



Synthèse et création d'une base de données géotechniques, géodésiques et géophysiques dans les argiles du Trièves

D. Jongmans ⁽¹⁾, S. Schwartz ⁽¹⁾, S. Tadenuma ⁽¹⁾, M. Aubert ⁽¹⁾ et collaborateurs ^(2, 3)

(1) Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche Impliquant la Géologie et la Mécanique
(EA 3111 – Université Joseph Fourier – Grenoble I)

(2) Structure RNVO (Risques Naturels et Vulnérabilité des Ouvrages)

(3) Services RTM Isère

Programme de recherche financé par
le Conseil Général de l'Isère

Décembre 2006

Synthèse et création d'une base de données géotechniques, géodésiques et géophysiques dans les argiles du Trièves

Projet présenté en 2005 au

Pôle Grenoblois d'Etudes et de Recherche pour la Prévention des Risques Naturels

par

D. Jongmans⁽¹⁾, *S. Schwartz*⁽¹⁾, *S. Tadenuma*⁽¹⁾, *M. Aubert*⁽¹⁾ et collaborateurs^(2, 3)

(1) Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche Impliquant la Géologie et la Mécanique

(EA 3111 – Université Joseph Fourier – Grenoble I)

(2) Structure RNVO (Risques Naturels et Vulnérabilité des Ouvrages)

(3) Services RTM Isère

Résumé

Le but du projet était d'effectuer une synthèse sur les glissements de terrain affectant la région du Trièves et de réaliser une base des données géologiques, géotechniques, géodésiques et géophysiques existantes. Environ 15% de la surface couverte par les argiles du Trièves (surface totale de 300 km²) est estimée en glissement, situation qui pose des problèmes importants d'aménagement du territoire. Dans ce contexte, la compréhension des mécanismes des glissements de terrain constitue un enjeu économique régional et intéresse fortement les collectivités territoriales. Cette étude s'inscrit dans un projet d'observatoire de mouvement de terrain dans la région du Trièves et constitue une étape préliminaire indispensable afin de choisir et de définir au mieux les sites et les types mesures à réaliser qui feront l'objet de cet observatoire.

Le projet a consisté à collecter et organiser les données géologiques, géotechniques, géodésiques et géophysiques existantes sur un système d'information géographique. En plus du projet d'observatoire, cette collecte et cette synthèse ont pour but de susciter le développement de projets scientifiques sur la compréhension des mécanismes des glissements dans cette région. Cette base de données est disponible à tous les utilisateurs potentiels, scientifiques ou opérationnels.

Ce projet a été financé pour moitié par le Conseil Général (via le Pôle Grenoblois des Risques Naturels) et pour moitié par la structure fédérative RNVO (Risques Naturels et Vulnérabilité des Ouvrages). Un ingénieur géotechnicien a été recruté durant 6 mois pour la réalisation de la base de données.

Synthèse et création d'une base de données géotechniques, géodésiques et géophysiques dans les argiles du Trièves

1. Introduction

La région du Trièves se caractérise par un développement économique régulier et à une urbanisation croissante, résultant de sa proximité de Grenoble. Environ 15% de la surface couverte par les argiles du Trièves (surface totale de 300 km²) est estimée en glissement, situation qui pose des problèmes importants d'aménagement du territoire. Dans ce contexte, les collectivités territoriales sont intéressées à la compréhension des mécanismes des glissements de terrain qui constituent un enjeu économique régional en vue d'établir des préconisations pour la construction de nouvelles habitations que pour la réhabilitation des vieux bâtiments. La région du Trièves est également soumise à l'action de séismes locaux et régionaux (Laffrey, 1999 ML=3.8 ; Monteynard, 1979, ML=4,2). Ces tremblements de terre, dont l'effet est certainement amplifié en raison de la structure géologique particulière du Trièves, sont susceptibles de jouer un rôle déclencheur ou aggravant vis-à-vis des glissements de terrain.

D'autre part, d'importants ouvrages existent ou sont en construction dans cette région, comme le barrage de Monteynard-Avignonet ou l'autoroute reliant Grenoble à Sisteron dont le projet se heurte à de nombreux problèmes d'instabilité. Des entreprises comme EDF et Scetauroute sont confrontés aux risques de glissements de terrain pouvant affecter leurs installations. La DDE et le Conseil général, en charge de l'entretien du réseau routier, est également particulièrement concerné par cette question.

Par ailleurs, la recherche scientifique sur les mouvements de terrain souffre actuellement d'un manque de données fiables dans le temps et dans l'espace, qui empêche d'avoir une vue complète sur ces phénomènes complexes et de comprendre les mécanismes de déformation et les paramètres régissant ces instabilités gravitaires.

Le but de cette étude est de réaliser une base de données (géologiques, géotechniques, géodésiques et géophysiques) dans la région du Trièves, disponible à tous les utilisateurs potentiels, scientifiques ou opérationnels. En plus du projet de monter un observatoire de recherche sur les mouvements de terrain dans les argiles du Trièves, cette collecte et cette synthèse ont pour but de susciter le développement de projets scientifiques sur la compréhension de mécanismes de glissement dans cette région.

