CARACTÉRISATION STRUCTURALE DES FRACTURES

Le réseau de fracturation d'une région donnée est formé de différentes familles de joints qui s'entrecoupent. La caractérisation du réseau de fracturation passe par un relevé détaillé de la géométrie des joints et par l'identification des familles dominantes et de leur orientation principale. Dans les régions les mieux exposées, par exemple le Grand Nord québécois, la caractérisation du système de joints peut se faire par l'analyse des images LANDSAT ou des photographies aériennes. Là où le couvert végétal et l'épaisseur du sol sont plus abondants, un relevé de terrain devra être effectué.

LEVÉS DE TERRAIN

Lorsqu'on effectue une étude régionale de la fracturation, l'on doit tout d'abord définir des domaines structuraux en séparant la région à l'étude en différentes aires ou surfaces. Les limites de ces domaines peuvent être définies en fonction de paramètres géologiques comme la lithologie et la position structurale. Par exemple, vous pouvez distinguer les fractures d'une unité de calcaire des fractures dans un dyke recoupant le calcaire, ou encore séparer les fractures qui affectent le flanc ouest d'un pli régional des fractures qui affectent le flanc est. Une fois que vous avez divisé votre région en domaines structuraux, vous devez par la suite identifier des sites d'échantillonnage ou des stations de mesure dans chaque domaine en choisissant des endroits les plus « affleurants » et représentatifs.

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées lors d'une campagne de terrain pour caractériser la fracturation à un site ou une station donnée. La **méthode sélective** consiste à observer les parois ou affleurements et sélectionner et mesurer l'orientation de fractures représentatives des familles principales. Cette méthode est rapide et offre l'avantage d'amasser des données sur plusieurs sites en relativement peu de temps. La méthode sélective est malheureusement subjective et n'est efficace que pour des régions où le réseau de fracturation est relativement simple. La **méthode dite quantitative** consiste à mesurer le plus grand nombre de fractures, peu importe leur orientation ou leur dimension, à une même station. Étant donné la grande quantité de données obtenues à l'aide de cette méthode, il est possible de distinguer les principales familles de fractures systématiques. Par contre, une abondance de fractures non systématiques aura comme effet de masquer les orientations préférentielles des familles principales. La méthode quantitative ne permet aucune analyse statistique de l'intensité ou l'espacement des fractures. La **méthode dite par inventaire** consiste à définir une aire d'une dimension donnée, un cercle de dix mètres de rayon ou un carré de $10m^2$ par exemple, et de mesurer l'orientation et l'extension latérale de toutes les fractures exposées dans cette aire. Cette méthode permet de faire l'analyse statistique de l'orientation des fractures, de calculer leur extension latérale et la densité de fracturation à un site. La **méthode dite par traverse** consiste à définir une ligne de traverse sur l'affleurement ou la paroi verticale et de mesurer toutes les fractures qui croisent cette ligne. Même si cette méthode est relativement coûteuse en temps, elle permet néanmoins une caractérisation quantitative des différentes familles de joints (l'espacement, la fréquence, la densité, l'extension latérale) et une analyse statistique plus complète du réseau de fracturation pour un secteur donné.

Description des fractures

Plusieurs termes sont utilisés pour caractériser et décrire les fractures. Il faut d'abord distinguer les familles de fractures dites **systématiques** et **non systématiques**. Les familles

systématiques se caractérisent par plusieurs fractures planes, subparallèles et continues à l'échelle de l'affleurement et de la région tandis que les fractures non systématiques sont généralement petites et irrégulières. Quantitativement, on doit décrire **l'espacement** entre les fractures d'une même famille (la distance entre deux fractures d'une même famille), **l'intensité ou la densité** de fracturation (nombre de fractures par unité de surface), et la fréquence d'une famille de fractures (nombre de fractures par distance linéaire). Sur le terrain, l'on doit décrire ou mesurer différents paramètres pour chaque fracture, dont l'orientation (direction/pendage), l'extension latérale, la terminaison et le type de roche qui la contient. Une fiche de note vous est présentée à l'annexe I en guise d'exemple.

