

Projet SISMOVALP – Interreg III B

Microzonage sismique de la vallée du Rhône entre Brig et le Léman

Cartographie 1 : 25'000 des sols de fondation

Selon classification de la norme SIA 261

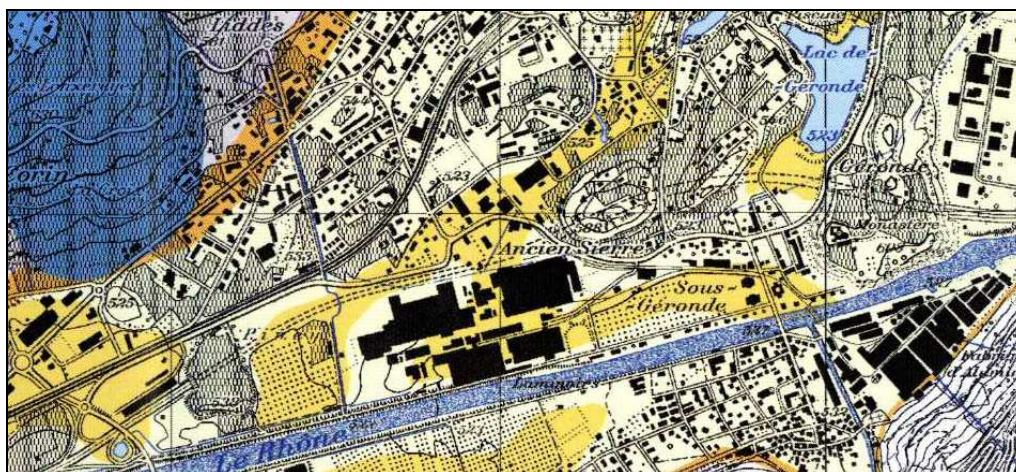


Table des matières :

1	Introduction	3
2	Données de base.....	3
2.1	DONNEES DE FORAGE	3
2.2	CARTES GEOLOGIQUES	3
2.3	CARTES DES DANGERS GEOLOGIQUES.....	4
2.4	CARTES TOPOGRAPHIQUES HISTORIQUES.....	4
2.5	CARTE GEOTECHNIQUE	4
2.6	PROFILS SISMIQUES	5
2.7	CAMPAGNE DE MESURES GRAVIMETRIQUES	5
3	Cartographie de la plaine du Rhône et des versants.....	5
3.1	CLASSIFICATION DES SOLS SELON LA NORME SIA 261	5
3.2	FORMATIONS GEOLOGIQUES TYPES.....	6
3.3	METHODOLOGIE.....	6
3.4	CARTES ETABLIES	10
3.5	DISCUSSION DES RESULTATS	10
3.5.1	Données de forages	10
3.5.2	Délimitation des classes de sol de fondation	11
	Bibliographie.....	13

Table des illustrations :

Figure 1	: Extrait de la carte de l'Atlas Dufour (1845), anciens cours du Rhône et zones marécageuses	4
Figure 2	: Etape de réalisation de la carte, classe A	8
Figure 3	: Etape de réalisation de la carte, classes A et E	8
Figure 4	: Etape de réalisation de la carte, classes A, E et C	9
Figure 5	: Etape de réalisation de la carte, classes A, E, C et D	9
Figure 6	: Etape de réalisation de la carte, classes A, E, C, D et F	9
Figure 7	: Plan général de situation des cartes A3 au 1 :25'000.	10
Figure 8	: Exemple de répartition des forages	11

1 Introduction

Ce travail a été réalisé dans le cadre du *work package* 6 «generic alpine ground motion» du projet SISMOVALP (Interreg III B). Les partenaires helvétiques de ce projet sont le CREALP (pilote délégué du Canton du Valais), l'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), le Service sismologique national et les bureaux RESONANCE et P. TISSIERES. A la demande expresse de l'OFEG sa contribution financière a été consacrée en priorité à ce volet du *work package*.

Le travail a consisté à établir la cartographie 1:25'000 des sols de la vallée du Rhône entre Brig et le Léman. Conformément au modèle d'Yverdon (Widmer et al. 2003), ces sols ont été décrits selon la classification des sols de fondation de la norme SIA 261 «actions sur les structures porteuses». La cartographie a débuté à titre de test sur la feuille Sion pour évaluer sa faisabilité dans un contexte de sédiments de vallée alpine. Elle a ensuite été élargie à l'ensemble de la plaine du Rhône entre Brig et le lac Léman. Le projet a été réalisé avec la collaboration de l'OFEG et du bureau P.TISSIERES SA. Le présent travail peut valoir de notice explicative, voire de *marche à suivre*, pour de futurs projets de cartographie des sols de fondation destinée au microzonage sismique des vallées alpines.

La classification des sols obtenue est une base incontournable pour prendre en compte le possible *effet de site* généré par les terrains meubles de la vallée du Rhône. Il faut toutefois se rappeler que cette cartographie reste tributaire des incertitudes liées à la cartographie géologique et aux descriptions forcément simplificatrices de la classification de la norme.

