9e SESSION D'ETUDE

SUR

LES TECHNIQUES DE SAUTAGE

" EVOLUTION DES METHODES D'EXTRACTION DU GRANITE AU QUEBEC "

par:

Ronald F. Blanchet, ing.
Service Sols et Chaussées
Transports Québec

EVOLUTION DES METHODES D'EXTRACTION DU GRANITE AU QUEBEC

RONALD F. BLANCHET, ING. M.Sc

SERVICE DES SOLS ET CHAUSSEES

MINISTERE DES TRANSPORTS

Octobre 1986

EVOLUTION DES METHODES D'EXTRACTION DU GRANITE AU QUEBEC

RONALD F. BLANCHET, ING. M.Sc

SERVICE DES SOLS ET CHAUSSEES

MINISTERE DES TRANSPORTS

Octobre 1986

TABLE DES MATIERES

RESUME

AVANT-PROPOS

TABLE DES MATIERES

PREMIERE PARTIE: LE CONTEXTE

1.0 INTRODUCTION

2.0 LE GRANITE, C'EST QUOI

3.0 LES USAGES DU GRANITE

3.1 LES USAGES PRINCIPAUX

3.2 LES USAGES ACCESSOIRES

4.0 LES BESOINS DE L'INDUSTRIE

DEUXIEME PARTIE: L'ANALYSE DU SUJET

5.0 L'EXTRACTION DU GRANITE AU QUEBEC

5.1 L'HISTORIQUE ET LA LOCALISATION DES CARRIERES AU QUEBEC

5.2 LES ETAPES DE L'EXTRACTION DU GRANITE

5.3 LES MACHINERIES ET LES OUTILLAGES REQUIS POUR L'EXTRACTION

6.0 L'EVOLUTION RECENTE DES METHODES D'EXTRACTION DU GRANITE

6.1 L'EVOLUTION CONCERNANT L'EMPLOI DE LA SCIE A CABLE

6.2 L'EVOLUTION RELATIVE AUX FORAGES

6.3 L'EVOLUTION RELATIVE AUX SAUTAGES

6.4 L'EVOLUTION RELATIVE AUX APPAREILS DE LEVAGE

TROISIEME PARTIE: LES CONCLUSIONS

7.0 CONCLUSIONS

8.0 PERSPECTIVES D'AVENIR

REMERCIEMENTS

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LISTE DES FIGURES ANNEXEES

LISTE DES TABLEAUX ANNEXES

RESUME

La transformation et l'extraction du granite au Québec connaissent un essor considérable depuis 1981. Les producteurs québécois ont vu leurs chiffres d'affaires passer de 20 à 55 millions de dollars en l'espace de cinq ans.

Plusieurs facteurs ont contribué à cet effervescence: premièrement une conjoncture nord-américaine très favorable et ensuite des investissements majeurs dans la modernisation des usines. La capacité annuelle de production des usines québécoises a plus que doublé depuis 1981, elle s'établit maintenant à 600,000 mètres carrés. Ce n'est pas fini, il y a d'autres projets d'expansion dans l'air.

La demande en matières premières s'est donc développée à un rythme tel que les carrières en sol québécois ne peuvent suffire. La demande s'est raffinée: les blocs de granite acheminés aux usines doivent présenter des caractéristiques volumétriques et qualitatives garantissant l'efficacité des unités de débitage et de travail de la pierre.

Devant une telle situation les exploitants de carrières doivent ouvrir de nouveaux chantiers et développer des méthodes d'extraction plus performantes. Les machines et appareillages doivent offrir mobilité, souplesse ainsi que rapidité. Les exploitants doivent extraire des blocs en plus grande quantité à des coûts compétitifs.

Les méthodes dites américaine et finlandaise peuvent être intégrées dans plusieurs carrières et ce dépendamment du contexte topographique des gisements de granite. La méthode américaine fait appel à des grues fixes pour une exploitation des bancs de pierre à la verticale et en profondeur. Pour sa part, la méthode finlandaise consiste à exploiter les bancs de granite sur des superficies plus étendues à l'exemple des mines à ciel ouvert, en utilisant des chargeurs sur roues.

La modernisation des usines amorcée en 1981 doit être maintenant supportée par des efforts de modernisation des équipements de carrièrage.

L'objectif à poursuivre par les exploitants québécois doit être de doubler la capacité de production des carrières pour les besoins de l'industrie québécoise ainsi pour l'exportation. De plus, il serait souhaitable que la gamme de granites extraits au Québec soit étendue afin de satisfaire les goûts des architectes et promoteurs impliqués dans les projets de construction d'édifices de prestige.

AVANT-PROPOS

Lorsque que mon confrère ingénieur Jean-Denis Allard m'a demandé de présenter une conférence dans le cadre de cette session d'étude, j'ai d'abord hésité ne sachant pas quel sujet pourrait être intéressant pour la clientèle de la **Société d'énergie explosive du Québec**.

Mon secteur d'activité actuellement couvre la prospection des dépôts meubles comme sources de granulats pour la construction routière. Hors dans les gravières, les explosifs ne sont pas communément employés.

A la recherche d'un thème exclusif, j'ai fouillé dans mes expériences passées. Je sais pertinemment que le granite de construction est peu connu, en parler peut contribuer à mieux le situer dans notre économie. Du même coup, l'occasion semble appropriée pour discourir sur l'évolution des méthodes d'extraction et la place réservée aux explosifs dans les carrières de granite.

Je ne ferai certes point la promotion des explosifs car j'en ai toujours recommandé un usage restreint pour l'extraction des blocs de granite. Mes propos s'appuyeront sur l'expérience que j'ai vécue auprès des producteurs québécois et sur plusieurs témoignages recueillis récemment auprès d'eux.

Je veux éviter des chevauchements avec celle et celui qui me suivent. Je parlerai donc en termes généraux en guise d'introduction pour les sujets à venir.

Je vous offre donc en première partie un peu d'historique et des données économiques concernant l'industrie ainsi qu'une description exhaustive du granite et ses usages.

En seconde partie, je vais vous entretenir précisément sur les équipements requis pour le carriérage ainsi que de l'évolution des méthodes d'extraction au cours de la dernière décennie, période que je juge très riche en évènements.

1.0 L'INTRODUCTION

L'extraction du granite de construction dans les carrières québécoises génère annuellement des revenus approchant $10 millions. C'est bien peu par rapport à la valeur de la production minérale du Québec.