Correction des données

Lorsqu'on travaille sur des affleurements horizontaux, ou sur des faces verticales dans une carrière par exemple, il est important de s'assurer de relever les fractures sur différentes surfaces de référence, car l'orientation de celles-ci influencera grandement la qualité de l'échantillonnage (figure 1). Par exemple, la quantité de fractures mesurées pour la famille P sur la face X de la figure 1 ne sera pas représentative de la réalité puisque l'orientation de la paroi est parallèle à la direction générale des fractures de la famille P. L'espacement entre les fractures sera également erroné si la traverse se situe sur une paroi oblique à la direction des fractures comme sur la face Z de la figure 1.

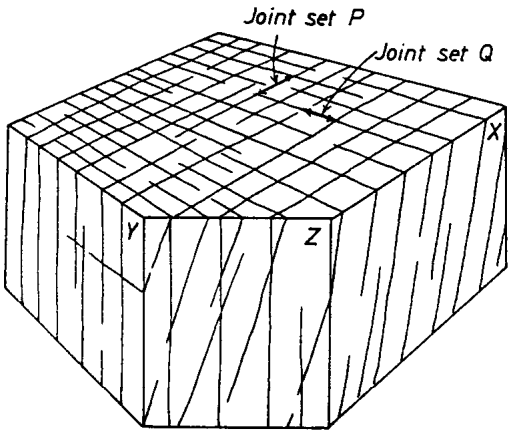


Figure 1: Effet de l'orientation des surfaces sur la fréquence des joints exposés.

Dans une région donnée, la fréquence réelle de distribution d'une famille de fractures sera obtenue en relevant les fractures sur une face perpendiculaire à la direction des fractures (Face Y pour la famille P dans la figure 1). Lorsque les levés s'effectuent sur des parois orientées obliquement par rapport à la direction des fractures, il sera nécessaire d'apporter une correction sur le nombre de fractures mesurées en fonction de l'orientation de la traverse pour obtenir un diagramme représentatif de la fréquence des fractures (figure 2).

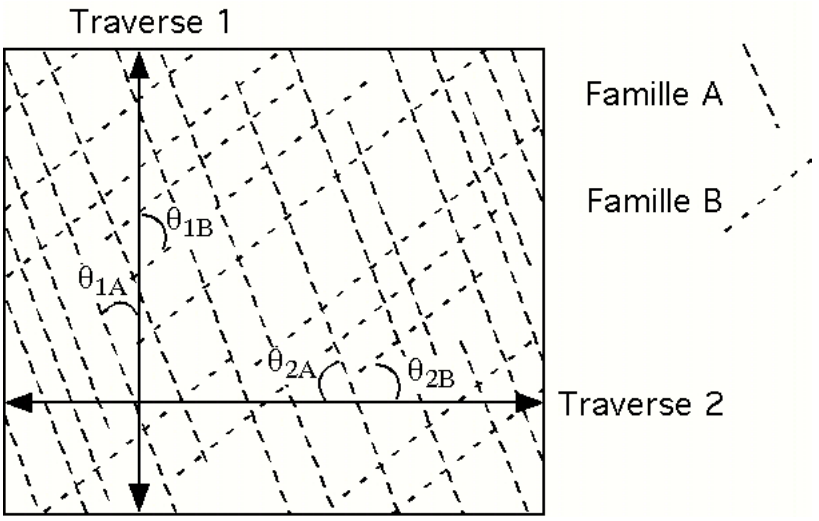


Figure 2: Levé de terrain le long de deux traverses d'orientation différente.

Il s'agit d'utiliser la correction de Terzaghi (1965), où $N = n/\sin\theta$ soit le nombre réel de fractures d'une orientation donnée (N) qui est exprimé par le nombre de fractures mesurées le long de la traverse (n) divisé par le sinus de l'angle entre l'orientation de la traverse et l'orientation des fractures (θ toujours $\leq$ à 90°). Si l'on veut connaître la fréquence des fractures de direction N50 par exemple (famille B de la figure 2), on calcule le nombre de fractures de cette famille qui croise la traverse 2 et l'on y apporte la correction de Terzaghi soit $N = 4/\sin 40°$ ou N = 5,37.

ÉTUDE RÉGIONALE DE LA FRACTURATION

Une étude du réseau de fracturation a été effectuée dans la région Mirabel située à une trentaine de kilomètre au nord de Montréal. Le but du projet était de caractériser la géométrie des fractures en trois dimensions pour mieux comprendre la circulation de l'eau souterraine dans un aquifère de roc fracturé.