2 Données de base

Plusieurs types de documents ont été utilisés pour établir la carte des sols de fondation. Il s'agit, selon un ordre d'importance décroissant, des :

2.1 DONNEES DE FORAGE

1444 forages d'une profondeur supérieure à 10 m ont été pris en compte pour la plaine du Rhône entre Le Bouveret et Brig et interprétés en classes de sol de fondation selon la norme SIA 261. Ces forages proviennent de différentes sources :

- § BD-FOR CREALP : Base de données FORAGES DU SRCE - Routes nationales
- § REGIS : Base de données hydrogéologiques cantonale
- § Forages du projet HydroRhône ou fournis par des bureaux privés
- § Sondages archéologiques

Localement, ces données ont été complétées par des relevés de sondages au pénétromètre et de levés de fouilles provenant de bureaux privés.

2.2 CARTES GEOLOGIQUES

Les cartes géologiques au 1 :25'000 (feuilles Monthey, Montreux, Dent de Morcles, Sembrancher, St-Léonard, Brig, de l'Atlas géologique de la Suisse, complétées par des levés de terrain d'extraits des feuilles Sion, Sierre et Raron) ont été utilisées afin de distinguer les zones d'affleurement rocheux, les dépôts glaciaires, les cônes de déjection et les zones en glissement de terrain.

2.3 CARTES DES DANGERS GEOLOGIQUES

Afin de compléter ou d'affiner localement les zones de classe F2 (glissements de terrain) préalablement répertoriées sur la base de cartes géologiques, plusieurs sources ont été utilisées :

- Inventaire cantonal des instabilités de terrain (1989)
- Compilation des cartes de danger inventoriées par le CREALP
- Rapports de bureaux privés

2.4 CARTES TOPOGRAPHIQUES HISTORIQUES

Comme le montre la figure 1, des cartes géographiques du 19^{ème} et du début du 20^{ème} siècle ont été prises en compte pour repérer les sols issus des anciennes zones marécageuses ainsi que les anciens cours du Rhône :

- Cartes de l'Atlas Siegfried de 1878 au 1 : 25'000
- Cartes de l'Atlas Dufour de 1845 au 1 : 100'000
- Carte des chemins de fer de la ligne du Simplon

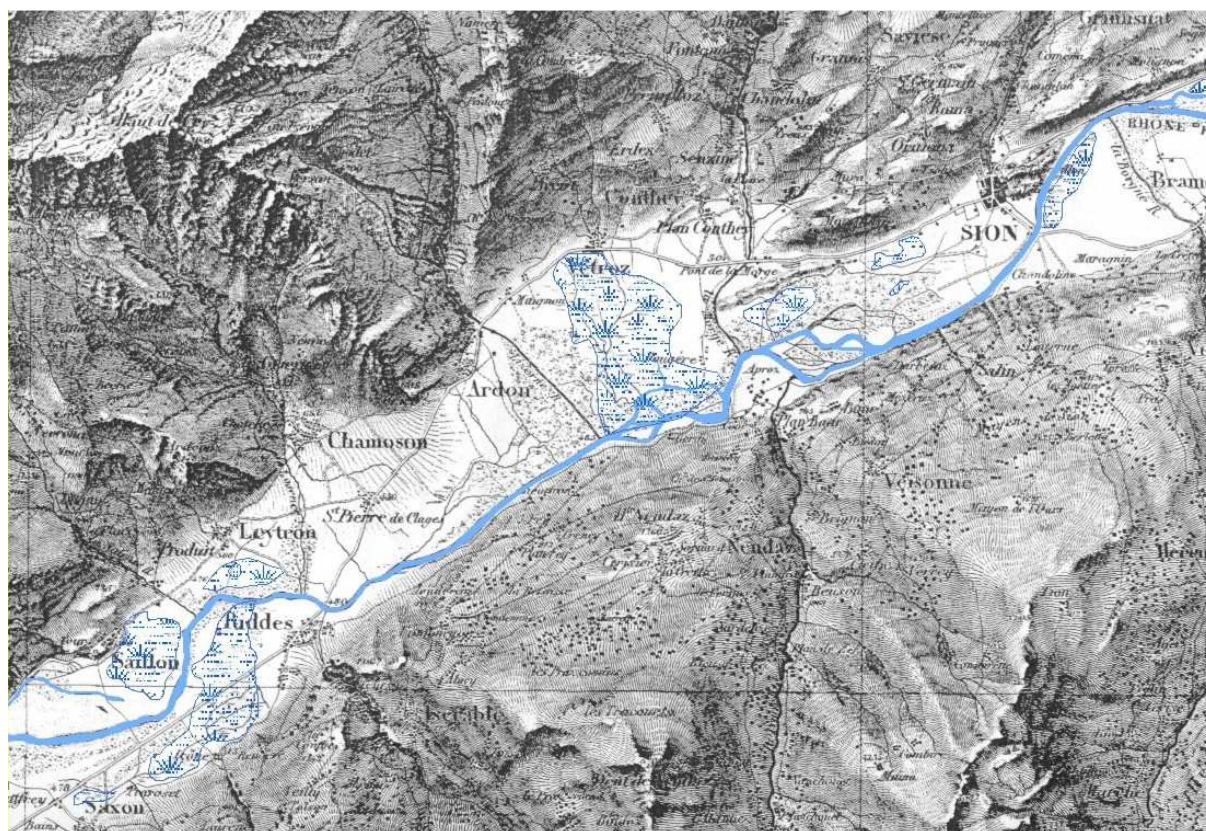


Figure 1 : Extrait de la carte de l'Atlas Dufour (1845), anciens cours du Rhône et zones marécageuses

2.5 CARTE GEOTECHNIQUE

La carte géotechnique du Valais au 1 : 200'000 a été consultée au début de l'étude afin de procéder à un premier dégrossissage des classes de sol et de délimiter les dépôts sédimentaires de la plaine du Rhône.