Dans le cadre de ce projet, un ingénieur géotechnicien a été embauché pendant six mois (septembre 2005 à février 2006) afin de récolter, traiter et intégrer sous un S.I.G. l'ensemble des données disponibles sur le Trièves. Son travail a été complété par celui d'un stagiaire (mars à août 2006).

2. Contextes géographique et géologique

La zone d'étude correspond à la région du Trièves, située au sud de l'agglomération grenobloise (Figure 1). Morphologiquement, elle correspond par une large dépression à fond accidentée, d'une surface d'environ 300 km², drainée par le Drac et ses affluents. La région du Trièves est limitée à l'ouest par le massif du Vercors, au sud par le massif du Dévoluy, et à l'est par le dôme de la Mure et par les collines bordières du massif du Pelvoux

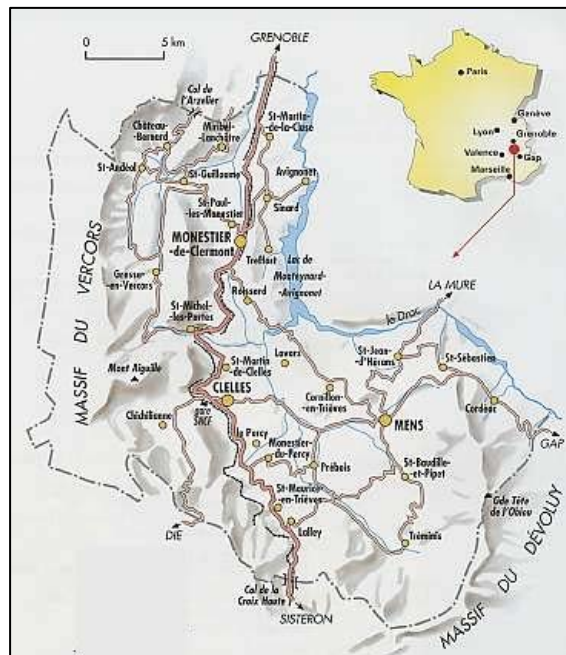


Figure 1 – Région du Trièves et ses communes

La région du TRIEVES, qui constitue la partie sud du département de l'Isère, reprend 3 cantons et 29 communes (Tableau 1).

Canton de MONESTIER DE CLERMONT :	Canton de CLELLES :	Canton de MENS :
Monestier de Clermont	Clelles	Mens
Château Bernard	Saint Michel les Portes	Saint Jean d'Hérans
Miribel Lanchâtre	Saint Martin de Clelles	Lavars
Saint Martin de la Cluze	Chichilianne	Saint Sébastien
Avignonet	Le Percy	Vordéac
Sinard	Monestier du Percy	Cornillon en Trièves
Treffort	Saint Maurice en Trièves	Prébois
Roissard	Lalley	Saint Baudille et Pipet
Gresse-en-Vercors		Tréminis
Saint Paul les Monestier		
Saint Guillaume		
Saint Andéol		

Tableau 1 : Liste des communes (par canton) constituant la région du Trièves.

Cette région est la principale zone d'affleurement de la formation géologique des argiles

litées, qui s'étend sur plus de 300 km² et jusqu'à une altitude maximale de 750 mètres. Il s'agit de dépôts argileux et silteux déposés dans des lacs de barrage glaciaire (Trièves, Mathésyne et Beaumont) d'extension variable, retenus en aval par le glacier de l'Isère au Quaternaire (Monjuvent, 1973). Lors de l'extension glaciaire maximale du Würm (-45.000 ans), le glacier de l'Isère bloquait l'ensemble des écoulements torrentiels du Trièves en provenance du sud (figure 1). Ce lac a progressivement envahi en grande partie la zone d'étude sur une durée de plusieurs milliers d'années. Au cours du temps, il a été rempli par des alluvions argilo-limoneux de type varve, provenant principalement de l'érosion des piedmonts du Vercors et du Dévoluy. Ces dépôts reposent généralement sur des matériaux grossiers (galets, graviers et sables) inter-glaciaires Riss-Würm, couvrant eux-mêmes un substratum Mésozoïque dont le sommet est très accidenté. La puissance des argiles litées peut varier de 0 jusqu'à un maximum de 200 mètres (Antoine et al., 1981), même sur une courte distance. Après leur dépôt, les argiles litées du Trièves ont été recouvertes localement par des dépôts glacio-lacustres terminaux, puis incisées par l'activité du Drac et de ses affluents. Il résulte de cette évolution que ces argiles affleurent sur de très grandes surfaces et sur des dénivellations importantes, donnant lieu à des mouvements de versant généralisés dont certains sont particulièrement actifs.



Figure 2 – Extension glaciaire au cours de la dernière glaciation (Würm) dans le Trièves et aux environs de Grenoble. Les argiles litées sont indiquées par les hachures (d'après Monjuvent, 1973).

