

# La méthode des géotypes pour le microzonage sismique

Autor(en): **Parriaux, Aurèle / Turberg, Pascal / Lance, Jean-Marc / Giorgis, David**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tracés : bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **133 (2007)**

Heft 15-16: **Géotypes**

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-99594>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# La méthode des géotypes pour le **microzonage** sismique

**A la demande de l'Etablissement d'assurance contre l'incendie et les éléments naturels du canton de Vaud (ECA), une méthodologie utilisant la classification par géotypes a été appliquée pour réaliser rapidement la carte indicative du danger sismique pour les 25 feuilles du canton [1]<sup>1</sup>.**

La démarche utilisée s'est axée sur la traçabilité, c'est-à-dire que l'affiliation d'une formation à une classe de sol se fait toujours à partir de critères prédéfinis. Le travail de rédaction des feuilles peut alors être effectué par différents bureaux privés de géologues-conseils sans crainte d'être biaisé par des éléments subjectifs. Il s'agit de la première application totalement opérationnelle des géotypes pour passer de l'échelle régionale à l'échelle locale.

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

Rappelons d'abord que l'établissement de la carte des sols de fondation pour le microzonage consiste à attribuer aux terrains servant de fondation aux constructions une des six classes de sol (tab. A) définies par la norme SIA 261 [2], ces classes fixant ensuite leur vulnérabilité aux effets de site.

## Problématique

Au contraire des directives fédérales en la matière qui procèdent en une seule étape, une première carte dite conservatrice, de niveau indicatif, a été dressée sur l'entier du territoire au 1/25 000<sup>e</sup>. Dans une seconde étape, des cartes de danger au 1/5000<sup>e</sup> sont établies sur les régions d'intérêt en fonction de l'occupation du territoire.

La carte conservatrice a été établie sur la base d'un investissement financier réduit. Il s'agissait davantage de mettre l'accent sur les zones à risques devant être traitées lors de la seconde étape. Il s'agissait de traduire l'information des cartes

Classe de sol de fondation	Description
A	Roches dures (p.ex. granite, gneiss, quartzite, calcaire siliceux, calcaire) ou roches tendres (p.ex. grès, conglomérats, marne du Jura) sous une couverture maximale de 5 m de sol lâche
B	Dépôts de graviers grossiers et sables cimentés et/ou roches meubles surconsolidées d'une épaisseur de plus de 30 m
C	Dépôts de graviers et sables normalement consolidés et non cimentés et/ou matériau morainique, d'une épaisseur de plus de 30 m
D	Dépôts de sables fins, silts ou argiles non consolidés, d'une épaisseur de plus de 30 m
E	Couche alluviale superficielle des classes de sols de fondation C ou D d'une épaisseur comprise entre 5 et 30 m, surmontant une couche plus rigide des classes de sols de fondation A ou B
F1	Structures sensibles et dépôts organiques (p.ex. : tourbes, craie lacustre) d'une épaisseur supérieure à 10 m
F2	Glissements de terrain actifs ou susceptibles d'être réactivés

A

Tab. A : Extrait du tableau des différentes classes de sol de fondation selon la norme suisse SIA 261 [2], modifié par l'ancien Office fédéral des eaux et de la géologie [3]

Fig. 1 : Démarche d'établissement de la carte conservative des sols de fondation comprenant en particulier l'utilisation des géotypes

géologiques en classes de sol le plus simplement possible, en limitant fortement les investigations complémentaires à la carte (sondages, géophysique, etc.). Les bureaux impliqués dans cette étape ont été choisis en fonction de leur connaissance de la région afin de bénéficier de leur expérience.

Le Canton de Vaud a la chance d'avoir pratiquement la totalité de son territoire cartographié (Atlas géologique de la Suisse au 1/25 000<sup>e</sup>). Cependant, ces cartes sont d'époques et de précision très différentes. Les appellations géologiques d'une formation donnée varient souvent d'une carte à l'autre. L'assemblage de deux cartes voisines fait ressortir de nombreuses incohérences qui ne traduisent pas un défaut de qualité du travail de cartographie : elles proviennent de différences d'interprétation des auteurs des cartes, de méthodes d'investigations qui n'étaient pas les mêmes au gré des époques, de conceptions scientifiques qui ont également varié selon les progrès de la science.