2.6 PROFILS SISMIQUES

Afin de connaître l'épaisseur de sédiments dans la plaine du Rhône et de visualiser la géométrie de la bordure des dépôts de la plaine, plusieurs profils de sismique réflexion réalisés entre Brig et le Léman ont été consultés (Besson et al., 1992 ; Frischknecht, 2000 ; Pugin et al., 1992 ; Résonance SA, 2000 & 2001, Riond et al., 1991, Riond et al., 1992a).

2.7 CAMPAGNE DE MESURES GRAVIMETRIQUES

Une carte des isohypses du soubassement rocheux de la plaine du Rhône obtenue par modélisation gravimétrique a été consultée principalement dans le but de connaître avec une meilleure précision les épaisseurs de sédiments bordant la vallée. Ces cartes ouvrent de nouvelles perspectives, notamment en ce qui concerne le microzonage spectral (Rosselli et al. 2003).

3 Cartographie de la plaine du Rhône et des versants

3.1 CLASSIFICATION DES SOLS SELON LA NORME SIA 261

Le territoire de la plaine du Rhône ainsi que les versants habités ont été subdivisés en différentes catégories de classes de sol de fondation définies par la norme de construction SIA 261 (2003).

La classe A concerne l'ensemble des roches dures et tendres anté-quaternaires bordant la plaine du Rhône ainsi que les sédiments les recouvrant jusqu'à 5 m d'épaisseur.

La classe B comprend les graviers et sables cimentés et/ou surconsolidés de type moraine de fond, de plus de 30 mètres d'épaisseur. Aucun dépôt de ce type n'a été répertorié dans la tranche de terrain nous intéressant dans le cadre de cette étude (il est probable que ce type de dépôt existe à une profondeur sédimentaire plus importante).

La classe C comprend les sédiments grossiers de la plaine (graviers et sables grossiers) d'une épaisseur supérieure à 30 m, ainsi que les dépôts morainiques non consolidés d'une épaisseur supérieure à 30 mètres.

La classe D concerne les sédiments fins de la plaine localisés dans les zones à faible gradient topographique et les zones de débordement. Ces zones sont susceptibles de liquéfaction si la nappe phréatique se trouve à une profondeur inférieure à 10 mètres.

La classe E concerne les dépôts morainiques sur les versants, d'une épaisseur comprise entre 5 et 30 mètres, ainsi qu'un biseau de sédiments dans la plaine, bordant les flancs de la vallée ou les collines rocheuses, d'une épaisseur comprise entre 5 et 30 mètres.

La classe F est subdivisée en deux sous-classes **F1** et **F2**, respectivement les zones tourbeuses ou à matière organique d'une épaisseur de plus de 10 m et les zones instables en glissement actif ou susceptibles d'être réactivés.

Classe de sol de fondation	Description	$V_{s,30}$ [m/s]	N_{SPT}	S_u [kN/m ²]	S	T_B [s]	T_c [s]	T_D [s]
A	Roches dures (p.ex. granite, gneiss, quartzite, calcaire siliceux, calcaire) ou roches tendres (p.ex. grès, Nagelfluh, marne jurassique, argile opalinus) sous une couverture de terrain meuble maximale de 5 m	>800	-	-	1.00	0.15	0.4	2.0
B	Dépôts étendus de sable et de gravier cimentés et/ou roches meubles surconsolidées d'une épaisseur supérieure à 30 m.	400-800	>50	>250	1.2	0.15	0.5	2.0
C	Dépôts de graviers grossiers et sables normalement consolidés et non cimentés et/ou matériau morainique d'une épaisseur supérieure à 30 m.	300-500	15-50	70-250	1.15	0.20	0.6	2.0
D	Dépôts de sables fins non consolidé, de limon et d'argile, d'une épaisseur de plus de 30 m.	150-300	<15	<70	1.35	0.2	0.8	2.0
E	Couche alluviale superficielle des classes de sol de fondation C ou D d'une épaisseur de 5 à 30 m, surmontant une couche plus compacte des classes de sols de fondation A ou B	-	-	-	1.40	0.15	0.5	2.0
F1	Structures sensibles et dépôts organiques (p.ex. tourbe, craie lacustre) d'une épaisseur supérieure à 10 m.	-	-	-				
F2	Glissements de terrain actifs ou susceptibles d'être réactivés.	-	-	-				

Tableau 1 : Classes de sols de fondation et valeurs des paramètres intervenant dans le spectre de réponse élastique ainsi que dans le spectre de dimensionnement (SIA 2003).

3.2 FORMATIONS GEOLOGIQUES TYPES

En l'absence de données ponctuelles de forages, la carte des sols a été établie sur la base des données provenant des cartes géologiques ou d'études diverses.

Le tableau 2 ci-après présente une liste non exhaustive des lithologies et phénomènes les plus fréquemment rencontrés dans la plaine du Rhône et leur attribution à une classe de sol SIA 261.