3. Collecte et nature des données

Dans le cadre de ce projet, les données disponibles sur les argiles litées du Trièves ont été systématiquement collectées auprès des 3 organismes suivants, partenaires du projet :

- le service RTM Isère : Restauration des Terrains en Montagne
- le bureau d'étude la SAGE : Société Alpine de Géotechnique et l'ADRGT : Association pour le Développement des Recherches sur les Glissements de Terrains
- la DDE 38

D'autres organismes (Scetauroute, EDF) ayant réalisé des études géologiques, géophysiques ou géotechniques dans la zone d'étude ont été approchés mais aucune donnée n'a pu être collectée à la date du 1^{er} septembre 2006. La banque de données du sous-sol du BRGM a également été consultée mais aucune donnée intéressante pour le projet n'a pu être identifiée.

Au total, 64 rapports issus des 3 organismes cités plus haut ont été traités et les données ont été cataloguées selon la classification suivante :

Données géologiques

Coupes géologiques

Reconnaissance à la pelle mécanique

Données géotechniques

Forage carotté ou destructif

Essais pressiométriques

Essais pénétrométriques

Diagraphies instantanées

Mesures piézométriques

Mesures inclinométriques

Essais de laboratoire (mesure de la teneur en eau, essai triaxial, granulométrie etc.)

Données géophysiques

Profils sismiques

Profils électriques et/ou sondages électriques

Données géodésiques

Relevés topographiques (par GPS ou théodolite)

Profils clisimétriques

Observations de terrain

Cartographie des zones de glissements

Photographie de site de glissement

Photographie aérienne

Dès le début du projet, notre volonté a été de privilégier la collecte des données brutes (les plus objectives possibles), afin de permettre à l'utilisateur de la base de données de ne pas être biaisé par une interprétation antérieure. Par exemple, en prospection géophysique, les hodochrones (diagrammes temps-distance) et les données de sondage électrique (résistivité apparente, écartement des électrodes) sont fournies avec les coupes géophysiques lorsque ces informations étaient disponibles. Cependant, dans un certain nombre de cas, seules les données interprétées (coupes géologiques/géophysiques, données géophysiques après traitement, etc.) sont disponibles.

4. Constitution de la base de données

L'objectif de la base de données sur le Trièves est de présenter et référencer l'ensemble des données géotechniques, géodésiques, géophysiques et géologiques dans un Système d'Information Géographique (SIG). Pour cela, l'ensemble des données a été classé dans des tables thématiques afin (i) d'être géré sous SIG et (ii) de réaliser des analyses thématiques visualisées sous la forme de cartes.

Le SIG choisi et utilisé pour la création et la gestion de la base de données correspond au logiciel Mapinfo Professional 7.8 fonctionnant sous PC. Les différentes données récoltées dans les rapports des bureaux d'études et organismes participants ont été compilés et scannés afin de renseigner les différentes tables créées et gérées sous SIG.

4.1 Préparation des documents

La majorité des informations contenues dans les rapports étant disponibles sous forme papier, la première étape a consisté à scanner les documents avec une résolution homogène (600 dpi).

A chaque document a été associée une cartouche reprenant une série d'informations permettant d'assurer la traçabilité du document. Les informations fournies sont les suivantes :

- *Lieu*
- *Date*
- *Maître d'ouvrage*
- *Maître d'œuvre*
- *Bureau d'étude*
- *Réf. N°Etude*

Un exemple de cartouche est montré à la figure 3 pour un sondage pénétrométrique.

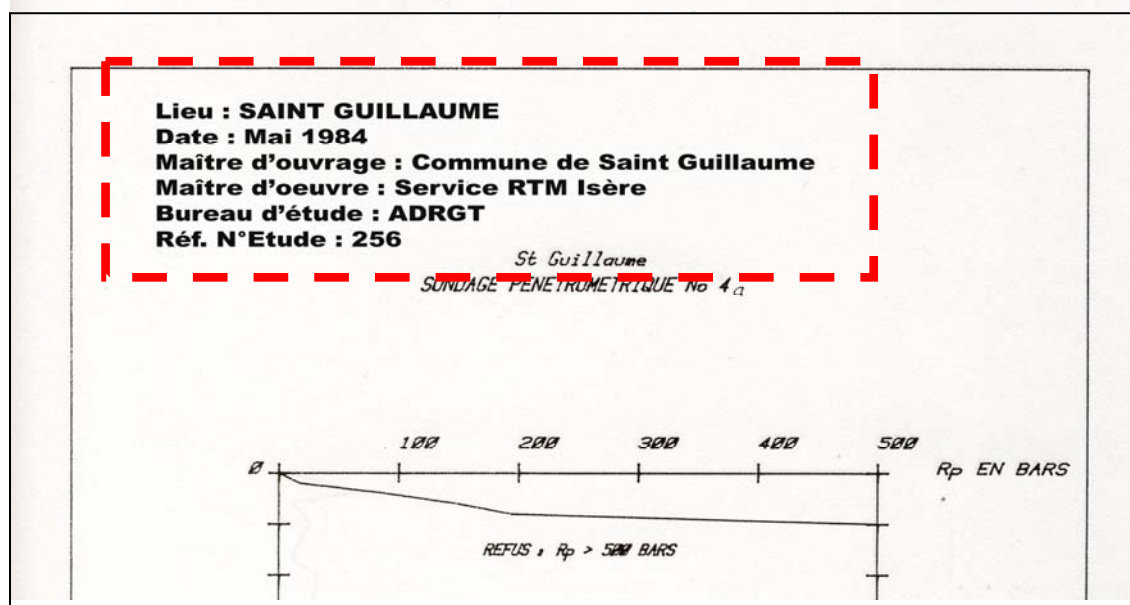


Figure 3 : Cartouche assurant la traçabilité du document.

