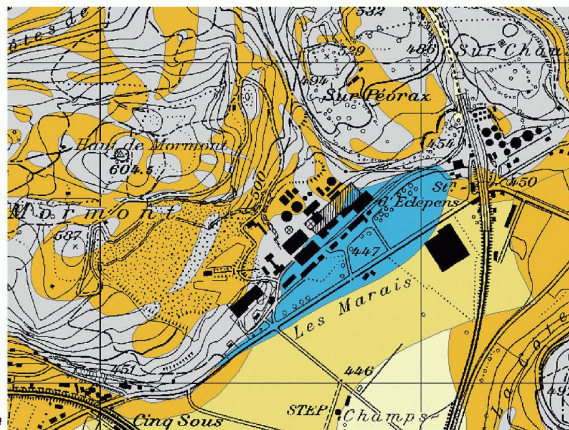
Nos connaissances géologiques régionales et l'étude de cas ponctuels du sous-sol ont permis d'élaborer la cartographie

conservative des sols de fondation du Canton de Vaud dans le délai imparti. Cette étude, qui a mis en relation occupation du territoire et dangers naturels (sensibilité aux séismes), met à disposition des professionnels de la construction et de l'aménagement du territoire une carte des sols de fondation selon la norme SIA 261, ainsi qu'une nouvelle vision unifiée des données géologiques du canton : la carte des géotypes.

Ce nouveau procédé consistant à décrire le « territoire géologique » en géotypes présente des avantages, dans la mesure où il propose une homogénéisation de l'information géologique du canton qui n'est pas assurée par les cartes géologiques publiées à ce jour. A ce sujet, les géotypes offrent une alternative aux légendes géologiques, dont le projet d'harmonisation (en cours au niveau suisse en parallèle avec l'établissement des cartes géologiques manquantes) sera réalisé dans un délai incompatible avec les exigences du canton. Par contre, avec les géotypes, les bureaux privés se sont vus imposer un nouveau standard qui n'a pour le moment pas d'équivalent dans les normes nationales et internationales en vigueur dans la profession.

Dans le cadre du mandat, l'utilisation des géotypes a compliqué la tâche des bureaux par l'introduction d'une étape supplémentaire (carte des géotypes) dans la transcription de la géologie en classes de sol de fondation et par l'application imposée de plusieurs géotypes pour la roche, bien que celle-ci ne fasse l'objet d'aucune différenciation dans la norme SIA 261. A noter enfin que la traduction en géotype de chaque horizon géologique des forages lors de leur saisie informatique n'a eu que peu d'influence sur le résultat final.

Il convient encore de rappeler qu'à l'origine (projet CADANAV, voir encadré p. 22), l'objectif du concept des géotypes était d'offrir une transposition de l'information



9

géologique de base en entités géotypiques spécifiques à chaque domaine d'utilisation (par exemple les instabilités de versant, les phénomènes de chutes rocheuses, les érosions, etc.). Cependant, la définition actuelle des géotypes reposant uniquement sur une traduction homogène des entités des cartes géologiques, ceux-ci peuvent, selon les circonstances, constituer une base transposable à d'autres domaines d'application dans le cas d'étude à l'échelle régionale. Toutefois, le cas échéant, la carte des géotypes ne peut être utilisée telle quelle et devrait être croisée et interprétée avec des paramètres propres au domaine d'application envisagé, par exemple la rigidité et la compacité pour le microzonage sismique. A l'instar de ce qui a été fait dans ce cas, ce travail devrait faire appel à des bureaux d'études spécialisés, dépositaires de connaissances indispensables à l'application et à la validation des paramètres étudiés.

Stéphane Affolter, géologue dipl. UNINE
Emmanuel Marclay, géologue dipl. UNIL
Groupement Géolosanne
De Cérenville Géotechnique SA, CH – 1024 Ecublens
Karakas & Français SA, CH – 1010 Lausanne
Bureau technique Norbert
géologues-conseils SA, CH – 1003 Lausanne

Giuseppe Franciosi, géologue dipl. UNIL
Geotest SA, CH – 1052 Le Mont-sur-Lausanne

Alexandre Vallotton, géologue dipl. UNIL,
hydrogéologue dipl. University of Birmingham
ABA-Géol SA, CH – 1700 Fribourg

- [1] OFEG (2004): « Principe pour l'établissement et l'utilisation d'études de microzonage en Suisse », directives de l'OFEG, Bienne
- [2] EPFL ENAC LASIG, ECA-VD, EPFL ENAC ICARE GEOLEP (2006): « Etablissement des cartes des sols de fondation sur le territoire du canton de Vaud – Guide pratique », version préliminaire
- [3] SIA 261 (2003): Norme suisse SN 505 261, « Actions sur les structures porteuses ». Ed. SIA, Zurich

“ Ici, tout est parfait : le concept du salon, le site, la gamme et l'excellent programme de conférences professionnelles. Nous sommes heureux de participer au Chillventa 2008 à Nuremberg. ”

Bernd Brinkmann
Membre du comité du salon Chillventa
responsable du segment groupes d'eau glacée

Airwell

Pour toutes informations
complémentaires : www.chillventa.de
ou tél. +49 (0) 9 11.86 06-81 10

Nuremberg, Allemagne
15 – 17.10.2008

CHILLVENTA
Nürnberg 2008

Salon International Froid ♦ Conditionnement de l'Air ♦ Pompes à Chaleur

Informations
Chambre de Commerce
Allemagne-Suisse
Tel +41 (0) 44.2 83 61 75
Fax +41 (0) 44.2 83 61 00
fairexpert@handelskammer-d-ch.ch

Organisateur
NürnbergMesse GmbH
Messezentrum
90471 Nürnberg
chillventa@nuernbergmesse.de

NÜRNBERG MESSE