Par contre les carrières de granite contribuent à l'économie de certaines régions limitrophes. Par exemple, à Rivière-à-Pierre les carrières de granite sont reconnues comme parmi les plus importants employeurs.

Les blocs de granite bruts constituent la matière première des usines de taille localisées aux quatre coins de la province. Le transport des blocs occupe de nombreux fardiers avec plus de 1500 trajets par année.

Le granite lorsque transformé en panneaux de recouvrement acquiert une valeur de 6 à 10 fois supérieure à la valeur du granite en blocs bruts.

Les activités dans les carrières de granite ne sont donc pas négligeables. Plusieurs granites québécois sont exportés ce qui contribue à l'identification du Québec autant au Canada qu'à l'étranger sur des édifices de prestige.

2.0 LE GRANITE, C'EST QUOI

Le terme granite est utilisé par les gens de l'industrie de la pierre pour désigner une roche ignée, dure et cristalline, susceptible d'être taillée pour des usages en construction.

Au Québec, le granite est souvent méconnu: il est confondu à du marbre ou synonyme de pierre tombale.

Le granite se définit de façon beaucoup plus scientifique.

-Les minéralogistes appellent granite une roche naturelle holocristalline composée de trois familles de minéraux soit les feldspaths généralement colorés rose, le quartz blanc et les silicates ferromagnésiens de couleur foncée.

-Les géologues ajoutent que le granite est une roche magmatique intrusive c'est-à-dire qui s'est cristallisée à grande profondeur sous d'énormes pressions. De plus le granite se rencontre en massifs de plusieurs kilomètres de largeur, leur apparition en surface est due à l'évolution orogénique de notre croûte terrestre et aux érosions physiographiques successives.

-Les cristallographes décrivent le granite avec la dimension des grains, l'agencement des minéraux et leurs proportions respectives dans la roche. Ainsi ils distinguent,

- les granites à gros grain: les cristaux dépassant 1 cm;
- les granites à grain moyen: les cristaux varient de 1mm à 1 cm;
- les granites à grain fin: les cristaux ont 1 mm et moins;
- les granites porphyritiques: les cristaux bien développés semblent noyés dans une matrice fine;
- les granites gneissiques: certains cristaux sont alignés.

Ainsi le granite est une roche massive, grenue et non stratifiée. Toutefois certains alignements de cristaux dans la pierre peuvent trahir le contexte initial de mise en place ou encore signifient que le massif a été métamorphisé postérieurement à sa cristallisation.

Le granite présente trois plans cristallins selon lesquels il peut être clivé facilement ou non. Ces plans se prénomment sens, demi-sens et contre-sens. Ces plans se recoupent grosso modo à angle droit entre eux.

Le sens dans le granite correspond généralement aux joints développés dans le massif, subhorizontalement par exfoliation mégascopique.

Le sens peut aussi coincider avec certains plans d'orientation préférentiel de cristaux tel la gneissosité.

La figure #1 présentée en annexe illustre la position respective du sens, du demi-sens et du contre-sens, en faisant une comparaison avec les fibres du bois.

Le granite possède de tels plans de clivages différentiels à cause d'alignements ordonnés de minéraux ou bien à cause de micro-fractures présentes dans la maille cristalline. Les clivages de certains minéraux tels les feldspaths, peuvent être responsables de la présence de plans de faiblesse. L'abondance de quartz et une distribution régulière dans l'assemblage cristallin peuvent rendre les plans de fente plus uniformes.

Le granite est donc une roche exceptionnellement solide à cause de sa nature plutonique. C'est une roche pluriminérale, texturée et de couleur variable.

Regardons maintenant ses caractéristiques physiques principales:

-Résistance: Le granite est, parmi les roches naturelles, celle qui résiste le plus aux forces de compression. La figure #2 présentée en annexe est éloquante.

-Cristallinité: Le granite est un solide cristallin. Il est constitué de plusieurs cristaux dont la nature et la forme diffèrent. C'est un solide hétérogène et discontinu; il peut se briser à l'impact.

-Dureté: Le granite est dur à cause du quartz et des feldspaths constituants.

-Densité: Le granite est dense; 2 600 kg/mètre cube et plus.

-Absorption: Le granite est un matériau peu absorbant (0.4% maximum) à cause de l'absence quasi totale de cavités intercristallines.

-Dilatation: Le granite présente un coefficient de dilatation linéique très bas, soit 8 mm/cm/oC soit bien inférieur au béton, au verre et à l'acier.

-Elasticité: Le granite demeure un milieu élastique malgré le fait qu'il soit cristallin, hétérogène et discontinu. Il devient plastique dans certaines conditions de confinement, d'humidité ou de chaleur.

-Résistance relative en flexion et tension: Le granite est un matériau qui résiste peu en flexion (10% de sa résistance en compression) et encore moins en tension (2% de sa résistance en compression). La figure #3 démontrent ces écarts.

-Couleur: La couleur du granite résulte d'un mélange cristallin. Cette couleur dépend beaucoup des feldspaths qui sont les minéraux les plus abondants (voir tableau no. 3 ci-annexé).

-Opalescence: Le granite est une roche riche en feldspath. Les mâcles de ces cristaux et leur orientation dans l'assemblage cristallin peuvent créer des reflets irisés sur les surfaces polies lustrées.

3.0 LES USAGES DU GRANITE

3.1 Les usages généraux

Le granite est transformé au Québec pour des usages dans la construction d'édifices commerciaux, industriels et institutionnels. Le granite est taillé en tranches polies pour la décoration de murs intérieurs et extérieurs. Il est également façonné en dallages pour le recouvrement de planchers.

Le granite est découpé en allèges et linteaux de fenêtres pour la construction domiciliaire. De plus, le granite peut être débité en moellons pour la maçonnerie de murs extérieurs de maison.

Le granite peut être employé dans la construction routière sous forme de blocs à pavées, bordures de trottoir, butoirs, granulats, blocs de piliers et d'ancrages de ponts.

Le granite peut être aussi concassé et vendu comme granulats décoratifs de panneaux de bétons préfabriqués.

Les usages précités commandent que la roche extraite présente des caractéristiques qualitatives exceptionnelles. Le granite destiné à la construction et la décoration, doit rencontrer les exigences de la norme BNQ 2520-91 (1983-01-07) intitulée: "Granite pour bâtiments".