Les roches de la région font partie de la province géologique des Basses-Terres du Saint-Laurent (BTSL) qui s'étend d'Ottawa à la Malbaie et qui est limité au nord par les Laurentides. La séquence sédimentaire des BTSL constitue une plate-forme d'âge cambrien à Ordovicien supérieur et représente un cycle de transgression-régression. La succession comprend quatre assemblages lithologiques principaux soient les grès du Cambrien supérieur (Groupe de Potsdam), les carbonates de l'Ordovicien inférieur et moyen (les groupes de Beekmanton, Chazy, Black River et Trenton), les flyschs de l'Ordovicien moyen et supérieur (les groupes d'Utica et de Lorraine) et les lits rouges molassiques de l'Ordovicien supérieur (le Groupe de Queenston). Les unités cambro-ordoviciennes de la plate-forme du Saint-Laurent sont très peu plissées, car les épisodes tectoniques majeurs responsables de l'édification de la chaîne appalachienne n'ont presque pas affectées la province des Basses-Terres (figure 3).

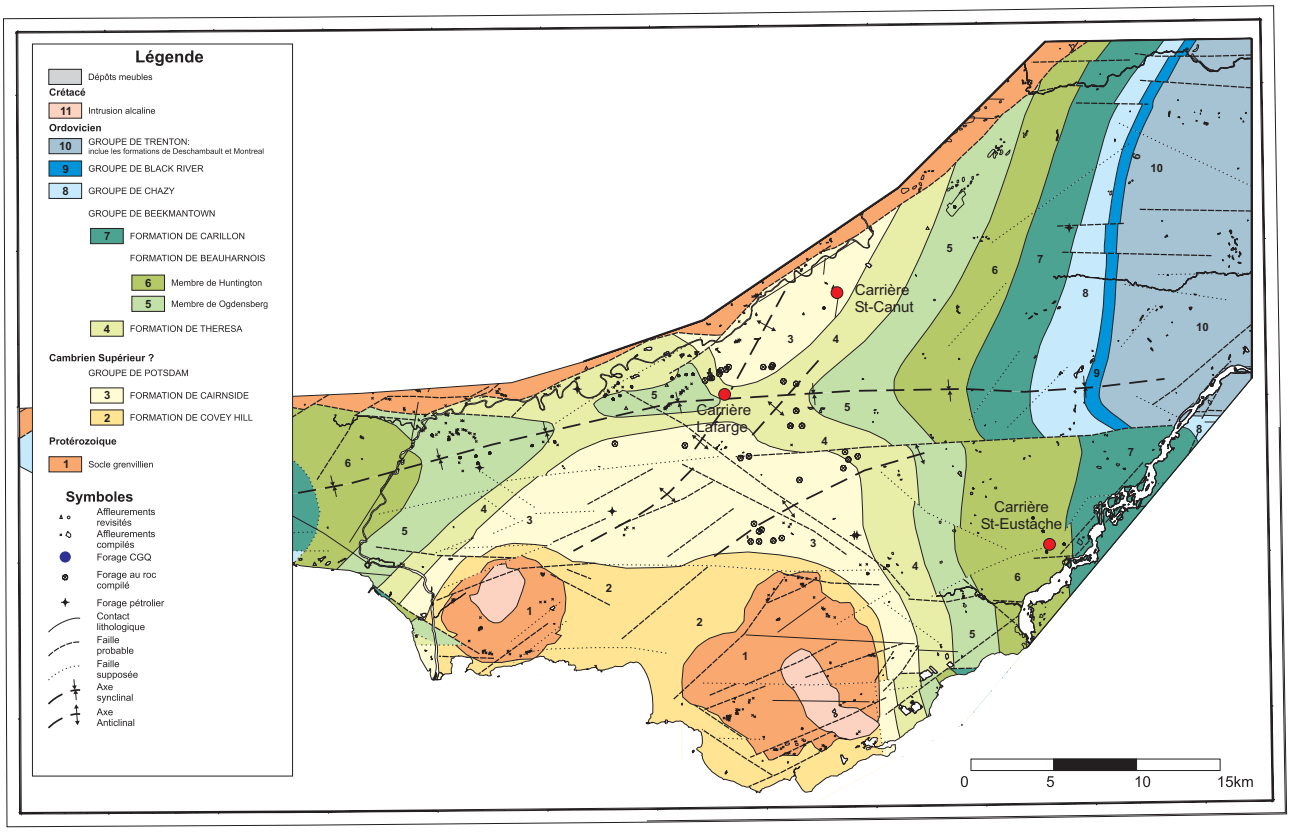


Figure 3: Carte géologique des Basses-Terres du St-Laurent, au nord de Montréal

Des levés de terrain ont été effectués à l'échelle régionale en caractérisant le réseau de fracturation sur tous les affleurements. Des levés détaillés ont également été effectués dans cinq carrières en exploitation, la carrière Matters à St-Eustache, la carrière St-Canut, la carrière Lafarge, la carrière Demix et la carrière Laurentienne. Les roches qui affleurent à la carrière Matters appartiennent au Groupe de Beekmanton et sont constituées de bancs épais et subhorizontaux de dolomie ou de calcaire dolomitique recoupés par plusieurs familles de fractures qui les découpent en blocs décamétriques. À la carrière St-Canut, les levés ont été effectués dans les grès de la Formation de Cairnside. De même, l'étude de fracturation à la carrière Lafarge a été effectuée dans les calcaires argileux de la Formation de Theresa. Dans ces deux carrières, les strates sont subhorizontales et l'épaisseur des bancs est comparable à celle de la carrière Matters. La fracturation y est aussi semblable puisqu'on y retrouve majoritairement des fractures verticales qui se terminent sur les plans de litage. Les données recueillies dans les carrières proviennent de faces verticales de différente orientation, positionnées sur les cartes locales (figures 4, 5 et 6).