4.2 Hiérarchisation

Les données ont été structurées en 5 tables thématiques :

1. Une table Forage
2. Une table Essai
3. Une table Profil
4. Une table Relevé
5. Une table Observations

La table **FORAGE** reprend les données ponctuelles (en coordonnées horizontales XY) de type sondage géotechnique (sondage carotté ou destructif, essai pénétrométrique, pelle mécanique) ou de typesondage géophysique ponctuel (mesure de bruit de fond sismique)

Ces objets ponctuels sont caractérisés par des rubriques reprenant une série d'informations (voir tableau ci-dessous) dont un numéro d'identifiant, la commune, les coordonnées, le type de données, la date, la référence du rapport où se trouve la donnée.... Un lien « hotlink » ouvre le ou les documents scannés pour cette donnée avec les informations complémentaires (type : profondeur du refus, niveau d'eau rencontré etc....).

Table	Colonne/rubrique			
FORAGE	ID_num	Identifiant du point : de type F38_00001 (initial de la table/département_numéro)		
	Nom	Nom donné par le bureau d'étude responsable de la réalisation des travaux (ex : SP1, SD3, PM1 etc.)		
	Commune	Commune concernée (Avignonet, Saint Guillaume, Sinard etc.)		
	Code_postal	Code postal de la commune		
	X	Coordonnée X en Lambert II étendu		
	Y	Coordonnée Y en Lambert II étendu		
	Z	Coordonnée Z en Lambert II étendu		
	Prof_sondage	Profondeur du sondage/forage		
	Type	GEOTECHNIQUE	GEOLOGIQUE	GEOPHYSIQUE
	Nature	Sondage Destructif Pénétromètre Essai pressiométrique	Pelle mécanique	Sondage électrique Diagraphie instantanée
	Inclino	Information de type « logique » c'est-à-dire : oui ou non concernant la pose d'un inclinomètre		
	Piezo	Information de type « logique » c'est-à-dire : oui ou non concernant la pose d'un piézomètre		
	Pressio	Information de type « logique » c'est-à-dire : oui ou non concernant la réalisation d'un essai pressiométrique		
	Diagraphie_inst	Information de type « logique » c'est-à-dire : oui ou non concernant la réalisation d'une diagraphie instantanée		
	Date	Date de réalisation des travaux		
	Descriptif	Description du point et des documents en ligne, c'est cette donnée qui s'affichera en étiquette du point		
	Lien_Hotlink	Chemin du lien vers le document joint Profil stratigraphique, diagraphie instantanée, vitesse d'avancement etc.....		
	Ref_rapport	Référence du rapport dans lequel se trouvent toutes les informations avec mention du bureau d'étude		

La table **ESSAI** reprend les données ponctuelles de type géotechnique comprenant des essais de reconnaissance classique en laboratoire (granulométrie, limites d'Atterberg, essais de cisaillement ou triaxiaux, etc.) ou in-situ à une profondeur déterminée (essais pressiométriques).

Table ESSAI	Colonne/rubrique	
objet ponctuel	ID_num	Identifiant du point : de type E38_00001 (initial de la table/département_numéro)
	Nom	Nom donné par le bureau d'étude responsable de la réalisation des travaux (ex : E1 etc.)
	Commune	Commune concernée (Avignonet, Saint Guillaume, Sinard etc.)
	Code_postal	Code postal de la commune
	X	Coordonnée X en Lambert II étendu
	Y	Coordonnée Y en Lambert II étendu
	Z	Coordonnée Z en Lambert II étendu
	Type	GEOTECHNIQUE
	Nature	Essai de laboratoire : Teneur en eau, granulométrie etc.
	Date	Date de réalisation des travaux
	Descriptif	Description du point et des documents en ligne, c'est cette donnée qui s'affichera en étiquette du point
	Lien_Hotlink	Chemin du lien vers le document joint Courbe granulométrique, tableau récapitulatif des caractéristiques mécaniques de l'échantillon de sol analysé etc.....
	Ref_rapport	Référence du rapport dans lequel se trouvent toutes les informations avec mention du bureau d'étude

La table **PROFIL** comprend les données linéaires (en coordonnées XY) correspondant à des coupes géologiques ou géomorphologiques, et à des profils ou des tomographies géophysiques.