3.3 METHODOLOGIE

La carte des sols de fondation 1 :25'000 a été élaborée sous forme de SIG (ArcView 8.2). La démarche générale a été la suivante par région :

Partie 1 : compilation et intégration des données

- Intégration des cartes géographiques et géologiques disponibles sur le SIG (scannage et géoréférencement) ;
- Prise en compte des cônes de déjection, dépôts morainiques, glissements de terrain et limites rocher – dépôts sédimentaires sur la base des cartes géologiques et géotechniques ;
- Prise en compte des anciens cours du Rhône, anciennes zones marécageuses, gravières sur la base des cartes topographiques historiques ;

- Interprétation-transcription des logs de forages en classe de sol SIA 261 et élaboration d'une base de donnée spatiale (.dbf4) ;
- Recherche bibliographique pour compléter l'information sur les zones déficitaires en données.

Lithologie / Phénomène + épaisseur	Classes de sol	Remarques
Roche en place	A	
Dépôt d'éboulement 0-5 m sur rocher	A	
Dépôt d'éboulement 5-30 m sur rocher	E	
Dépôt d'éboulement t >30 m sur rocher	C	
Dépôt d'éboulement 0-5 m sur alluvions	C-D	En fonction du type de dépôts sous-jacents
Dépôt d'éboulement 5-30 m sur alluvions	C-D	En fonction du type de dépôts sous-jacents
Dépôt d'éboulement t >30 m sur alluvions	C	
Voile d'éboulis 0-5 m	A	
Voile d'éboulis 5-30 m	E	
Voile d'éboulis >30 m	C	
Tassement de versant rocheux	A	
Glissement de terrain	F2	
Plaquage morainique 0-5 m sur rocher	A	
Plaquage morainique 5-30 m sur rocher	E	
Plaquage morainique >30 m sur rocher	C	
Moraine 0-5 m sur alluvions grossiers	C	
Moraine 5-30 m sur alluvions grossiers	C	
Moraine 30 m sur alluvions grossiers	C	
Moraine 0-5 m alluvions fins	D	
Moraine 5-30 m sur alluvions fins	C-D	En fonction de l'épaisseur de la moraine
Moraine >30 m sur alluvions fins	D	
Sables grossiers, graviers 0-5 m sur rocher	A	
Sables grossiers, graviers 5-30 m sur rocher	E	
Sables grossiers, graviers >30 m sur rocher	C	
Limons, argiles 0-5 m sur rocher	A	
Limons, argiles 5-30 m sur rocher	E	
Limons, argiles >30 m sur rocher	D	
Limons, argiles 0-5 m sur alluvions	C-D	En fonction du type d'alluvions sous-jacents
Limons, argiles 5-30 m sur alluvions	C-D	En fonction du type d'alluvions sous-jacents
Limons, argiles >30 m sur alluvions	D	
Marécages, tourbe 0-5 m sur rocher	A	
Marécages, tourbe 5-10 m sur rocher	E-F1	Pour plus de prudence : F1
Marécages, tourbe >10 m sur rocher	F1	
Marécages, tourbe 0-5 m sur alluvions	C-D	En fonction du type d'alluvions sous-jacents
Marécages, tourbe 5-10 m sur alluvions	C-D-F1	Pour plus de prudence : F1
Marécages, tourbe >10 m sur alluvions	F1	

Tableau 2 : Cas d'attribution d'un type de sol à une classe SIA 261

Partie 2 : Elaboration de la carte des sols

La démarche graphique adoptée pour la carte du Valais a consisté en un habillage successif de la vallée du Rhône couche après couche. Les figures ci-dessous présentent les diverses étapes d'élaboration de la carte; exemple de la zone de Sion.

- Classe A sur l'ensemble du territoire :

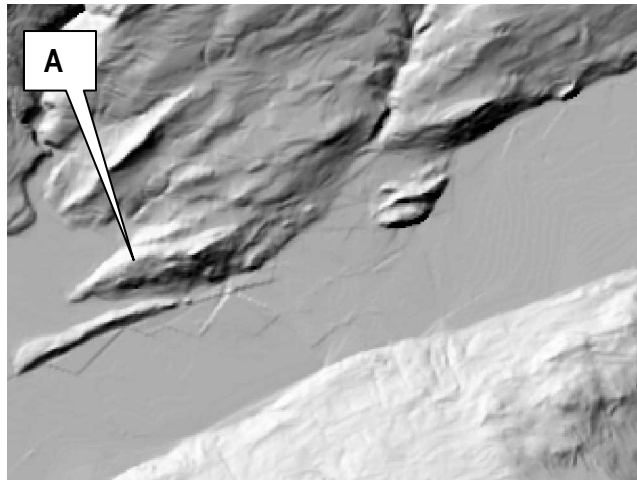


Figure 2 : Etape de réalisation de la carte, classe A

- Classe E sur les bords de la vallée en négligeant un biseau de sédiments jusqu'à 5 mètres d'épaisseur (classe A) et sur les versants présentant des dépôts morainiques entre 5 et 30 mètres :