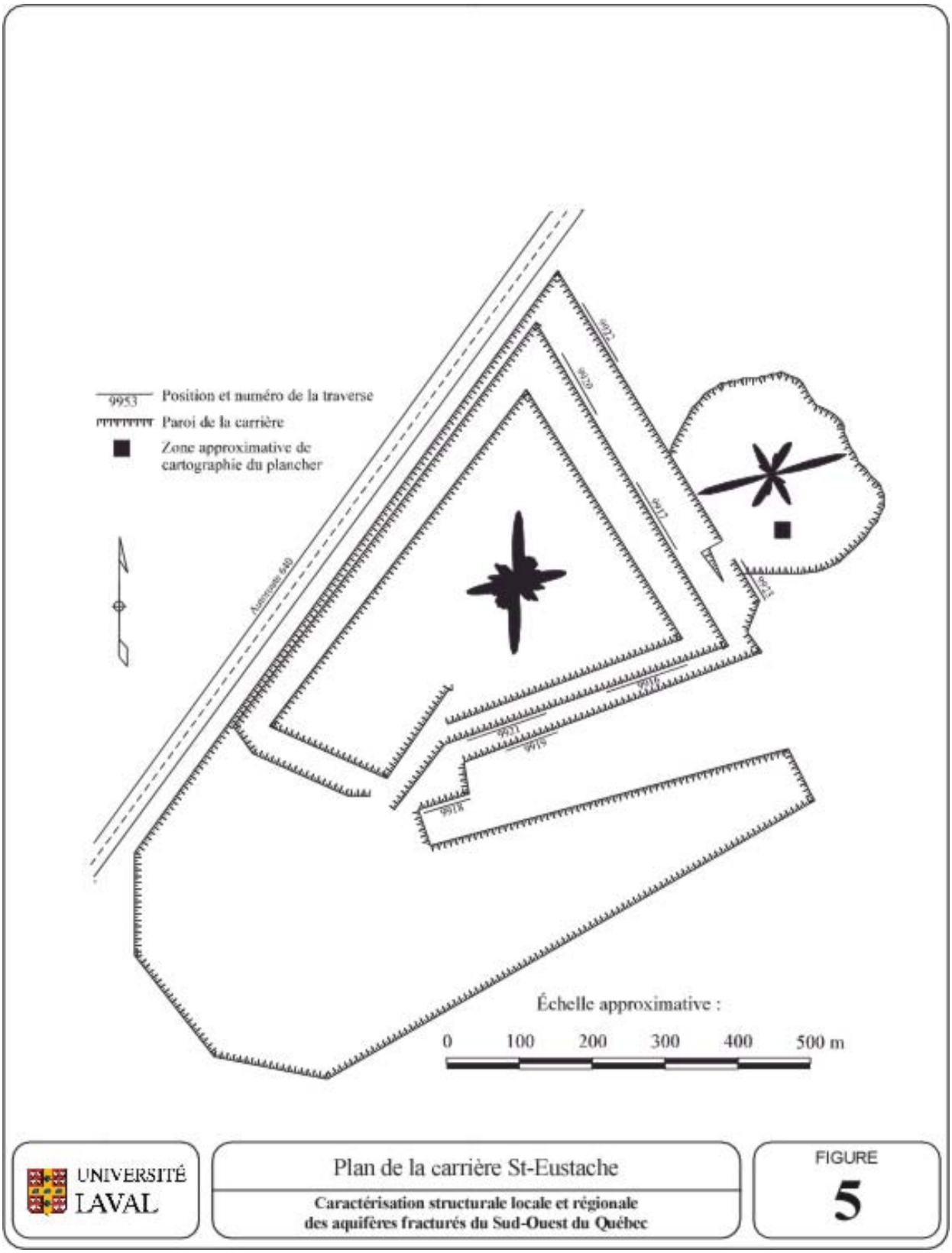


Figure 4: Schéma de la carrière Matters et localisation des sections échantillonnées.