Table PROFIL	Colonne/rubrique			
objet linéaire	ID_num	Identifiant du point : de type P38_00001 (initial de la table/département_numéro)		
	Nom	Nom donné par le bureau d'étude responsable de la réalisation des travaux (ex : P2, PS1 etc.)		
	Commune	Commune concernée (Avignonet, Saint Guillaume, Sinard etc.)		
	Code_postal	Code postal de la commune		
	Long_profil	Longueur du profil		
	Type	GEODESIQUE	GEOLOGIQUE	GEOPHYSIQUE
	Nature	Profil clisimétrique	Coupe géologique	Profil sismique Profil électrique
	Date	Date de réalisation des travaux		
	Descriptif	Description du point et des documents en ligne, c'est cette donnée qui s'affichera en étiquette du point		
	Lien_Hotlink	Chemin du lien vers le document joint		
	Ref_rapport	Référence du rapport dans lequel se trouvent toutes les informations avec mention du bureau d'étude		

La table **RELEVE** reprend les données temporelles du type :

- relevés géodésiques (avec lien vers un fichier .xls indiquant les coordonnées successives des plots à différentes dates)
- relevés inclinométriques (fichier .txt)
- relevés piézométriques

Les liens hotlink renverront vers des documents scannés et/ou données numériques exploitables.

Seul le dernier relevé en date est mis en lien. Pour disposer des données relevées antérieurement, il faut ouvrir le dossier source de chaque donnée.

Table RELEVE	Colonne/rubrique			
objet ponctuel données temporelles	ID_num	Identifiant du point : de type R38_00001 (initial de la table/département_numéro)		
	Nom	Nom donné par le bureau d'étude responsable de la réalisation des travaux (ex : R1, n°plot etc.)		
	Commune	Commune concernée (Avignonet, Saint Guillaume, Sinard etc.)		
	Code_postal	Code postal de la commune		
	Xinitial	Coordonnée X initial en Lambert II étendu		
	Yinitial	Coordonnée Y initial en Lambert II étendu		
	Zinitial	Coordonnée Z initial en Lambert II étendu		
	Type	GEOLOGIQUE	GEOTECHNIQUE	GEODESIQUE
	Nature		Mesure inclinométrique Mesure piézométrique	GPS Théodolite
	Date_installation	Date de la mise en place des repères		
	Début_mesure	Date de la première mesure après le temps t0 qui correspond aux données initiales du point		
	Dernière_mesure	Date de la dernière mesure		
	Descriptif	Description du point et des documents en ligne, c'est cette donnée qui s'affichera en étiquette du point		
	Lien_Hotlink	Chemin du lien vers le document joint Document .txt ou .xls avec les différentes valeurs relevées dans le temps et qui sont directement exploitables par l'utilisateur		
	Ref_rapport	Référence du rapport dans lequel se trouvent toutes les informations avec mention du bureau d'étude		

La table **OBSERVATION** comprend les données surfaciques (cartes, plans, photographies et images aériennes).

Le but de ce projet n'étant pas de cartographier les limites de mouvements de terrains sur un fond topographique de façon précise, seules ont été mises en lien les données disponibles sur une zone recouvrant la commune concernée.

Table OBSERVATION	Colonne/rubrique			
objet surfacique	ID_num	Identifiant du point : de type O38_00001 (initial de la table/département_numéro)		
	Nom	Nom donné par le bureau d'étude responsable de la réalisation des travaux (ex : glissement de l'Harmalière etc.)		
	Commune	Commune concernée (Avignonet, Saint Guillaume, Sinard etc.)		
	Code_postal	Code postal de la commune		
	Type	GEOLOGIQUE GEOPHYSIQUE		
	Nature	Photo aérienne Données 3d réseau Cartographie de zone en glissement Photo de terrain etc.		
	Date_obs	Date de l'observation ou de la prise de photo		
	Descriptif	Description du point et des documents en ligne, c'est cette donnée qui s'affichera en étiquette du point		
	Lien_Hotlink	Chemin du lien vers le document joint		
	Ref_rapport	Référence du rapport dans lequel se trouvent toutes les informations avec mention du bureau d'étude		

4.3 Intégration des données sous un S.I.G.

Les tables ont été préalablement établies sous Excel afin de pouvoir modifier plus rapidement les données. Elles ont ensuite été importées et intégrées sous MapInfo Professional version 7.8., dans le système de projection Lambert II carto. La base de données est donc disponible sous deux formes : une table sous format Excel et une autre sous la forme MapInfo (figure 4).

The figure illustrates the process of importing an Excel table into MapInfo. The top part shows an Excel spreadsheet with columns labeled A through R, containing various data points such as 'ID_mun', 'Nom', 'Commune', 'Code_postal', 'X', 'Y', 'Z', 'Prof_sondage', 'Type', 'Nature', 'Inclin', 'Piezo', 'Pressio', 'Diagraphe', 'Date', 'Description', 'Lien_Hotlink', and 'Ref_rapport'. The bottom part shows the same data as a table in MapInfo, with the columns labeled accordingly.