Ces exigences sont:

- 20,000 lbf/po carré (140 MPA) minimum comme résistance en compression;
- 1,500 lbf/m carré (10.5 MPA) minimum comme module de rupture;
- 0.4% d'absorption d'eau minimum;
- 160 lb/pi cube (2.55 kg/mètre cube) comme densité minimale.

3.2 Les usages accessoires

Le granite peut servir en ameublement comme dessus de tables, tablettes de foyer, dalles de comptoirs de service, tabourets, cendriers et bibelots divers.

Le granite peut être tourné en gros cylindres allongés pour l'industrie des pâtes et papiers.

Le granite peut servir à des fins funéraires. Dans de tels cas le granite à grain fin et de texture foncée est particulièrement recherché.

Le granite peut servir à nos loisirs; les pierres de curling sont effectivement tournés à même des cylindres de granite.

Plus encore, le granite peut être scuplté à des fins commémoratives. Le granite est plus dur à tailler que le marbre mais il est par contre plus durable: la statue Ramsès II pièce maitresse de l'art égyptien exposée à Montréel, est en granite gris.

4.0 LES BESOINS DE L'INDUSTRIE

L'apparition des superchassis et des scies radiales à grand diamètre dans les usines de transformation du granite a modifié considérablement la demande de blocs de granite, matière première de l'industrie.

Les superchassis et les scies radiales à grand diamètre ont remplacé les scies à câbles pour le débitage du granite en tranches et panneaux. Les scies à câbles étaient moins exigeantes sur la dimension et la forme des blocs.

Techniquement, pour les superchassis seuls les blocs cubiques et rectangulaires sont acceptables: ce sont des engins dont le rendement demeure élevé en autant que la charge volumétrique de blocs à débiter dépasse 70% de leur capacité maximale.

Ainsi donc depuis l'introduction de ces nouveaux équipements de débitage, l'industrie exige des blocs prédimensionnés dont les volumes peuvent varier entre 2.5 et 10 mètres cubes.

Les blocs doivent présenter des faces perpendiculaires les unes par rapport aux autres; certains écarts demeurent acceptables mais les exploitants risquent alors d'être pénalisés.

Les blocs doivent être d'une qualité prescrite, c'est-à-dire présenter dans la plupart des cas une texture et une couleur uniforme. Les blocs doivent être exempts de défauts tels des noeuds cristallins, filons, microfissures.

Les blocs acheminés aux usines doivent être vérifiés par des personnes compétentes afin de garantir le meilleur rendement aux équipements de débitage et de façonnage.

Chaque bloc faisant partie d'un envoi de matières premières, est fiché, numéroté avec ses caractéristiques coloro-texturales. Les blocs doivent être préférablement marqués sur la face correspondant au plan de sciage désiré.

La demande de l'industrie est devenue très exigeante. En moyenne, seulement 25 à 30% des volumes extraits en carrière répondent à ces exigences. Les blocs déclassés pour un usage de revêtement décoratif sont vendus pour des usages moins nobles tels les revêtements de sols rustiques, bordures de rue.

La demande de matières premières a augmenté de façon considérable avec les projets de modernisation et d'expansion des usines québécoises. Les capacités d'usinage au Québec ont plus que doublé en cinq ans. L'industrie québécoise du granite au Québec a besoin annuellement de 60,000 mètres cubes de blocs bruts de granite (voir tableau no. 2 ci-annexé).

Cette demande sera portée à 80,000 mètres cubes d'ici deux à trois ans, sans tenir compte des possibilités d'exportation. Or cette demande ne pourra pas être comblée par les carrières actuellement en opération au Québec. Il faudrait ouvrir de nouveaux chantiers, augmenter les quarts de travail. Autrement, il y a de la place pour de nouveaux exploitants.

5.0 L'EXTRACTION DU GRANITE AU QUEBEC

5.1 L'historique et la localisation des carrières au Québec

Les premiers dépôts de granite exploités au Québec se retrouvent dans une région située près de la frontière du Vermont (USA). Graniteville et Beebe (Québec) sont encore aujourd'hui des lieux d'extraction d'un granite gris argenté appelé commercialement "Stanstead".

L'extraction du granite fut d'abord encouragée au début du siècle par les compagnies ferroviaires précisément pour des travaux d'ingénirie comme par exemple les piliers de ponts. Le granite, étant une pierre plus résistante et plus durable que le calcaire ou le grès, fut utilisé aux endroits où les conditions structurales s'avéraient contraignantes.

Le granite fut par la suite introduit dans les édifices commerciaux comme éléments constituant de murs porteurs. En 1889, le ciment PORTLAND a été introduit au Canada; cela a eu pour effet de réduire considérablement l'emploi du granite dans les fondations et autres travaux de génie.

Un peu plus tard les structures d'acier apparurent sur les plans de construction d'édifices; les architectes ou ingénieurs voulaient plutôt recouvrir les structures avec des panneaux et ainsi réduire les charges.

Cette nouvelle demande amena le développement de nouvelles technologies pour l'extraction et l'usinage du granite. Des blocs de dimensions plus importantes devaient être sousmis à la scie à câbles (fils hélicoidaux) pour obtenir les panneaux selon les grandeurs et l'épaisseur désirées.

L'industrie a progressé depuis: des carrières se sont ouvertes et des ateliers se sont établis dans les cantons de l'Est, à St-Marc des Carrières, à Rivière-à-Pierre, au Lac St-Jean puis à Montréal et finalement à Québec en 1981.

La figure #3 vous présente les différents points d'extraction et d'usinage du granite au Québec. Il est à noter que les usines ne se retrouvent pas nécessairement à proximité des carrières sources d'approvisionnement. L'industrie canadienne du granite de construction est concentrée à plus de 90% dans ces établissements (voir figure no. 4 ci-annexée)

Le tableau #1 présenté en annexe vous identifie les entreprises qui exploitent et/ou transforme le granite au Québec. Les entreprises identifées sont membres de l'Association des Producteurs de Granite du Québec.

5.2 Les étapes de l'extraction du granite

Extraire du granite consiste à dégager du socle massif cristallin, dans des chantiers à ciel ouvert, des blocs de dimensions telles qu'exigées par l'industrie.

Les dimensions maximales des blocs sont déterminées par le contexte structural des masses rocheuses en présence.

Je vous rappelle que la cristallisation du granite survient lors d'une baisse progressive de la température du magma. Cette cristallisation s'effectue dans un milieu de confinement (pressions énormes).