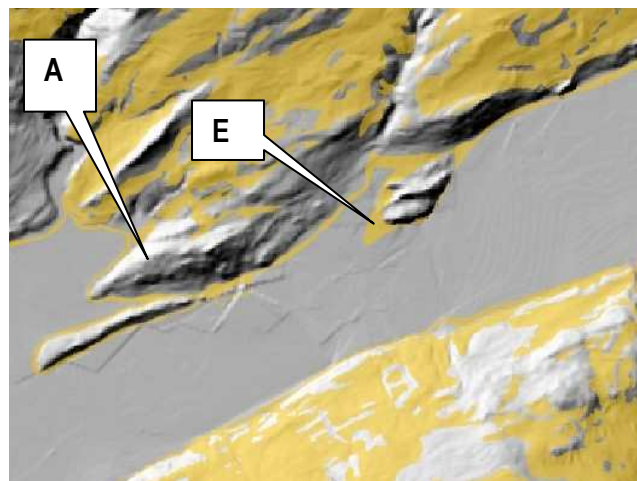


Figure 3 : Etape de réalisation de la carte, classes A et E

- Classe C sur l'ensemble de la plaine sédimentaire en négligeant un biseau de sédiments entre 5 et 30 mètres d'épaisseur (bande de classe E) :

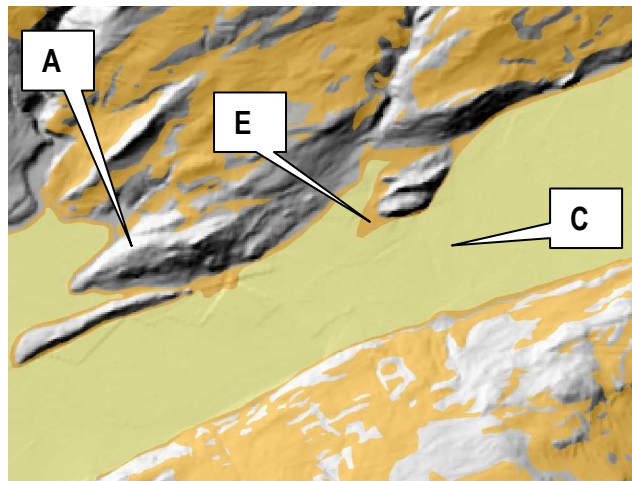


Figure 4 : Etape de réalisation de la carte, classes A, E et C

- Classe D sur les zones de dépôts fins de la plaine :

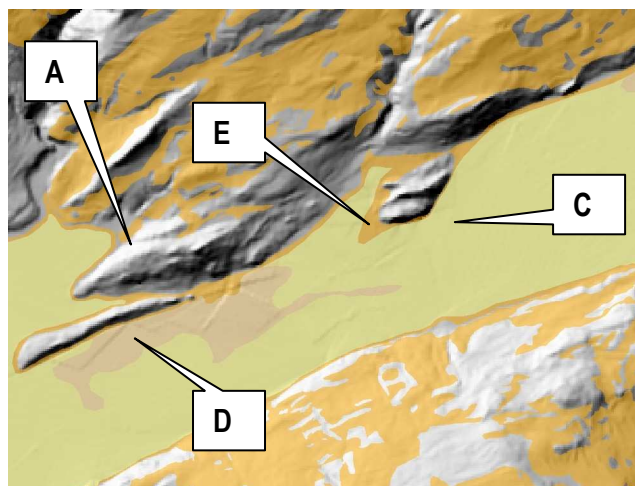


Figure 5 : Etape de réalisation de la carte, classes A, E, C et D

- Classe F sur les zones en glissement de terrain et les zones tourbeuses :

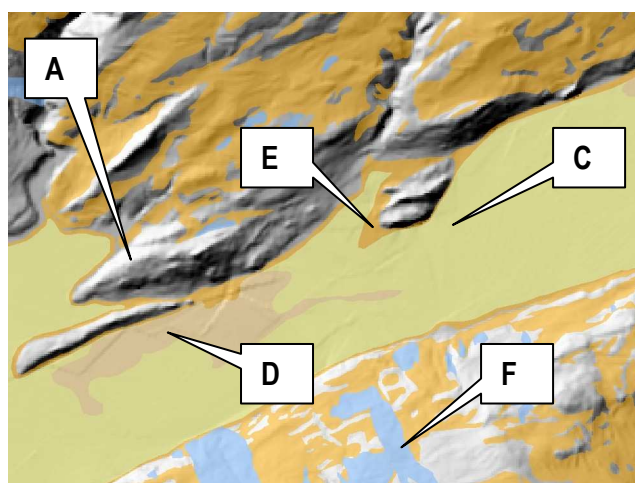


Figure 6 : Etape de réalisation de la carte, classes A, E, C, D et F

La carte obtenue a ensuite fait l'objet de corrections sur la base de connaissances locales.

3.4 CARTES ETABLIES

Les cartes de sols de fondation SIA 261 pour le microzonage sismique indicatif ont été réalisées en Valais à l'échelle du 1 :25'000.