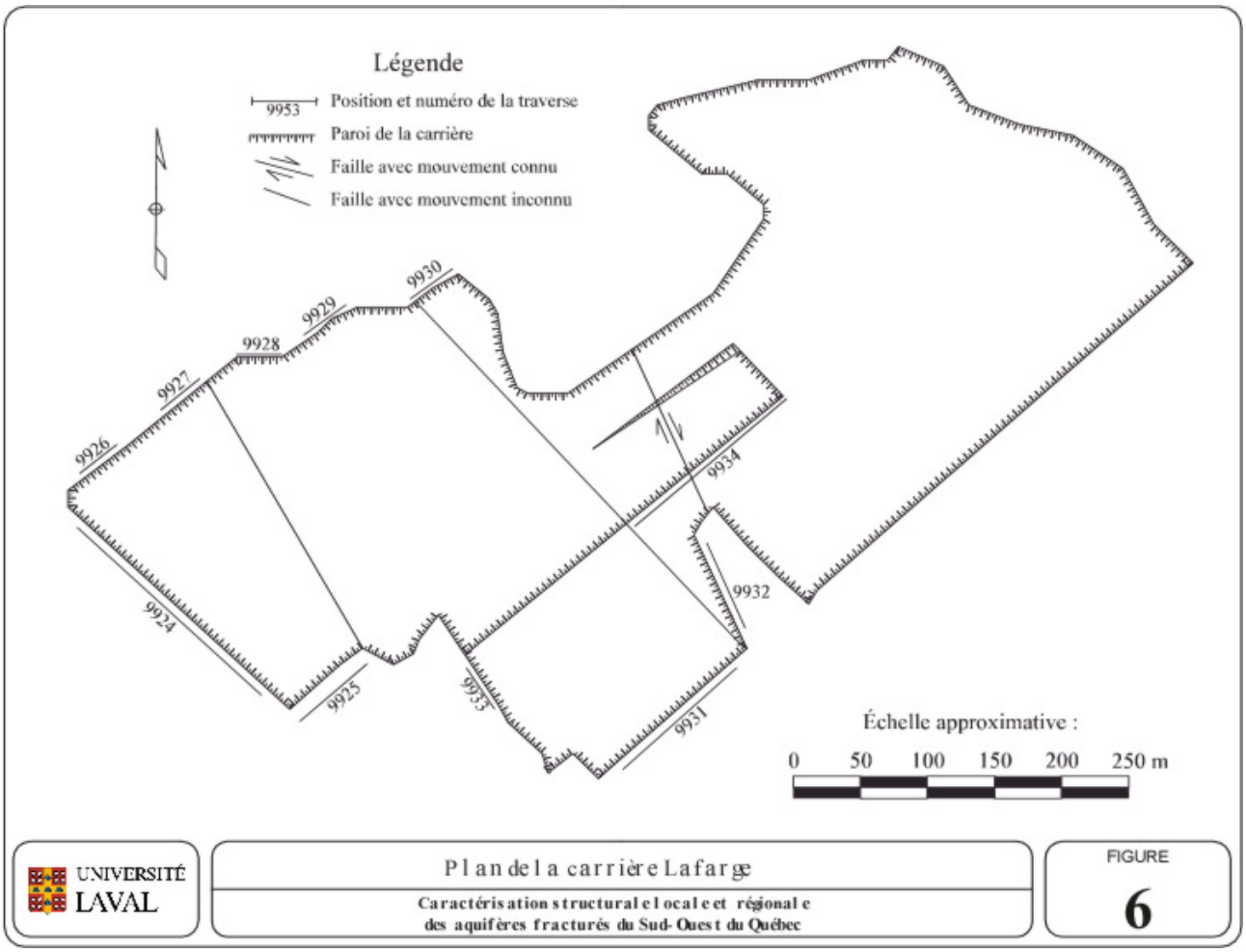


Figure 5: Schéma de la carrière Lafarge et localisation des sections échantillonnées.