L'arrivée des masses de granite à la surface provoque un relâchement des contraintes internes; joints et fissures multiples peuvent alors se créer selon un patron plus ou moins régulier.

Ce réseau de fracturation naturelle peut faciliter ou non l'extraction des blocs de granite. Des joints et fissures s'intersectant à angle droit, puis espacés de deux ou trois mètres reproduisent des conditions favorables et économiques à l'extraction de blocs.

Les opérations devant être conduites pour l'extraction sont successivement:

1° Le découvert des zones à exploiter; ce travail peut être effectué avec soit une pelle hydraulique, un chargeur sur chenilles et un camion. Il faut noter que la roche exposée en surface n'est pas récupérable à cause de l'altération. Cette altération peut atteindre plus de cinq (5) mètres d'épaisseur si le massif est grandement fracturé.

2° Les forages; ils sont orientés dans un ou des plans réguliers à angle droit par rapport aux systèmes de fractures et ce en prévision d'une séparation des blocs du massif rocheux. Les forages sont effectués avec des marteaux piqueurs individuels ou des foreuses multi-forets actionnées avec de l'air comprimé.

La trancheuse à flamme (rock jet) est couramment utilisée de nos jours dans les carrières où le système de joints est lâche (5 mètres et plus) et ce pour l'ouverture de tranchées verticales à angle droit avec le fardeau (face dégagée).

3° Le clivage (séparation des blocs); cette opération s'effectue avec jumelles et coins ou avec explosifs tout dépendant de l'importance des masses dégagées.

4° Le dégagement et le transport des blocs hors du chantier d'abattage; cette opération s'exécute soit avec une grue fixe installée au-dessus du chantier d'abattage ou encore avec de la machinerie mobile telle une pelle mécanique ou un chargeur sur roue.

5° L'enlèvement des rebuts; les blocs et les matériaux non désirables sont disposés dans des haldes ou servent à agrandir la plate-forme d'opération ou construire les chemins de halage.

5.3 Les machineries et outillages requis pour l'extraction

1.0 La trancheuse à flamme (rock jet); c'est un maxi-chalumeau qui peut brûler la pierre. La flamme est alimentée avec de l'huile (mazout) et de l'air comprimé. La température ainsi générée est plus que suffisante pour faire éclater la roche suite à l'expansion différentielle des cristaux en contact avec la flamme. L'appareil peut être installé sur des rails guidés afin de creuser une tranchée uniformément verticale large de 12 à 15 cm et ce jusqu'à 3 ou 4 mètres de profondeur. L'engin produit un bruit d'enfer et les débris de pierre sont expulsés de la tranchée sous l'impulsion du jet de combustion.

La trancheuse à flamme est efficace et économique d'emploi sur les roches constituées de plusieurs minéraux. L'anorthosite noire du Lac St-Jean ne se tranche que difficilement au feu.

Le rythme de brûlage dépend donc d'abord du type de roche, de la qualité de combustion du chalumeau mais aussi de l'habilité de l'opérateur.

2.0 Les foreuses les plus répandues dans les carrières de granite sont sans contredit les marteaux piqueurs à foret unique. Plusieurs grosseurs de forets sont employés tout dépendant de la grosseur des blocs à dégager ou à séparer, de la longueur des trous désirés ou encore des plans distinctifs de fentes désirées.

La vitesse de pénétration d'un foret dépend des caractéristiques cristallines de la pierre (dureté, tenacité, brisance), de la qualité de l'outil et de la pression d'air disponible.

Dans certaines carrières des foreuses à deux forets sont employées pour le dégagement des blocs mais aussi pour l'équarrissage subséquemment désiré. Ces foreuses sont installées sur des rails et fonctionnent de façon quasi-autonome. Un foreur peut opérer un marteau piqueur et s'occuper d'une telle foreuse opérant à proximité. Les foreuses à deux forets fonctionnent aussi avec de l'air comprimé.

Dans les grosses carrières exploitant 3,000 mètres cubes et plus par année, l'air comprimé est produit par des compresseurs fixes actionnés par l'électricité. Ces compresseurs peuvent facilement délivrer l'air comprimé par conduits à deux et même trois chantiers d'abattage.

Dans les carrières opérées de façon intermittente, l'air comprimé est produit par des compresseurs mobiles actionnés par des moteurs diésels.

3.0 Des équipements de levage fixes ou des machineries mobiles peuvent procéder à l'arrachement et au déplacement des blocs de granite. Parmi les équipements fixes, il y a la grue à haubans et la grue à pattes métalliques. La capacité de levage de ces appareils peut varier entre 10 et 50 tonnes en fonction de leur grosseur.

Parmi les machineries mobiles il y a la grue sur chenille (pelle mécanique), la grue sur roues (bome télescopique) ainsi que les chargeurs sur roues ("pay loaders" munis de fourchettes). La capacité de levage de ces machineries varie de 5 à 40 tonnes (même plus) et ce dépendant de leur grosseur. Par exemple un chargeur sur roue Caterpillar 988 peut soulever jusqu'à 25 tonnes, un 992B peut soulever jusqu'à 40 tonnes.

6.0 L'EVOLUTION RECENTE DES METHODES D'EXTRACTION DU GRANITE

L'évolution des méthodes d'extraction du granite au Québec est reconnaissable au niveau technique et par ricochet au niveau économique.

6.1 L'évolution concernant l'emploi de la scie à câble

Une scie à câble a déjà été opérée dans la carrière de Dumas et Voyer Ltée à Rivière-à-Pierre. L'entreprise s'était engagée alors à livrer une grande quantité de blocs prédimensionnés.

L'opération conduite il y a près de dix ans s'est avérée délicate mais très efficace. Le câble découpait le roc granitique sur une largeur dépassant dix mètres et sur une hauteur équivalente.

Ce procédé de découpage à grande échelle du granite s'avère être aujourd'hui beaucoup moins économique principalement à cause du coût prohibitif des abrasifs requis lors de l'opération. Les granules de carbure de silicium qui coûtait $0.33/kg en 1977, coûtent aujourd'hui plus de $1.50/kg.

A moins de conditions très avantageuses et d'une forte récupération des abrasifs, la scie à câble ne fonctionnera plus dans la carrière pré-citée.

6.2 L'évolution relative aux forages

Les marteaux piqueurs cèdent la place à des foreuses pneumatiques automatisées, actionnant plusieurs forets. Ces foreuses sont plus rapides et très fiables. Le coût variable de la main-d'oeuvre ainsi requise pour la surveillance de ces machines est d'autant réduit.