La plupart des cartes n'étaient disponibles que sous forme papier et leur vectorisation préalable a été nécessaire. Cette opération a été faite par l'Institut de Géomatique et d'Analyse du Risque (IGAR) de la Faculté des géosciences et de

l'environnement de l'Université de Lausanne, sur mandat et sous la responsabilité du Service géologique national (Office fédéral de la topographie Swisstopo). Le résultat est une surface vectorisée de plus de 2800 km<sup>2</sup> découpée en plusieurs dizaines de milliers de polygones aux appellations très diverses, qui correspondent au contenu d'une vingtaine de feuilles de l'Atlas géologique, publiées entre 1935 et 2006. Comment traduire ces polygones en classes de sols de fondation de manière optimale ?

### Rôle des géotypes

C'est pour faciliter cette traduction des polygones géologiques en classes de sols de fondation que les géotypes ont été introduits. La démarche (fig. 1) comprend cinq opérations successives qui peuvent se résumer à :

- la traduction<sup>2</sup> de la carte géologique vectorielle (données SIG) en carte des géotypes (opérations 1 à 2)
- la traduction de la carte des géotypes en carte des sols de fondation (opérations 3 à 5).

Cette suite d'opérations distinctes a pour effet d'apporter une grande transparence dans le processus de traitement des données, avec comme objectif de pouvoir actualiser les cartes en toute connaissance de cause.

### Traduction des formations géologiques en géotypes

Chaque polygone, caractérisé par une appellation propre à la carte dont il fait partie, reçoit une appellation géotype de manière automatique grâce à une matrice de correspondance établie pour chaque feuille en fonction de la légende, de la notice explicative, de la littérature régionale et de la connaissance des terrains du canton. Cette traduction doit ensuite être vérifiée par le bureau de géologie en charge de la feuille en question. Ce dernier teste la cohérence de la traduction automatique et la corrige si nécessaire en fonction de son expérience. Le résultat est une carte géologique simplifiée et homogénéisée sur l'entier du territoire, appelée « carte des géotypes » (voir fig. 2, pp. 12-13).

### Traduction des géotypes en classes de sol de fondation

Une deuxième matrice de correspondance a été établie entre les géotypes et les sols de fondation, également sur la base de la connaissance des terrains du canton. Il s'agit cette fois d'une seule matrice pour tout le canton puisque les différences entre cartes ont été gommées lors du passage par les géotypes. Cette matrice permet une cartographie automatique des classes de sol (la classe E mise à part). Là encore, le bureau de géologie doit contrôler la cohérence de cette carte et corriger (suite en page 24)

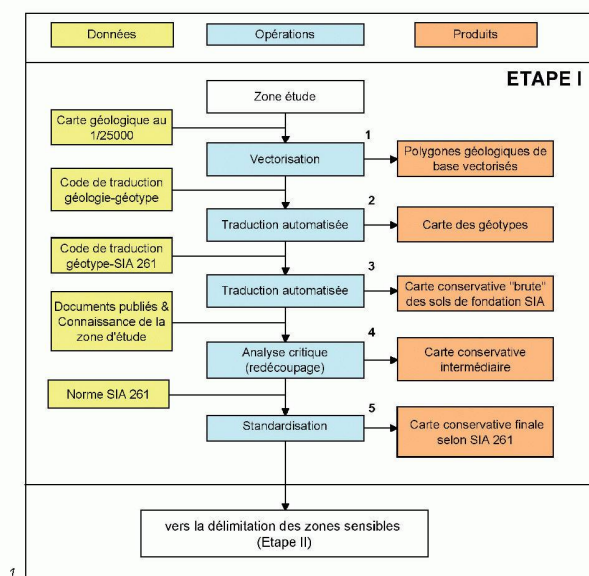
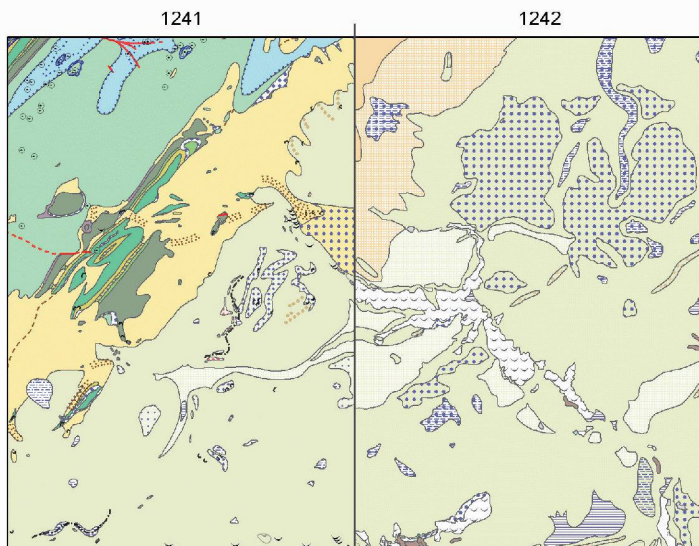