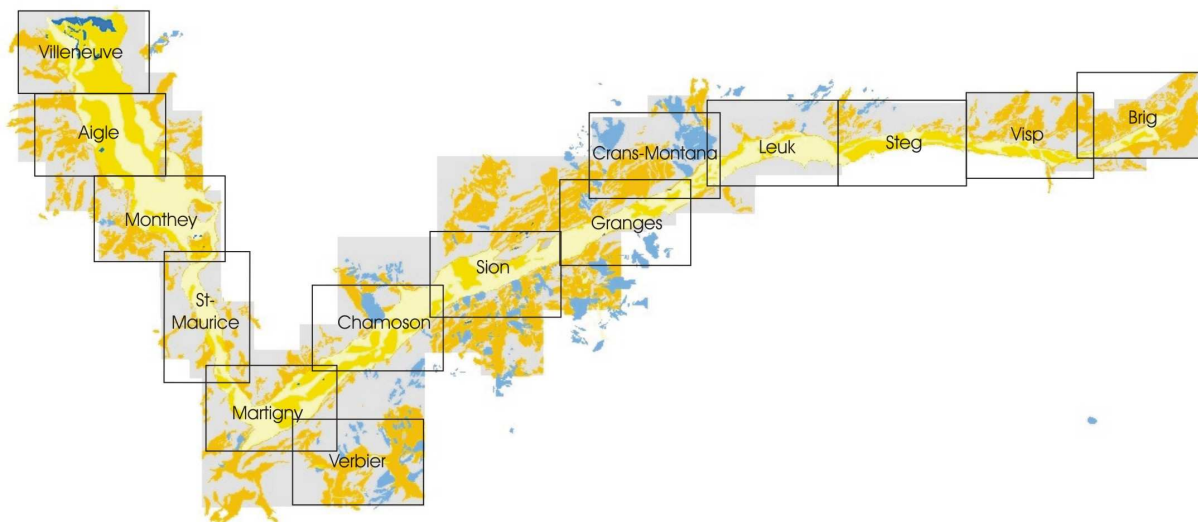


Figure 7 : Plan général de situation des cartes A3 au 1 :25'000.

3.5 DISCUSSION DES RESULTATS

3.5.1 Données de forages

Répartition

Dans la plaine du Rhône, un grand nombre de logs de forages de plus de 10 m sont disponibles principalement le long du tracé de l'autoroute A9, ce qui se traduit par une densité inégale d'information sur la zone d'étude. La principale difficulté rencontrée lors de l'établissement de la carte des sols de fondation provient du manque de forages d'une profondeur supérieure à 10 m dans les régions distantes de l'autoroute. Des données de forages supplémentaires provenant de bureaux privés ont néanmoins été récoltées afin d'élucider des problèmes ponctuels.

Les travaux de cartographie se sont concentrés dans la Plaine du Rhône et au voisinage des zones habitées à forte densité des versants de la vallée.

Interprétation

La retranscription d'un log de forage en classe de sol demande une interprétation personnelle, ce qui peut être à la source d'incertitudes, particulièrement pour la distinction des classes C et D entre elles. En effet, il est rare d'observer une épaisseur de 30 mètres de graviers ou de limons homogène. La plupart des sondages dans la plaine (en dehors des cônes de déjection principaux) révèlent une alternance de matériel grossier gravelo-sableux et fin sablo-limoneux.