La prochaine évolution concernant les forages dans les carrières de granite consistera à remplacer l'air comprimé par l'hydraulique. Cela aura pour conséquence l'élimination progressive des conduites d'air comprimé toujours encombrantes sur les sites d'abattage.

6.3 L'évolution relative aux sautages

La poudre noire a été remplacée par les cordeaux détonnants plus rapides et plus sûrs d'emploi.

Les cordeaux détonnants sont employés très largement dans la construction routière pour le pré-découpage de coupes de roc. Le même effet est recherché dans les carrières de granite. Les cordeaux détonnants sont introduits dans les trous de forage pour cliver la pierre selon le plan décrit par ces forages. La détonation simultanée des cordeaux crée par confinement relatif une force d'écartement du fardeau, juste suffisante pour fendre la pierre sans pour autant la fracturer.

La poudre noire même toujours employée par des vieux "carrièreurs" n'est pas avantageuse. Techniquement, la poudre noire est plus sensible à l'eau et les charges de poudre noire sont concentrées dans le fond des trous.

Le chargement et l'amorçage des trous prennent plus de temps au "bout de feu"que les cordeaux détonants. Economiquement la poudre noire coûte plus chère que les cordeaux n'étant plus fabriquée au Canada..

6.4 L'évolution relative aux appareils de levage

L'extraction du granite compte tenu d'une demande plus importante de blocs, peut se mener dans plusieurs chantiers à l'intérieur d'une même carrière. La dispersion des chantiers commande donc l'emploi d'équipements de levage plus mobiles. Ainsi les "derricks" grues à haubans lorsque déjà installés dans une carrière peuvent être appuyées par des chargeurs sur roues que ce soit pour l'arrochement, le transport des blocs que pour la disposition des rebuts de carrièrage.

L'exploitation dite à la verticale opérée avec les grues à haubans peut être menée sur un plan plus horizontal à l'aide de chargeurs sur roues. Cette nouvelle technique d'exploitation apparemment développée par les finlandais consiste à extraire les blocs de granite à partir des paliers successifs dont la hauteur peut varier de 3 à 4 mètres. L'accès aux différents paliers est assuré par des rampes construites en dehors des gisements de granite.

Ce type d'exploitation commande donc au démarrage des déboursés considérables pour le découvert et la préparation des sites d'extraction. L'opération est reconnue toutefois plus économique à cause d'une plus grande capacité d'extraction pour des investissements équivalents.

Tous ces changements ont modifié considérablement la composition du coût de revient d'un bloc brut. Les charges fixes sont devenues plus lourdes par rapport aux coûts variables à cause des sommes importantes impliquées dans la mise en valeur et le développement initial de la carrière.

Selon les statistiques du Ministère de l'Energie et des Ressources la moyenne des blocs bruts de granite extraits au Qubéec est passé de 345$ à 357$ le mètre cube entre 1981 et 1985, soit une augmentation moindre à 4% en dollars couratns. Durant cette même période, le volume moyen de blocs bruts extraits dans la province a fait un bond de 34% (voir la figure no. 6 ci-annexée).

La main d'oeuvre est devenue plus productive avec les nouveaux engins de forage et de levage. La charge attribuable à la main d'oeuvre dans le coût de revient d'un bloc a chûté largement en bas de 50% dans les exploitations nouvellement équipées.

7.0 CONCLUSIONS

Lorsque j'ai commencé à oeuvrer dans le domaine du granite de construction, je voyais les blocs de granite bruts solides, massifs quasi indestructibles. J'ai appris rapidement que le granite est cristallin et fragile à l'impact.

Le granite est autant délicat à transformer qu'à extraire. L'extraction des blocs bruts doit être conduite avec précaution; une erreur commise lors des forages ou du sautage peut être désastreuse compte tenu de la valeur du matériau ($400 à 600.00 du mètre cube).

Des blocs clivés de façon incorrecte ou encore des blocs fissurés par les explosifs ne peuvent être valorisés que pour des travaux d'enrochement ou bien comme moellons, granulats de construction ($25.00 à $50.00 le mètre cube).

Seuls les blocs bien dimensionnés et parfaitement sains peuvent être sélectionnés et acheminés aux usines de transformation.

Les ouvriers de carrières ont appris à travailler consciencieusement avec le granite. Ils ont dû apprendre à être plus productifs pour que la matière première soit disponible à bon compte.

Depuis les cinq dernières années, deux exploitants en particulier ont investi dans de nouvelles machineries pour répondre à la demande de plus en plus pressante de blocs de granite bruts.

Les foreuses autonomes à deux forêts ont remplacé partiellement les marteaux piqueurs individuels pour les forages de plans de fente.

Les chargeurs sur roues appuyent ou remplacent les grues à haubans fixes pour l'arrachement, le déplacement des blocs et la disposition des rebuts. Ces opérations sont ainsi accélérées de façon appréciable.

Durant la même période, les cordeaux détonnants ont remplacé progressivement la poudre noire dans les opérations de sautage des bancs. Les exploitants ont individuellement expérimenté leur efficacité. Les cordeaux détonants sont plus fiables et plus rapides d'emploi.

Dans l'ensemble, donc les méthodes d'extraction du granite au Québec ont évolué de façon significative depuis cinq ans. Je ne veux pas dire que cette situation peut être généralisée à toutes les carrières de granite au Québec. Plusieurs carrières sont encore équipées de façon artisanale.

C'est tout de même un effort digne de mention. Si la demande se poursuit selon la tendance actuelle, les exploitants de carrières désireux d'en profiter devront pousser encore plus la modernisation des équipements de carriérage.

8.0 PERSPECTIVES D'AVENIR

Une étude sommaire en recherche opérationnelle permet d'identifier deux avenues où de nouveaux équipements permettraient d'améliorer encore le rythme d'extraction.

Concernant les forages, les nouveaux exploitants pourraient privilégier l'emploi de foreuses hydrauliques. Selon les dires d'un fournisseur, les foreuses hydrauliques sont deux fois plus rapides pour 75% moins d'énergie. Ces foreuses ont fait leur preuve dans les exploitations minières souterraines ainsi que dans les mines et les carrières à ciel ouvert.

Les foreuses hydrauliques sont certes plus dispendieuses plus sophistiquées mais elles sont efficaces, et c'est cela qui compte.