Figure 4 : Importation d'une table Excel (en haut) sous MapInfo v.7.8 (en bas)

Cinq couches thématiques, correspondant aux tables créées (forage, relevé, profil, essai et observation), sont disponibles sous SIG et peuvent être affichées sur la carte IGN. La figure 5 montre un exemple de création d'une carte thématique dans le secteur du Mas d'Avignonnet où est visualisé spatialement l'ensemble des la données stockées dans la base de données référant à ce secteur géographique.

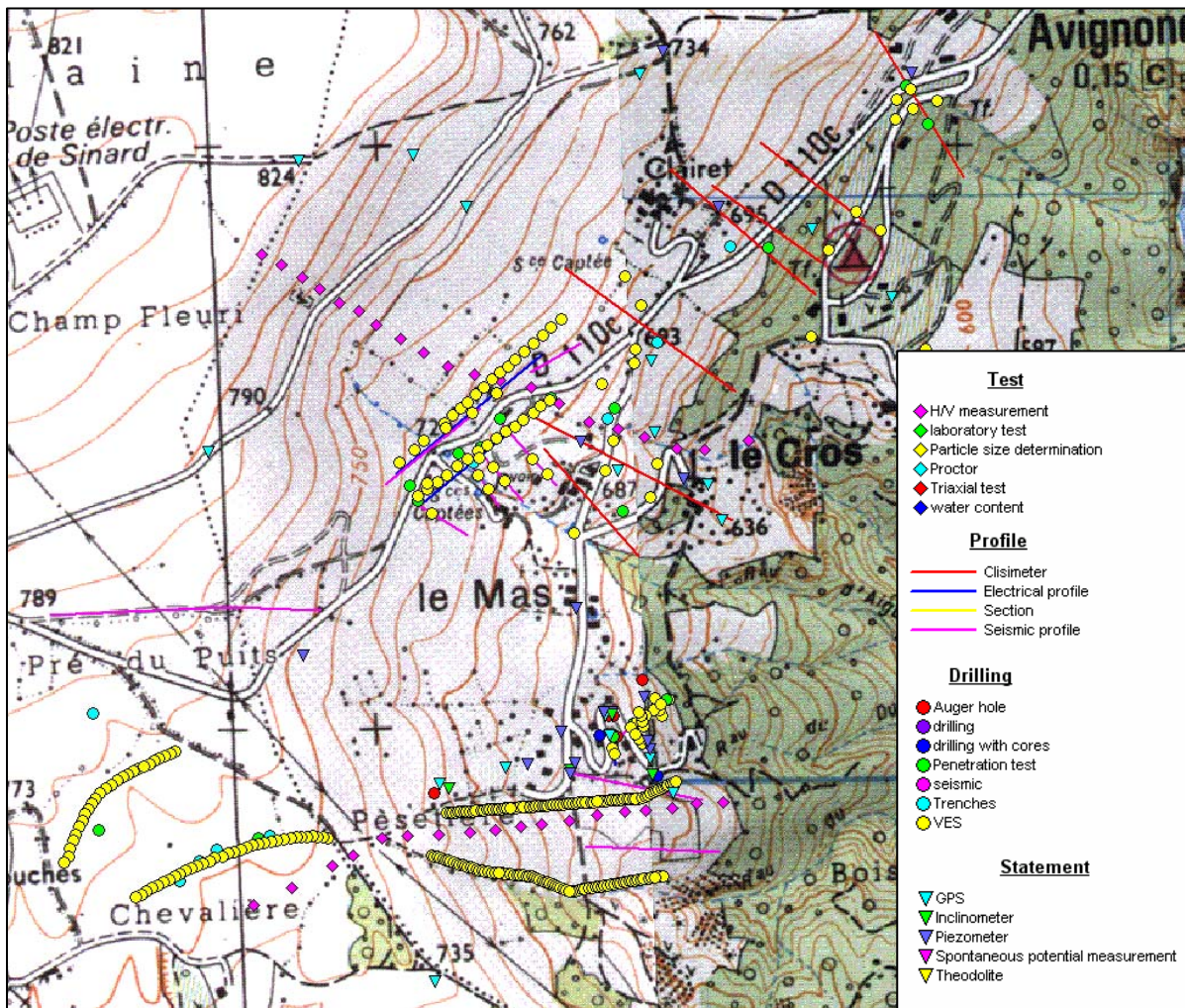


Figure 5 : Données répertoriées au niveau du glissement de la Combe du Mas sur la commune d'Avignonnet.

Le tableau 2 reprend l'ensemble des informations disponibles dans la base de données : 481 données de type forage, 110 profils, 99 relevés, 45 essais et 22 observations.