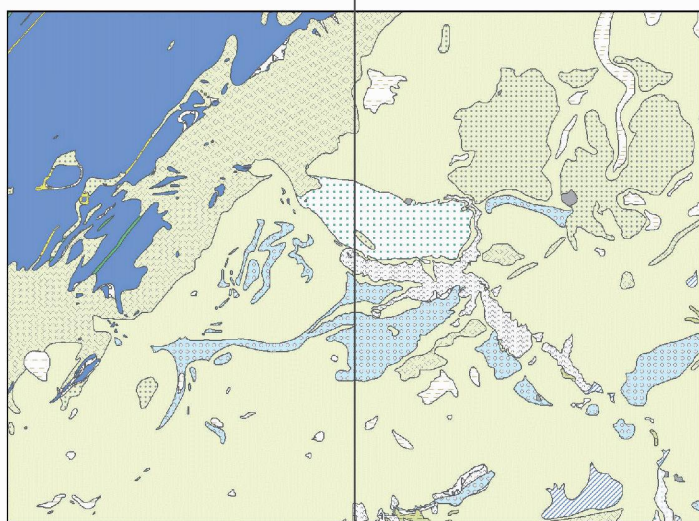
Fig. 2 : Exemple du passage de la carte géologique à la carte des sols de fondation en passant par les géotypes pour la zone de contact entre les cartes 1241 du Marchairuz à gauche, et 1242 de Morges à droite (Document AG25-SIG@swisstopo)



**Carte géologique**

Extraits des cartes 1241 et 1242 de l'Atlas géologique de la Suisse au 1:25'000

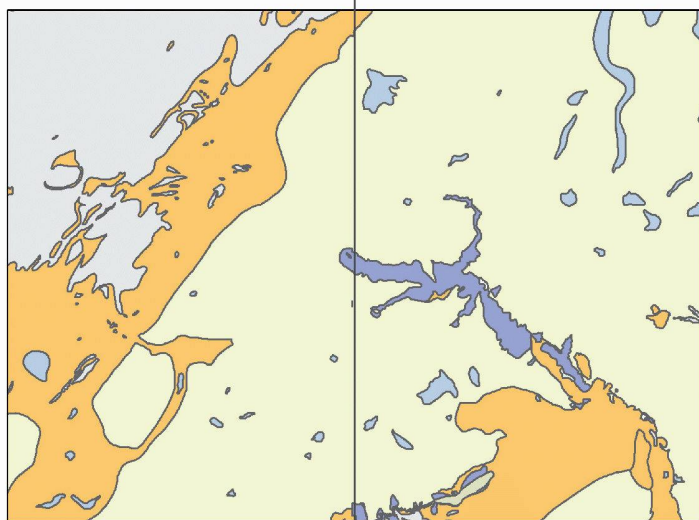
(Légendes non explicitées)



**Carte des géotypes correspondante**

**Codes géotypes**

R	LD	FG
CE	LF	GL
E	CRL	LO
GT	P	CCM
T	MS	GR
APA	MFR	GRM
APT	MLAT	MGR
ACA	MF	MC
ACT	MA	C



**Carte des sols de fondation (selon SIA 261) correspondante**

**Classes de sols de fondation**

A	E
B	F1
C	F2
D	LAC



## Autres applications des géotypes

### *Projet CADANAV*

Le développement de la notion de géotypes et les premières applications ont été faites dans l'étude méthodologie CADANAV (Carte des dangers naturels du canton de Vaud) [6], dans le but de fournir une base harmonisée sur la nature et le comportement des terrains par rapport aux dangers naturels. Dans ce projet, les géotypes ont été définis à différentes échelles :

- géotypes généraux (liste réduite à douze géotypes cartographiés au 1/500 000<sup>e</sup>). Ils représentent les grandes régions géologiques du canton et permettent de prendre conscience immédiatement des principaux dangers géologiques rencontrés dans ces régions (par exemple régions à éboulements, régions à glissements) ainsi que des ressources (par exemple ressources en eau dans les terrains karstiques) ;
- géotypes de détail (cartographiés au 1/25 000<sup>e</sup>). Ils sont la véritable base de gestion du territoire. Ces mêmes géotypes s'appliquent à des échelles plus locales (par exemple au 1/5 000<sup>e</sup>) dans la cartographie de détail et permettent finalement de décrire les conditions du sous-sol d'une parcelle.