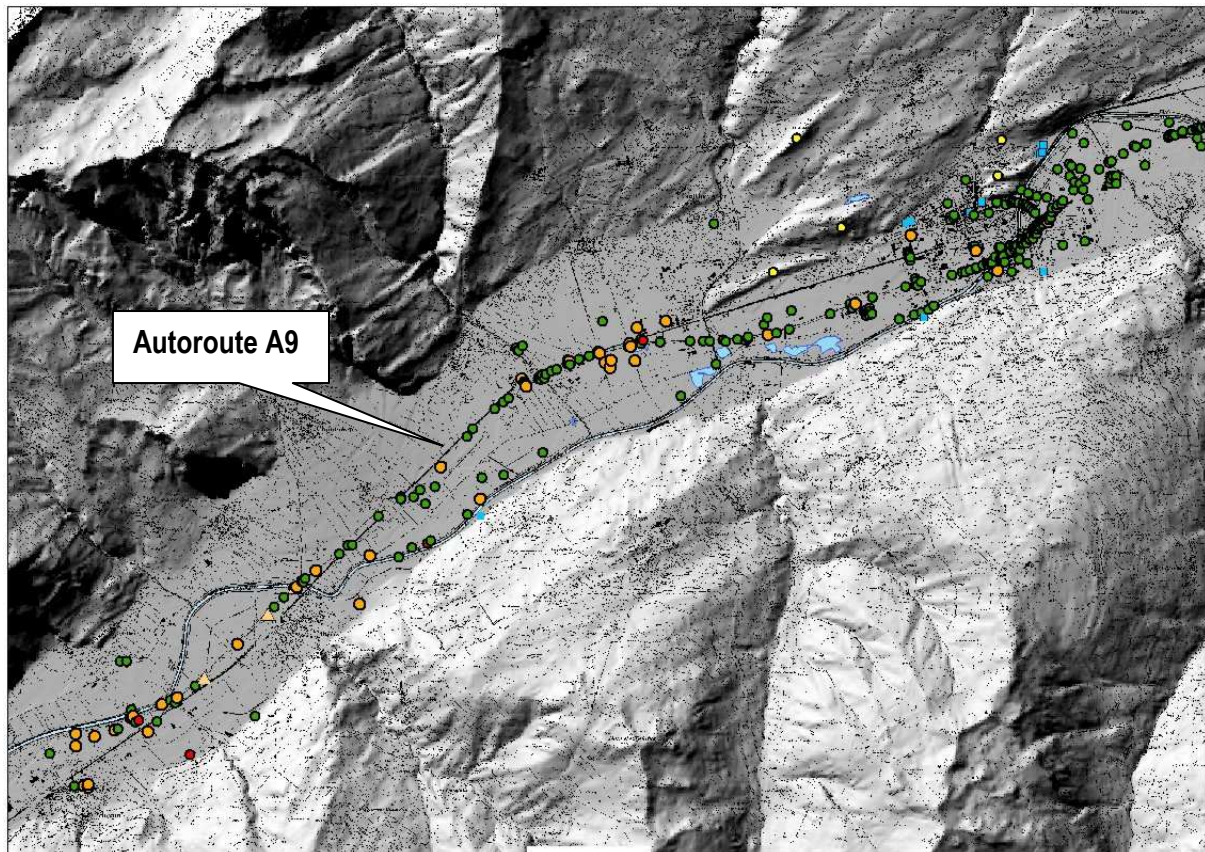


Figure 8 : Exemple de répartition des forages

Lors de cette étude, la distinction entre les classes C et D a été faite en fonction de la prédominance de matériel fin ou grossier sur les 30 premiers mètres du sondage, ou plus si disponible. D'autre part, certains forages n'excèdent pas 10 mètres ; ceux-ci ont été toutefois retranscrits en classe de sol de fondation en prenant en compte la granulométrie principale du forage et en les comparant à d'autres forages plus profonds avoisinants.

3.5.2 Délimitation des classes de sol de fondation

Classe A

La délimitation de la classe A ne pose pas de problèmes particuliers grâce à la bonne documentation géologique disponible. Une incertitude peut être cependant évoquée ; à l'échelle 1 :25'000, il est très imprécis de délimiter dans la plaine du Rhône une bande de sédiments jusqu'à 5 m d'épaisseur, surmontant le rocher, entrant également dans la classe A.

Classe B

Aucun dépôt appartenant à la classe B n'a été répertorié dans la plaine du Rhône ni sur les versants.

Classe C

La délimitation de la classe C ne pose pas de réel problème ; cette classe de sol comprend la majeure partie des dépôts sédimentaires superficiels de la plaine du Rhône.

Classe D

La délimitation des zones de dépôts de sédiments fins s'est révélée être la difficulté majeure lors de l'établissement de la carte des sols de fondation. En effet, les données de forages ne permettent pas de délimiter avec précision les pourtours de la classe D. Ont été considérées de préférence les zones se situant en dehors des cônes de déjection, sur des pentes faibles où les courants étaient probablement peu importants. Les cartes Siegfried et Dufour apportent de précieuses informations au sujet des anciens cours du Rhône et des cours d'eau, et des anciennes zones humides. Cependant, en l'absence de données de forages, ces informations historiques doivent être utilisées avec précaution car le cours des rivières et les zones de dépôt sont très variables dans le temps et dans l'espace. Dans les zones où les informations ne permettent pas de trancher entre les classes C et D, la classe la plus défavorable a été considérée par mesure de sécurité.

Classe E

Les rares données de forages en bordure de la plaine posent des problèmes lors de la délimitation de la classe E. Un biseau de sédiments entre 5 et 30 mètres d'épaisseur a été estimé en bordure de la plaine entre les classes A et C, sur la base de profils de sismique-réflexion, modélisation gravimétrique et de projection de la pente du substratum rocheux sous la couverture sédimentaire. La principale incertitude est à relever dans les zones en bordure des collines dans la plaine, telles que les collines de Valère et Tourbillon à Sion, les collines des Maladaires et des Potences à Châteauneuf-Sion, où la pente du substrat est difficile à estimer.

D'autre part, une incertitude persiste en ce qui concerne les épaisseurs de plaquages morainiques sur les versants : peu de forages existent sur les versants et les cartes géologiques ne permettent pas d'estimer des épaisseurs. Les épaisseurs de moraines ont été considérées par défaut entre 5 et 30 mètres (classe E) par mesure de sécurité.

Classe F1

Les zones sensibles (tourbe et matière organique) entrant dans la classe F1 ont été répertoriées sur la base de la présence d'anciennes zones marécageuses concordant avec des données de forage.

Peu de forages permettent de confirmer l'appartenance d'une ancienne zone marécageuse à cette classe de sol de fondation. Aucun forage ne présente une épaisseur de 10 m de tourbe. Il y a lieu de relever le caractère indicatif de la délimitation des zones F1.

Classe F2

Les zones en glissement actif ou susceptible de réactivation ont été répertoriées sur la base des cartes géologiques au 1 :25'000, ainsi que sur des levés provenant de bureaux privés. Il en résulte une inégale répartition de la précision des levés.

Sion, le 9 mars 2004

Michaël DIGOUT, Ingénieur-géologue

Bibliographie

PUBLICATIONS / RAPPORTS

BESSON, O., ROUILLER, J.-D., FREI, W. & MASSON, H. (1992) : Campagne de sismique-réflexion dans la Vallée du Rhône entre Sion et Martigny, Suisse. Bull. Murithienne Sion, 18p.

BURRI (1997) : Géologie récente de Fingez et de ses environs (VS). Bull. Murithienne Sion, 115/1997, 22p.

CREALP (1993) : Coupes géologiques établies à partir des profils sismique-réflexion effectués dans la Vallée du Rhône entre Martigny et Sion dans le cadre du PNR20. Rapport non publié No. CRSFA/92.48.

CREALP, P. TISSIÈRES, RESONANCE, BG, & al. (2000) : Guide de construction parasismique/ *Leitfaden für erdbebensicheres Bauen*. Rédigé sur mandat du Canton du Valais.

CLAVIEN (1987) : Etude géotechnique du tracé Sierre Est-Pfyn. Rapport pour le SRCE-routes nationales. Inédit.