	FORAGE	PROFIL	RELEVÉ	ESSAI	OBSERVATION	TOTAL
GEOTECHNIQUE	191	10	29	45	0	275
GEOLOGIQUE	72	6	0	0	22	78
GEODESIQUE	0	7	70	0	0	77
GÉOPHYSIQUE	218	87	0	0	0	305
TOTAL	481	110	99	45	22	757

5. Conclusions et perspectives

Les données géotechniques, géologiques, géodésiques et géophysiques disponibles sur l'argile du Trièves ont été collectées auprès des organismes RTM, DDE38 et de la société SAGE. La plupart des données étant présentées sous forme de rapport, les documents ont été scannés et les informations, géoréférencées, ont introduites dans une base de données accessible à partir du système d'information géographique MapInfo Professional 7.8. Différentes tables (FORAGE, RELEVÉ, ESSAI, OBSERVATION et PROFIL) ont été créées pour structurer les données et des cartes thématiques couvrant la région du Trièves peuvent être visualisées.

Le produit final est un DVD reprenant la base de données sous format Excel et Mapinfo. Il est accessible à tout utilisateur scientifique ou opérationnel souhaitant développer des projets scientifiques.

Parallèlement, une bibliographie sur les mouvements de terrain affectant les argiles litées a été établie.

Problèmes rencontrés

L'ensemble du processus de collecte et d'archivage des données a pris plus de temps que prévu et un stagiaire a dû être recruté pour terminer le travail. Aucune synthèse nouvelle sur les glissements de terrain dans le Trièves n'a pu être réalisée.

Dans certains cas, les données brutes (en particulier, des mesures géophysiques) n'ont pas pu être récupérées et seules les coupes ou profils interprétés par le bureau d'études sont disponibles.

Évolution et perspectives

Cette base de données constitue une première étape vers un accès aux informations géologiques, géotechniques, géophysiques et géodésiques disponibles sur les argiles du Trièves. Le souhait est qu'elle serve de référence pour une étude intégrée des risques naturels dans la région du Trièves et permette une meilleure compréhension des mécanismes de déformations et des paramètres déclencheurs ou aggravant des glissements.

Par la suite, cette base pourrait s'étendre géographiquement à d'autres régions (plateau mateysin, région du Beaumont) également concernées par la présence de glissements dans le même type de matériau. Elle pourrait être également étoffée par des données existantes (en particulier géotechniques) auprès d'autres organismes.

Dans la perspective de la création d'un observatoire de mouvement de terrain dans le Trièves, cette base de données devrait être pérennisée et alimentée par les nouvelles observations réalisées. Cette pérennisation va dépendre de la volonté politique régionale et nationale d'installer des observatoires de mouvements de terrain dans les régions concernées par cet aléa.

Remerciements

Nous remercions la société SAGE et le personnel du RTM et de la DDE 38 pour leur aide dans la création de cette base de données.

Références

Articles :

AL HATAYARI, M., ANTOINE, P., BIGUENTE, G. MONNET, J., MORA, H., 1990. Détermination des caractéristiques mécaniques au cisaillement des argiles litées cas du glissement de la combe d'Harmalière. *Revue Française Géotechnique*, 50, 71-77.

ANTOINE, P., GIRAUD, A., MONJUVENT G., 1981. Les argiles litées du Trièves (Isère), conditions de gisement et exemples de propriétés géotechniques. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 2, 117-127.

ANTOINE, P., MONNET, J., RAI, N.E., MOULIN, C., MERIAUX, P., Résultats de cinq années d'auscultation sur un glissement dans les argiles glacio-lacustres du Trièves (Sud-Est de la France).

BLANCHET, F., 1988. Etude Géomécanique de glissements de terrain dans les argiles glacio-lacustres de la vallée du Drac, *Thèse IRIGM*, UJF-Grenoble, 157pp.

BOMBARD, J.P., 1968. Une approche des problèmes posés par l'étude des mouvements de terrain – essai méthodologique, *Thèse UJF-Grenoble*, 265 pp.

GIRAUD, A., ANTOINE, P., VAN ASCH, T.W.J., NIEYUWENHUIS, J.D., 1990. Geotechnical problems caused by glaciolacustrine clays in the French Alps. *Engineering Geology*, 31, 185-195.

GIRAUD, A., GOURC, J.P., BESSON, L., FABRE, D., 1980. Approche pluridisciplinaire des problèmes posés par un glissement de terrain sur faible pente, *Revue Française de Géotechnique*, 14, 11-15.

GIRAUD, A., 1988. Les argiles litées glacio-lacustres du Trièves (France), compte rendu de communication, *Entretiens du centre Jacques Cartier*, colloque n°14, génie civil et risques naturels.

MONJUVENT G., 1973. La transfluence Durance-Isère. Essai de synthèse du Quaternaire du bassin du Drac (Alpes Française). *Géologie Alpine*, 49, 57-118.

NIEUWENHUIS, J.D., BALKEMA, A.A., 1984. Variation in stability and displacements of a shallow seasonal landslide in varved clays. *Rotterdam-Brookfield*, 131 pp.

REZIG, S., 1998. Modélisation probabiliste de l'aléa 'mouvements de terrain' – Développement d'une méthode quantitative pour l'aide à l'expertise, *Thèse Ecole Centrale Paris*, 205pp.

VAN ASCH, T.W.J., HENDRIKS, R. HESSEL and RAPPANGE F.E., 1996. Hydrological triggering conditions of landslides in varved clays in French Alps. *Engineering Geology*, 42, 239-251.