Concernant l'opération de clivage des blocs, des ciments expansifs et des dispositifs hydrauliques ont été conçus dans le but de réduire l'usage d'explosifs. Jusqu'à date, les ciments expansifs devant être versés dans les trous de forage sont lents à agir et ne semblent pas avantageux pour cliver les blocs de granite. En ce qui concerne les dispositifs (écarteurs de parois), les résultats demeurent semble-t-il peu éloquents pour le clivage du granite. L'opération est trop laborieuse à cause du nombre d'unités qui doivent être mobilisées dans les chantiers. Les cordeaux détonnants ne seront donc pas supplantés de sitôt à cause de leurs puissances et de leur emploi rapide.

Finalement, depuis que j'oeuvre dans le domaine du granite de construction, j'entends parler de possibilités relatives à la taille du granite avec des jets d'eau à très haute pression. Il serait même possible de façonner les panneaux de granite avec des plasmas. Je ne peux pour le moment vous préciser si ces techniques pourront un jour être applicables dans les carrières. Il est probable que ces techniques soient introduites à plus ou moins long terme dans les usines de transformation pour le découpage des panneaux minces.

Certes les projets de recherche visant la conception de nouveaux outils adaptés aux conditions québécoises devraient être encouragés. C'est toute l'industrie québécoise qui en bénéficierait.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier particulièrement les personnes suivantes:

Francine Beaulieu du ministère de l'Energie et des ressources du Québec.

Yvan Chrétien et Pierre Michaud de la compagnie Les Explosifs Chrétien Ltée de Bernières.

Nicole Desgagnés de l'Association des producteurs de granite au Québc.

Marcel Langlois de la compagnie Atlas Copco Inc. à Montréal.

Daniel Robitaille de la compagnie Columbia Granite Inc. d'Alma au Lac St-Jean

Paul St-Pierre et Henri-Paul Bourque de Granite St-Gérard (1985) Ltée de St-Gérard, comté de Wolfe.

Maurice Voyer de Dumas et Voyer Ltée de Rivière-à-Pierre.

Leurs témoignages m'ont permis de vous transmettre des informations toutes récentes sur le sujet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Documents consultés

Association amicale des ingénieurs anciens élèves de l'école nationale des ponts et chaussées sous la direction de Marc Panet. La mécanique des roches appliquée aux ouvrages du génie civil, 1976.

Association des Producteurs de Granite du Québec. Guide technique d'utilisation optimale du granite. Brochure éditée en 1984.

Blanchet, Ronald. Rapport de visite " Foire Internationale de machinerie de marbre et de granite ". Sant'ambrogio di valpolicella, Verona, Italie, 6-14 settember 1975.

Blanchet, Ronald Ing. Le granite du Québec. Conférence transmise à l'Université Laval, 8 décembre 1980, 16 pages.

Blanchet, Ronald. Etude de praticabilité technologique concernant la transformation du granite en tuiles minces. Université du Québec à Trois-Rivières. Maitrise en Gestion de projet. Septembre 1985.

Bureau de Normalisation du Québec. Normes relatives au granite pour bâtiments. BNQ 2520-910 (1983-01-07).

Bureau de la statistique du Québec. Statistiques d'importation et d'exploitation de granite. 1980 à 1984.

Centre de recherche industrielle du Québec. Etude de rentabilité sur l'utilisation du granite à l'intérieur des travaux publics (dans les constructions gouvernementales). Volets I et II. Janvier 1979.

Ministère de l'Energie et des Ressources - Direction du développement. Service des analyses commerciales et projets miniers. Analyse sectorielle: profil de l'industrie québécoise du granite de construction. Réalisée par Beaulieu, Francine. Juin 1982.

Ministère de l'Energie et des Ressources - Service de la statistique. Statistiques de l'industrie minière du Québec. Années multiples.

Ministère des Richesses naturelles. Granite for building and ornemental. D.P. 184, by Maurice, O.D. 1983.

Statistiques Canada. CAE 353. Fabricants de produits de pierre. Diverses années.

LISTE DES FIGURES ANNEXEES

1) Structure cristalline du granite

2) Comportement du granite sous différentes contraintes

3) Localisation des carrières et des usines de granite au Québec

4) Importance de l'industrie québécoise du granite au Canada

5) Evolution du chiffre d'affaires des producteurs de granite au Québec et du taux de change du CAN/US

6) Evolution du volume et de la valeur des blocs de granite bruts extraits par les producteurs québécois

LISTE DES TABLEAUX ANNEXES

1) Liste des entreprises exploitant et transformant le granite au Québec

2) Evolution de la capacité globale de transformation du granite dans les usines québécoises

3) Gamme des granites extraits au Québec

4) Survol de l'évolution des méthodes d'extraction des blocs de granite

TABLEAU 1 LISTE DES ENTREPRISES EXPLOITANT ET TRANSFORMANT LE GRANITE AU QUEBEC

ENTREPRISE	REGION	CAPACITE DE PROD. ACCUM/ (pi. ca)	MODES DE SCIAGE PRIMAIRE			GRANITES EXTRAITS
			MULTILAMES	RADIALES	CABLES	
A. Lacroix & Fils Granite Ltée	Cté Frontenac St-Sébastien	(1 000 000)	X	X	X	* 10, 20, 26
Dumas & Voyer Ltée	Cté Porneuf Riv.-à-Pierre	(350 000)	-	X	X	* 1, 2, 3, 15 18
Granicor Inc.	Cté Porneuf St-Augustin	(1 200 000)	X	-	-	Non exploitant
Granite Bussière Inc.	Cté Frontenac St-Sébastien	(1 500 000)	X	X	X	* 9, 11, 14
Granite St-Gérard Inc.	Cté Wolfe St-Gérard	(250 000)	X	X	X	* 21, 24
La Cie de Pierre & de Béton Nationale Ltée	Montréal-Nord	(52 000)	-	-	X	Non exploitant
La Société de Granite Faimont Ltée	Cté Stantead Beebe	monuments	-	-	-	* 6, 8, 13,22
Le Granite Nationale Ltée Columbia Granite Inc.	Cté Lac St-Jean Alma	(500 000)	-	X	X	* 4, 5, 7, 16 25, 28
Les Carrières Piertal Inc.	Cté Rouyn Noranda Rouyn	(115 000 pi³) (brut seul.)	-	-	-	* 19, 27
Les Carrières St- Marc Inc.	Cté Porneuf St-Marc des Carrières	(25 000 gran) (100 000 calc)	-	-	X	* 12, 17, 23
Les Granites Frontenac (1949) Inc.	Cté Mégantic-Compton Lac Drolet	(150 000)	-	-	X	Non exploitant
Les Granites Maskinongé Inc.	Cté de Montcalm St-Alexis-des-Monts	(104 000 pi³) (brut seul.)	-	-	-	Non exploitant
Groupe Granitcon Inc.	Ville de Laval	(500 000)	-	X	X	Non exploitant

* Le numéro indiqué identifie le granite montré au catalogue de l'A.P.G.Q.