### *Secteurs de protection des eaux souterraines*

Le Canton de Vaud possède des cartes de secteurs de protection des eaux datant des années 1970. Elles ont été établies, comme cela se faisait à l'époque, sans traçabilité des raisons d'attribution d'un polygone à tel ou tel type de secteur. Elles nécessitent aujourd'hui d'être révisées en fonction de la nouvelle ordonnance sur la protection des eaux (OPE) et des connaissances actuelles de l'hydrogéologie du canton. Les conditions sont semblables à celles du microzonage sismique, notamment des moyens financiers réduits.

La carte des géotypes établie à l'occasion du microzonage sismique étant disponible, une méthodologie de révision des secteurs de protection des eaux a été développée partant de cette information homogène et cohérente au niveau de toute la superficie du canton. En incluant aux géotypes

quelques critères supplémentaires, en bonne partie déjà sous forme SIG (la topographie, la résistivité électrique, la carte des sources, le voisinage du polygone, etc.), il est possible de traduire la carte des géotypes en secteurs de protection, une traduction pouvant être opérée automatiquement. Là encore, le contrôle du géologue est indispensable en ayant recours à la carte géologique de l'Atlas géologique de la Suisse et à sa connaissance personnelle du terrain ; des corrections manuelles sont apportées ainsi en cas de besoin. Dans cette même opération, une carte des ressources en eaux souterraines est établie.

### *Risques d'instabilité de versants*

Comme mentionné plus haut, c'est ce type de problèmes qui est à l'origine des géotypes. La situation est toutefois différente de l'époque du projet CADANAV puisque la cartographie intégrale du canton en géotypes est maintenant disponible. Cette base est un point de départ appréciable pour la cartographie de la sensibilité des terrains aux glissements et autres phénomènes associés. Complétée par une analyse détaillée des caractéristiques géologiques des terrains, la carte des géotypes permet de mieux prendre en compte les propriétés du matériel, donc leurs effets spécifiques sur les instabilités potentielles.

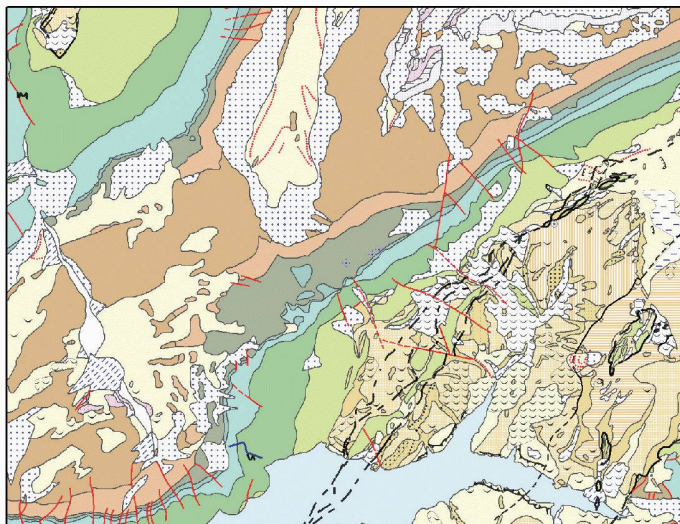
Cette caractérisation de terrain des affleurements a nécessité des recherches intensives ([7], [8], [9] et [10]) depuis le dépôt du rapport CADANAV, le but étant toujours d'utiliser une démarche la plus objective possible à moindres coûts.

Le système des géotypes a également été appliqué dans le contexte géologique complètement différent du Nicaragua [11], prouvant ainsi sa souplesse et sa robustesse face à des conditions autres que celles du Canton de Vaud.

### *Risques d'effondrements karstiques*

L'étude de faisabilité d'une cartographie graduée du risque d'effondrement karstique [12], effectuée pour le compte de l'ECA-Vaud, confirme la potentialité d'utilisation des géotypes pour cette problématique puisque les terrains sensibles à la karstification s'identifient facilement dans la liste des géotypes rocheux.