VAN ASCH, T.W.J., and VAN GENUCHTEN, P.M.B., 1990. A comparaison between Theoretical and Measured Creep Profiles of Landslides. *Geomorphology*, 3, 45-55.

VAN GENUCHTEN, P.M.B., 1989. On the temporal and spatial variance in displacement velocity of a slide in varved clays in the French Alps. *Earth Surface Processes and Landforms*, 14, 565-576.

VAN GENUCHTEN, P.M.B., VAN ASCH, T.W.J., 1988. Factors controlling the movement of a landslide in varved clays near La Mure (French Alps). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 3, 461-469.

VAN ASCH, T.W.J., BRINKHORST, W. H., BUIST, H. J., VESSEM, P. V., 1984. The development of landslides by retrogressive failure in varved clays. *Z. Geomorph. N. F., Suppl.*, 4, 165-181.

VUILLERMET, 1990. Synthèse des connaissances – anisotropie stabilité des argiles du Trièves, *Rapport CETE de Lyon*, 19pp.

VUILLERMET, E., CORDARY, D., GIRAUD, A., 1994. Caractéristiques hydrauliques des argiles litées du Trièves (Isère). *Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur*, Paris n°49.

VUILLERMET, E., 1992. Caractéristiques géotechniques des argiles glacio-lacustres du Trièves, *Thèse UJF-Grenoble*, 189pp.

Rapports dont les documents inclus ont été intégrés sous le SIG Trièves :

Rapport ADRGT n°210 (*Avignonet*)
Rapport ADRGT n°391273 (*Saint Guillaume*)
Rapport ADRGT n°413 (*Harmalière*)
Rapport ADRGT n°208-30 (*Lavars*)
Rapport ADRGT n°716 (*Mas d'Avignonet*)
Rapport ADRGT n°412 (*Merdaret*)
Rapport ADRGT n°302 (*Saint Martin de Clelles*)
Rapport ADRGT (*Villarnet*)
Rapport ADRGT n°36a (*Subdivision de Mens*)
Rapport ADRGT n°231 (*Subdivision de Mens*)
Rapport ADRGT n°256 (*Saint Guillaume et le Mas*)
Rapport ADRGT n°391-274 (*Saint Guillaume et le Mas*)
Rapport ADRGT n°391-273 (*Saint Guillaume et le Mas*)
Rapport ADRGT (*Subdivision de Vizille*)

Rapport SAGE n°145 (*Mens*)
Rapport SAGE n°390 (*Mens*)
Rapport SAGE n°901 (*Mens*)
Rapport SAGE n°140 (*Saint Guillaume*)
Rapport SAGE n°290 (*Saint Guillaume*)
Rapport SAGE n°391-277 (*Saint Guillaume*)
Rapport SAGE n°391-278 (*Saint Guillaume*)
Rapport SAGE n°484 (*Sinard*)
Rapport SAGE n°1595 (*Treffort*)

Rapport IMS RN n°02322 (*Avignonet*)
Rapport IMS RN n°208-1044 (*Lavars*)
Rapport IMS RN n°242-755 (*Monestier de Clermont*)
Rapport IMS RN n°391-281 (*Saint Guillaume*)
Rapport IMS RN n°419-713 (*Saint Martin de Clelles*)

Rapport Pierre Plotto (*Avignonet*)

Rapport Service RTM n°492-310 (*Sinard*)
Rapport Service RTM n°492-484 (*Sinard*)
Rapport Service RTM n°492-310 (*Sinard*)

Rapport SicSol n°867036 (*Avignonet*)

Rapport SicSol n°912492 (*Avignonet*)
Rapport SicSol n°845-109 (*Sinard*)

Fiches de suivi « mouvement de terrain » parcelle n°30 (*Avignonet*)
Rapport MAS D'AVIGNONNET_1405-85
Rapport HydroGeotech (*Saint Guillaume*)
Rapport CDR526 + Ponnassas
Rapport CETE n°342-109 (*Roissard*)
Rapport Fondasol n°90019 (*Saint Martin de Clelles*)
Rapport Sol Essais n°31785 (*Monestier du Percy*)
Rapport Sol Essais n°492-312 (*Sinard*)
Rapport Alpes Essais n°405-87 (*Avignonet*)
Rapport ERGH n°208-652 (*Lavars*)

Suivis inclinométriques, fichier texte (*Lavars*)
Suivis inclinométriques, fichier texte (*Monestier du Percy*)
Suivis inclinométriques, fichier texte (*Saint Guillaume*)
Suivis inclinométriques, fichier texte (*Saint Martin de Clelles*)

Mesures de topographie classique, fichier Excel (*Monestier du Percy*)
Mesures de topographie classique, fichier Excel (*Saint Guillaume*)
Mesures de topographie classique, fichier Excel (*Saint Martin de Clelles*)
Mesures de topographie par GPS, fichier Excel (*Avignonet*)
Mesures de topographie par GPS, fichier Excel (*Sinard*)