CLAVIEN (1990) : Etude géotechnique Section Monthey – Morgins, tronçon ST.Triphon – La Torma. Rapport pour le SRCE - routes nationales. Inédit.

FRISCHKNECHT, C. (2000) : Seismic soil amplification in alpine valleys. A case study : the Rhône Valley, Valais, Switzerland. – *Terre & Environnement*, Sci. De la Terre, Univ. Genève.

LÖW, S., KOLLER, M., STUDER, A. (2002) : Bodenprofile und Übertragungsfunktionen für die neuen Swisscodes. resultate der Verstärkungsberechnung. Non publié.

LUGEON, M., GAGNEBIN, E. (1936) : La géologie des collines de Chiètres. – Bulletin des laboratoires de Géologie, Géographie, Géographie physique, Minéralogie et Paléontologie de l'Université de Lausanne N°57.

MAYER-ROSA, D., JIMÉNEZ, M.-J. (2000) : Seismic Zoning. State-of-the-art and recommendations for Switzerland. – Service hydrologique et géologique national, Berne.

OFEG (2002) : Etablissement des cartes de microzonage en Suisse. – Recommandations de l'OFEG, Berne.

OFEG (2004) : Principe pour l'établissement et l'utilisation des cartes de microzonage en Suisse. – Recommandations de l'OFEG, Berne.

PHILIPPE, E. (2003) : Méthode et réalisation de cartes indicatives de microzonage sismique du canton de Vaud (Suisse). Mémoire de thèse professionnelle, GEOLEP, EPFL, non publié.

PUGIN, A., (1988) : Carte des isohypses de la base des sédiments de Quaternaire en Suisse occidentale, avec quelques commentaires. Office fédéral de la protection de l'environnement, Service hydrologique et géologique national, Rapport géologique N°3.

PUGIN, A., MARCHANT, R. & STÄMPFLI, G. (1992) : Projet GEOTHERMOVAL (CREALP) - Interprétation des profils sismiques de St-Maurice et Bramois (Vallée du Rhône). Etude non publiée.

RESONANCE SA, P. TISSIÈRES ING. SA, GEOLOGIEBÜRO ROVINA&PARTNER AG, (2000) : Praxisbezogene seismische Mikrozonierung der Region Brig-Visp (Wallis). Unveröffentlicher Bericht für Staat Wallis, 65 Seiten.

RESONANCE SA, P. TISSIÈRES ING. SA, CREALP (2004) : Projet SISMOVALP (INTERREG 3 A) - Microzonage sismique de la Vallée du Rhône au niveau de Monthey-Collombey. Travaux en cours.

RIOND, M. & MASSON, H. (1991) : Projet GEOTHERMOVAL (CREALP) - Coupe géologique au 1:25'000 du profil sismique Vétroz-Aproz. Non publié.

RIOND, M. & MASSON, H. (1992a) : Projet GEOTHERMOVAL (CREALP) : Coupe géologique au 1:25'000 du profil sismique « Transversale Hérens-Conthey » à Sion. Non publié.

ROSSELLI, A. & OLIVIER, R. (2003) : Modélisation gravimétrique 2.5D et cartes des isohypses au 1 :100'000 du substratum rocheux de la Vallée du Rhône entre Villeneuve et Brig (Suisse). *Eclogae geol. Helv.* 96 (2003) 399-423.

NORME SIA 261 (2003) : ACTIONS SUR LES STRUCTURES PORTEUSE. Zürich, 75p.

WAGNER, J.-J., FRISCHKNECHT, C., ROSSET, P., SARTORI, M., SCHINDLER, C., BEER, C., MAYER-ROSA, D., RÜTTENER, E., SMIT, P. (2000) : Contribution au zonage sismique dans la vallée du Rhône entre Sion et Brig. OFEG/SHGN, Bern.

WIDMER, F., DUVERNAY, B., FÄH, D., PARRIAUX, A. (2003) : Projet pilote de microzonage sismique à Yverdon (VD). *Bull. Géol. appl.*

CARTES GEOLOGIQUES

BADOUX H., CHESSEX R., JEANNET A., LUGEON M., RIVIER F. (1960) : Atlas géologique de la Suisse au 1 :25'000, feuille N° 37, 1284 - Monthey et notice explicative.

BADOUX H. (1965) : Atlas géologique de la Suisse au 1 :25'000, feuille N° 47, 1264 - Montreux et notice explicative.

BADOUX H., BURRI M., GABBUS J.H., KRUMMENACHER D., LOUP G., SUBLET P. (1971) : Atlas géologique de la Suisse au 1 :25'000, feuille N° 58, 1305 - Dent de Morcles et notice explicative.

BEARTH P. (1964) : Carte géologique générale de la Suisse au 1 :200'000, feuille N° 6, Sion et notice explicative.

BURRI M., JEMELIN L. (1983) : Atlas géologique de la Suisse au 1 :25'000, feuille N° 77, 1325 – Sembrancher et notice explicative.

BURRI M., FRANK E., JEANBOURQUIN T., LABHART T., LISZKAY M., STRECKSTEIN A. (1992) : Atlas géologique de la Suisse au 1 :25'000, feuille N° 93, 1289 - Brig et notice explicative.

GAGNEBIN E. (1934) : Atlas géologique de la Suisse au 1 :25'000, feuille N° 8, 483 – St-Maurice et notice explicative.

SARTORI M. (2003) : Levé géologique de la feuille Sion au 1 :25'000, non achevé.