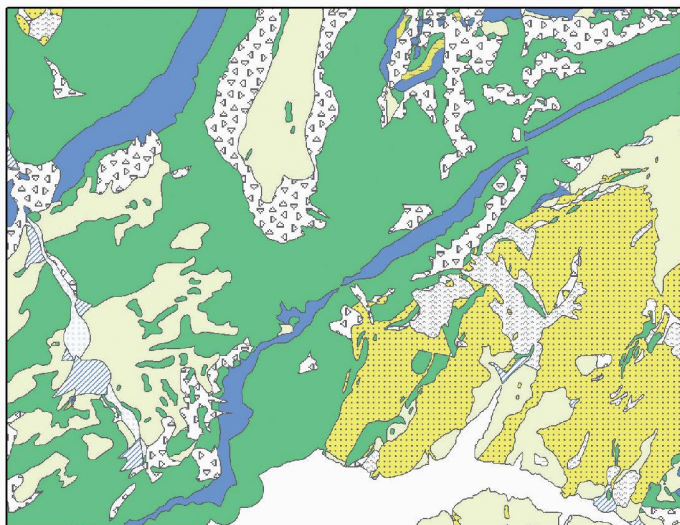
Fig. 3 : Exemple du passage de la carte géologique à la carte des sols de fondation en passant par les géotypes pour une zone complexe des Préalpes sur la carte 1265 des Mosses (Document AG25-SIG@swisstopo)



**Carte géologique**















Extraits de la carte 1265 de l'Atlas géologique de la Suisse au 1:25'000

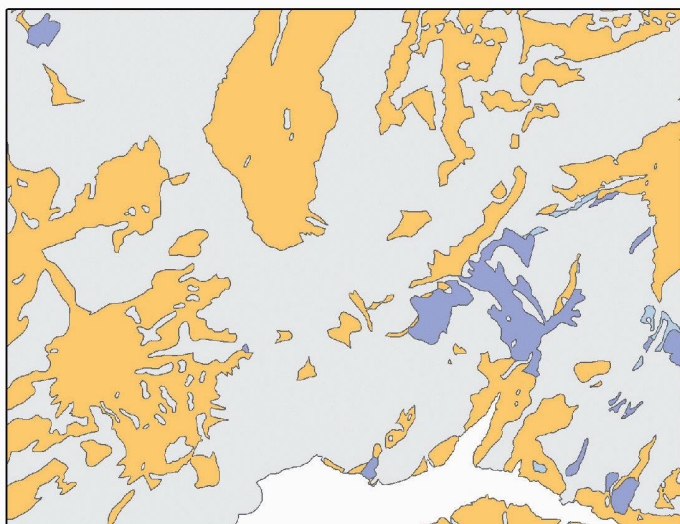
(Légendes non explicitées)



**Carte des géotypes correspondante**









**Codes géotypes**

	R		ACA
	CE		ACT
	E		MF
	GT		GS
	T		M
	APA		MC
	APT		C



**Carte des sols de fondation (selon SIA 261) correspondante**

**Classes de sols de fondation**

	A		E
	B		F1
	C		F2
	D		LAC



(suite de la page 20) tel ou tel polygone s'il le juge nécessaire. En cas de doute, le géologue choisit la classe la plus prudente. En introduisant ensuite la notion d'épaisseur des formations, il réaffecte certains polygones des classes C et D en classe E. La carte indicative finale est ainsi obtenue.

### Exécution pratique

Le test de la méthode [4] sur la feuille pilote 1242 Morges [5], puis le suivi des travaux des bureaux de géologues mandatés par lots pour toutes les feuilles du canton ont montré que la rédaction de la carte conservative des classes de sol de fondation était parfaitement opérationnelle. Le GEOLEP, qui assurait la coordination des bureaux et l'homogénéité du traitement, a eu passablement de travail pour réaliser une jointure cohérente des cartes géologiques aux limites. Cette harmonisation a été faite au niveau de la carte des géotypes, évitant ainsi que ces difficultés ne soient répercutées plus en aval. En revanche, les cartes géologiques n'ont pas été modifiées, puisqu'elles doivent rester le document scientifique de référence.

Deux applications de cette démarche sont montrées sur les figures 2 et 3. On y a représenté de haut en bas :

- un extrait de l'Atlas géologique de la Suisse au 1/25 000<sup>e</sup>,
- la traduction en géotypes à partir de la géologie,
- la traduction en carte des sols de fondation à partir de la carte des géotypes.