TABLEAU 2

EVOLUTION DE LA CAPACITE GLOBALE DE TRANSFORMATION DU GRANITE DE CONSTRUCTION DANS LES USINES QUEBECOISES

	ANNEES			
	1983	1984	1985	1986
Capacité totale des usines (pieds carrés)* mètres carrés	(3,417,000) 310,600	(4,411,000) 401,800	(5,400,000) 491,000	(6,400,000) 582,000
Variation de capacité	—	+ 30%	+ 23%	+ 20%

* Compilation basée sur les informations émanant des producteurs de granite concernant leurs projets d'investissement.

TABLEAU 3 GAMME DES GRANITES EXTRAITS AU QUEBEC

TEINTE	NOM COMMERCIAL	TEXTURE	DISPONIBILITE	ORIGINE (carrière)	EXPLOITANT **	USAGES (1,2,3)***
Blanche	Gris de Stanstead	Fine	Bonne	Stanstead	22	(1,2,3)
Grise	Polychrome	Grosse	Très bonne	La Baie	9	(1)
	St-Sébastien	Fine	Réduite	St-Sébastien	20	(1,2,3)
	Ecorce de Bouleau	Fine	Bonne	St-Gérard	21	(1,2,3)
	Gris-Rose R. à P.	Moyenne	Bonne	Riv. à Pierre	15	(1,3)
Beige	Battersea	Fine	N.d.	Battersea*	6	(1,2,3)
	Winneway	Fine	Réduite	Témiscamingue	19	(1,2,3)
	Deschambeault	Fine	Bonne	St-Marc	17	(1,3)
	Vieil Or St-Alban	Fine	Réduite	St-Alban	12	(1,3)
Rosé	Calédonia	Grosse	Très bonne	Riv.à Pierre	1	(1,3)
	Coupe Rose	Moyenne	Réduite	Roberval	4	(1,3)
	Rose Saguenay	Moyenne	Réduite	Alma	7	(1,2,3)
	Rose Sauvage	Moyenne	Bonne	Havelock*	8	(1,2,3)
	Grandes Bergeronnes	Fine	Très bonne	G. Bergeronnes	11	(1,3)
Rouge	Acajou	Grosse	Bonne	Normandin	5	(1,2,3)
	Rose Laurentien	Fine	Bonne	Mt-Laurier	13	(1,2,3)
	Rouge Nordique	Grosse	Bonne	St-Alexis	10	(1,3)
	Newton	Grosse	Bonne	St-Alexis	16	(1,3)
Bleutée	Bleu Minuit	Moyenne	Réduite	Batiscan	23	(1,2,3)
	Rose cendré	Moyenne	Bonne	Montauban	14	(1,3)
Verte	Vert Forêt	Grosse	Bonne	Riv.à Pierre	25-26	(1,3)
	Vert Givre	Fine	Bonne	St-Gérard	24	(1,2,3)
Noire	Noir Albini	Fine	Réduite	Abitibi (Rouyn)	27	(1,2,3)
	Péribonka	Grosse	Bonne	Lac St-Jean	28	(1,2,3)
	Brun Castor	Fine	Réduite	Réserve de Porneuf	18	(1,2,3)

* Ces localités sont ontariennes

** Glossaire des Producteurs de Granite du Québec

*** 1. Construction
2. Monuments funéraires
3. Autres comme bordures, bibelots, moellons, allèges et linteaux

TABLEAU 4 SURVOL DE L'EVOLUTION DES METHODES D'EXTRACTION DES BLOCS DE GRANITE

OPERATIONS	EQUIPEMENTS ET OUTILLAGES EMPLOYES	
	AVANT	MAINTENANT
Découvert des zones à explorer	Bulldozer, pelle hydraulique, rétrocaveuse, camion	Pelle hydraulique, chargeur sur chenilles, chargeur sur roues
Forages	Marteaux piqueurs individuels	Marteaux piqueurs individuels et foreuses à deux forets
Clivage (séparation) des blocs	Jumelles et coins, poudre noire	Cordeaux détonnants, jumelles et coins
Dégagement et transport des blocs	Grue fixe, camion à plate forme, grue mobile	Grue fixe et chargeur sur roues à fourchettes
Enlèvement des rebuts	Bennes actionnées par une grue, camion	Chargeur sur roues