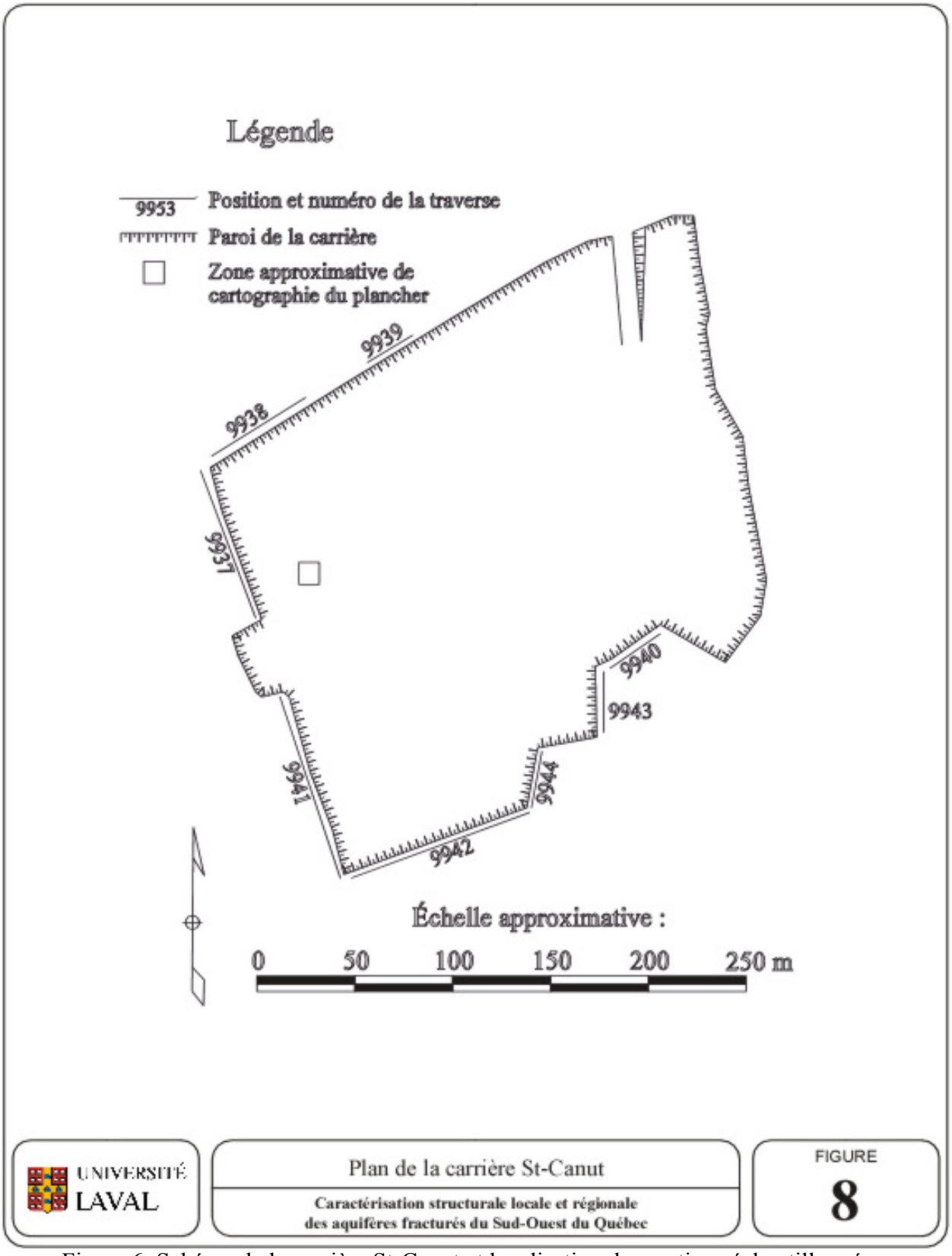


Figure 6: Schéma de la carrière St-Canut et localisation des sections échantillonnées.