Le premier exemple (fig. 2) souligne l'intérêt des géotypes pour la mise en cohérence rapide et simplifiée des formations géologiques aux contacts de deux cartes différentes (cartes 1241 du Marchairuz et 1242 de Morges). Le second exemple (fig. 3) montre quant à lui l'agrégation apportée par les géotypes dans le cas d'une zone à géologie complexe dans les Préalpes (carte 1265 des Mosses).

A noter que, pour le strict usage des sols de fondation, le passage par les géotypes en milieu rocheux n'était pas indispensable ; il a été décidé toutefois de constituer la carte des géotypes sur tout le canton afin de disposer d'une couverture homogène.

Les géotypes ont permis, en un temps record, d'établir les cartes de microzonage sismique de l'entier du Canton de Vaud de manière opérationnelle. Plusieurs bureaux privés ont participé à cette œuvre (voir article p. 26). Bien qu'ils ne connaissaient pas la méthode des géotypes, ils l'ont assimilée et ont réussi à produire, en collaboration avec le GEOLEP, un document de haute qualité qui constitue un pas important

vers la prévention du risque sismique du canton, mais également une base géologique cohérente du territoire qui sera fort utile à son développement.

Aurèle Parriaux, prof. dr géologue  
Pascal Turberg, dr géologue  
GEOLEP – Laboratoire de géologie de l'ingénieur  
et de l'environnement  
EPFL, Ecublens, CH – 1015 Lausanne

Jean-Marc Lance  
ECA, Avenue du Général Guisan 56, CH – 1009 Pully

David Giorgis, dr géologue  
OIT – Office de l'information sur le territoire  
Etat de Vaud, Département des infrastructures  
Av. de l'Université 3, CH – 1014 Lausanne

### Bibliographie

- [1] GEOLEP (2004) : « Microzonage sismique du canton de Vaud ». Etablissement de la carte des sols de fondation selon SIA 261. Etude préliminaire. GEOLEP. Rapport final
- [2] SIA 261 (2003) : Norme suisse SN 505 261, « Actions sur les structures porteuses ». Ed. SIA, Zurich
- [3] OFEG (2004) : « Principe pour l'établissement et l'utilisation d'études de microzonage en Suisse ». Directives de l'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), Berne
- [4] PHILIPPE, E. (2003) : « Méthode et réalisation de cartes indicatives de microzonage sismique du canton de Vaud (Suisse) ». Mémoire de diplôme postgrade en géologie de l'ingénieur. GEOLEP, non publié
- [5] VERNET, J. P. (1972) : « Atlas géologique de la Suisse au 1 / 25 000 », feuille 1242, Morges, Commission géologique suisse
- [6] CADANAV (2002) : Projet CADANAV. « Etablissement d'une méthodologie de mise en œuvre des Cartes de Dangers Naturels du Canton de Vaud ». Collectif EPFL : HYDRAM, LMS, LMR, GEOLEP, LASIG, SLF, WSL. Rapport final, 31 Octobre 2002. Non publié
- [7] SCHNEIDER, TH. (2001) : « Caractérisation multicritère des formations géologiques du canton de Vaud et de leurs prédispositions face aux dangers naturels ». Mémoire de diplôme postgrade en géologie de l'ingénieur. GEOLEP, non publié
- [8] POUYT, M. (2004) : « Développement et test d'identification de terrain, dans le domaine des instabilités de versant ». GEOLEP. Travail de diplôme UNIL-EPFL, non publié
- [9] PANTET, A. (2005) : « Valorisation des facteurs lithologiques et hydrogéologiques dans l'élaboration des cartes de dangers naturels. GEOLEP, rapport interne de stage, non publié
- [10] PANTET, A., PARRIAUX, A., THÉLIN, PH. (2007) : « New method for in situ characterization of loose material for landslide mapping purpose ». *Engineering Geology*. Elsevier. Sous presse
- [11] HAEBERLIN, Y., TURBERG, P., RETIERE, A., SENEGAS, O., PARRIAUX, A. (2003) : « Validation of SPOT-5 satellite imagery for geological hazard identification and risk assessment for landslides, mud- and debris flows in Matagalpa, Nicaragua ». Actes de Congrès ISPRS 2004, Istanbul
- [12] GEOLEP (2003) : « Expertise géologique des phénomènes d'effondrement et de subsidence karstiques dans le cadre de permis de construire ». GEOLEP, rapport final, non publié