DONNÉES STRUCTURALES

Les données structurales provenant de levés par traverse pour les carrières Matters, Lafarge et St-Canut sont disponibles pour effectuer une analyse statistique de la fracturation. Pour chaque carrière sélectionnez au minimum trois levés qui ont été effectués sur des faces d'orientation différente si possible. ***Les fichiers de données sont disponibles sur le site web du cours.***

ANALYSE DES DONNÉES

Pour chaque relevé, construire un tableau de fréquence des fractures pour des intervalles de 5° de direction. Indiquer également la fréquence des fractures en appliquant la correction de Terzaghi.

TABLEAU1 - Relevé 12345 (Orientation du relevé [°] = 60)

Intervalle	Centre de l'intervalle	Fréquence	Fréquence corrigée
0-5	2,5	2	2
6-10	7,5	0	0
11-15	12,5	0	0
16-20	17,5	4	6
21-25	22,5	1	2
26-30	27,5	2	4
31-35	32,5	1	2
36-40	37,5	2	5
41-45	42,5	1	3
46-50	47,5	0	0
51-55	52,5	1	1
56-60	57,5	0	0
61-65	62,5	1	1
66-70	67,5	2	2
71-75	72,5	2	9
76-80	77,5	2	7
81-85	82,5	3	8
86-90	87,5	1	2
91-95	92,5	2	4
96-100	97,5	0	0
101-105	102,5	1	1
106-110	107,5	0	0
111-115	112,5	1	1
116-120	117,5	0	0
121-125	122,5	0	0
126-130	127,5	0	0
131-135	132,5	1	1
136-140	137,5	5	5
141-145	142,5	8	8
146-150	147,5	2	2
151-155	152,5	1	1
156-160	157,5	1	1
161-165	162,5	1	1
166-170	167,5	0	0
171-175	172,5	0	0
176-180	177,5	2	2

Différence minimale entre le relevé et l'intervalle pour appliquer la correction de Terzaghi = 10°

1- Histogrammes de direction

Faites un histogramme par levé en utilisant les valeurs mesurées sur le terrain et les valeurs corrigées. Prenez soin d'éliminer les fractures dont les pendages sont inférieurs à 75°.

Construire un histogramme synoptique qui regroupe l'ensemble des données mesurées aux différents sites pour chaque carrière. Y a-t-il des familles dominantes?

2- Rosaces de direction

Construire des rosaces de direction à des fréquences de 5°. Faites une rosace par site en utilisant les valeurs mesurées sur le terrain et les valeurs corrigées toujours en éliminant les fractures à pendage inférieur à 70°.

Construire une rosace synoptique qui regroupe l'ensemble des données mesurées aux différents sites pour chaque carrière. Y a-t-il des familles dominantes?

Interprétation des résultats

Y a-t-il une différence entre les diagrammes construits à partir des données de terrain et ceux construits à l'aide des valeurs corrigées ? Quelle est l'influence de l'orientation de la traverse sur la fréquence des fractures mesurées sur le terrain ?

Que remarquez-vous quant à la distribution des données en fonction du nombre de mesures et de l'orientation des sections échantillonnées?

Identifiez les familles dominantes à chaque site. Comment se comparent ces familles d'un site à l'autre? Vous semble-t-il possible de regrouper des sites ensembles? À partir des résultats présentés selon les deux méthodes graphiques, est-il possible d'identifier différentes familles de fractures régionales?

Faites le lien entre les fractures régionales dominantes et la géologie de la région en vous référant à la carte géologique. Y a-t-il des différences notables dans l'orientation des fractures d'une carrière à l'autre ? Cette différence peut-elle être attribuée à la géologie locale?

D'après vous, les données traduisent-elles un comportement différent des différentes lithologies en ce qui a trait à la fracturation ? Vérifiez l'espacement et la fréquence de la fracturation à chaque site.

Dessinez un schéma de la géométrie des fractures dominantes de la région (bloc-diagramme en 3D semblable à la figure 1).

Reprenez tous ces points dans la section discussion de votre rapport.