FIGURE 1 STRUCTURE CRISTALLINE DU GRANITE

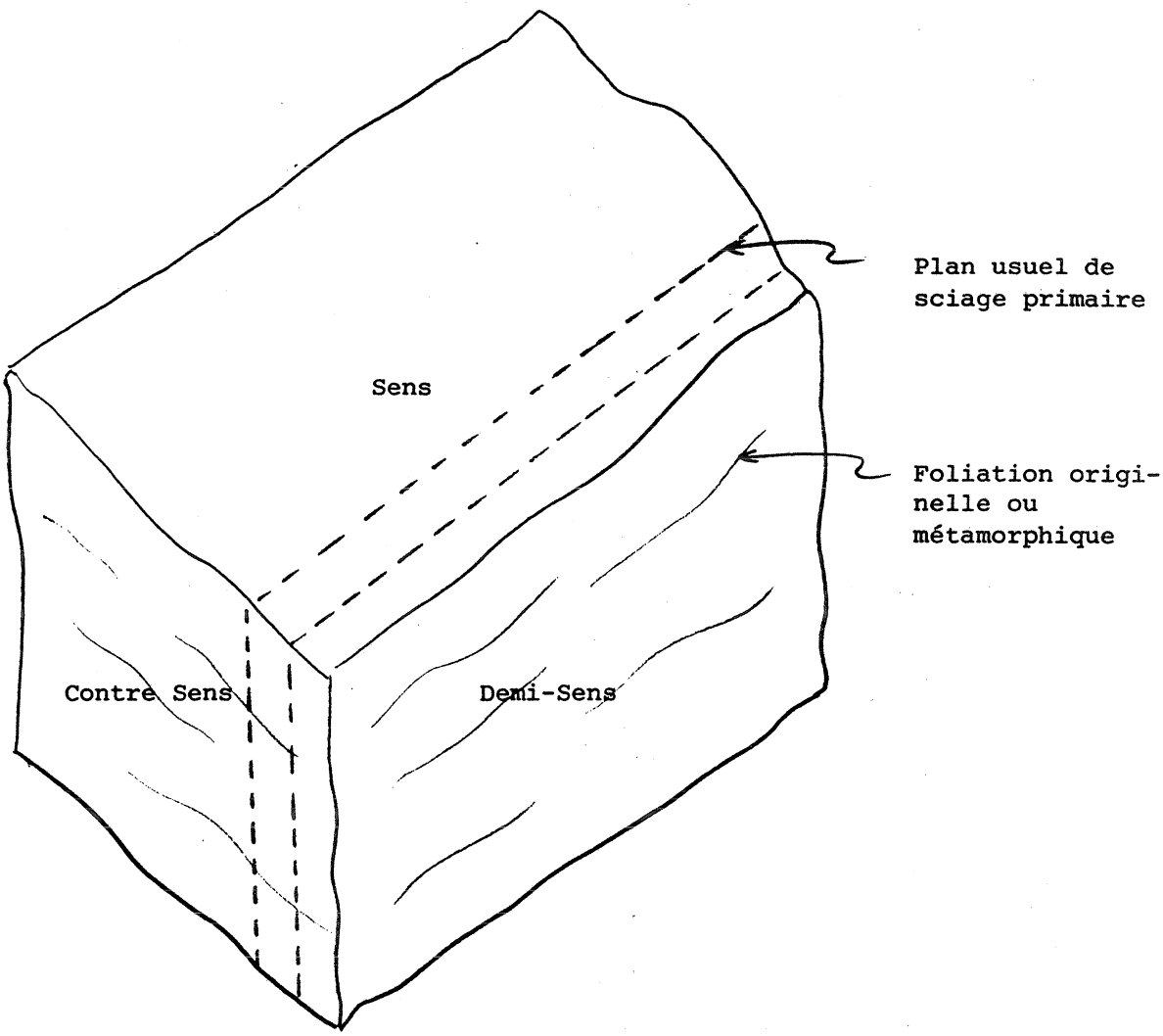
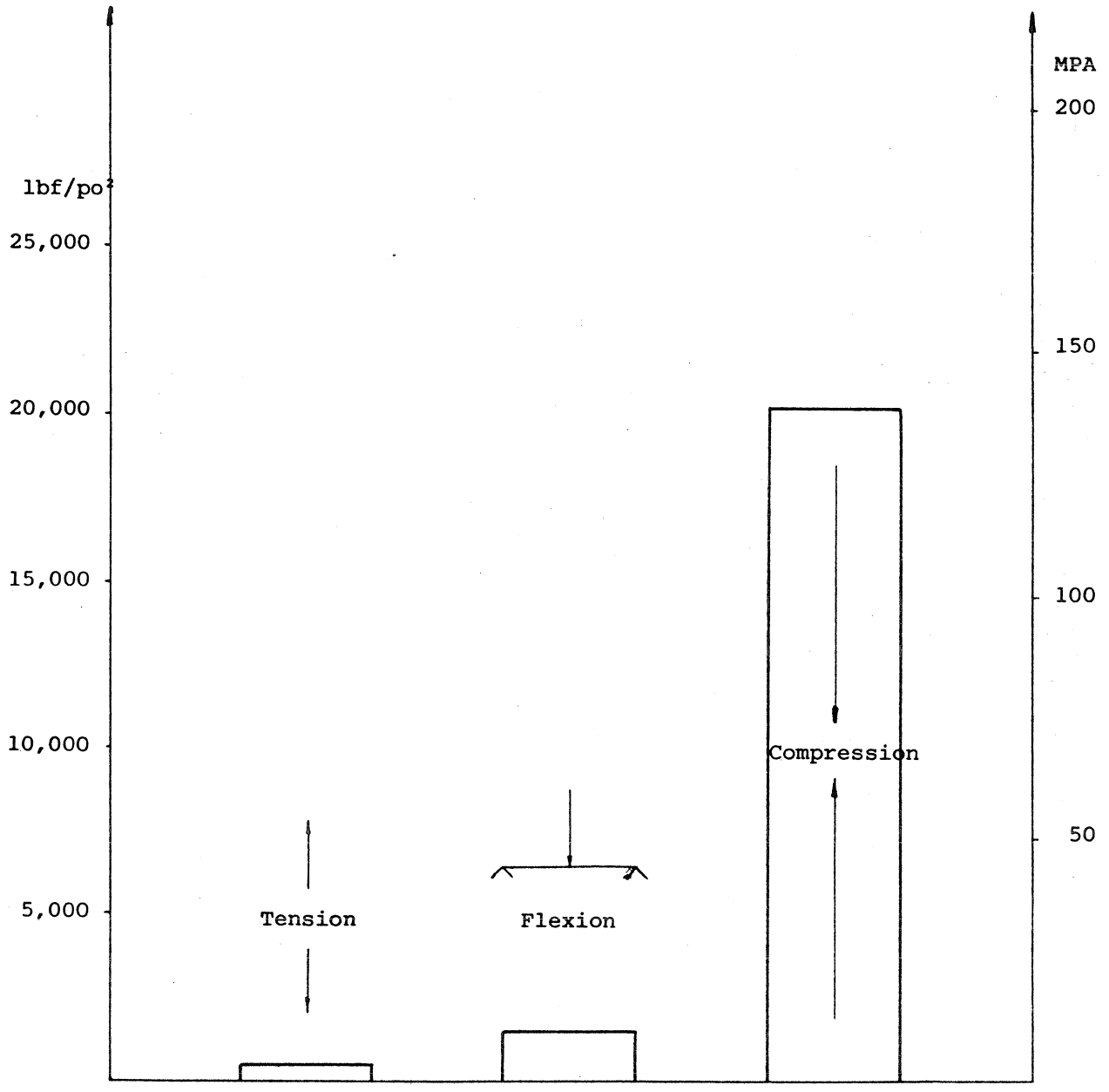


FIGURE 2

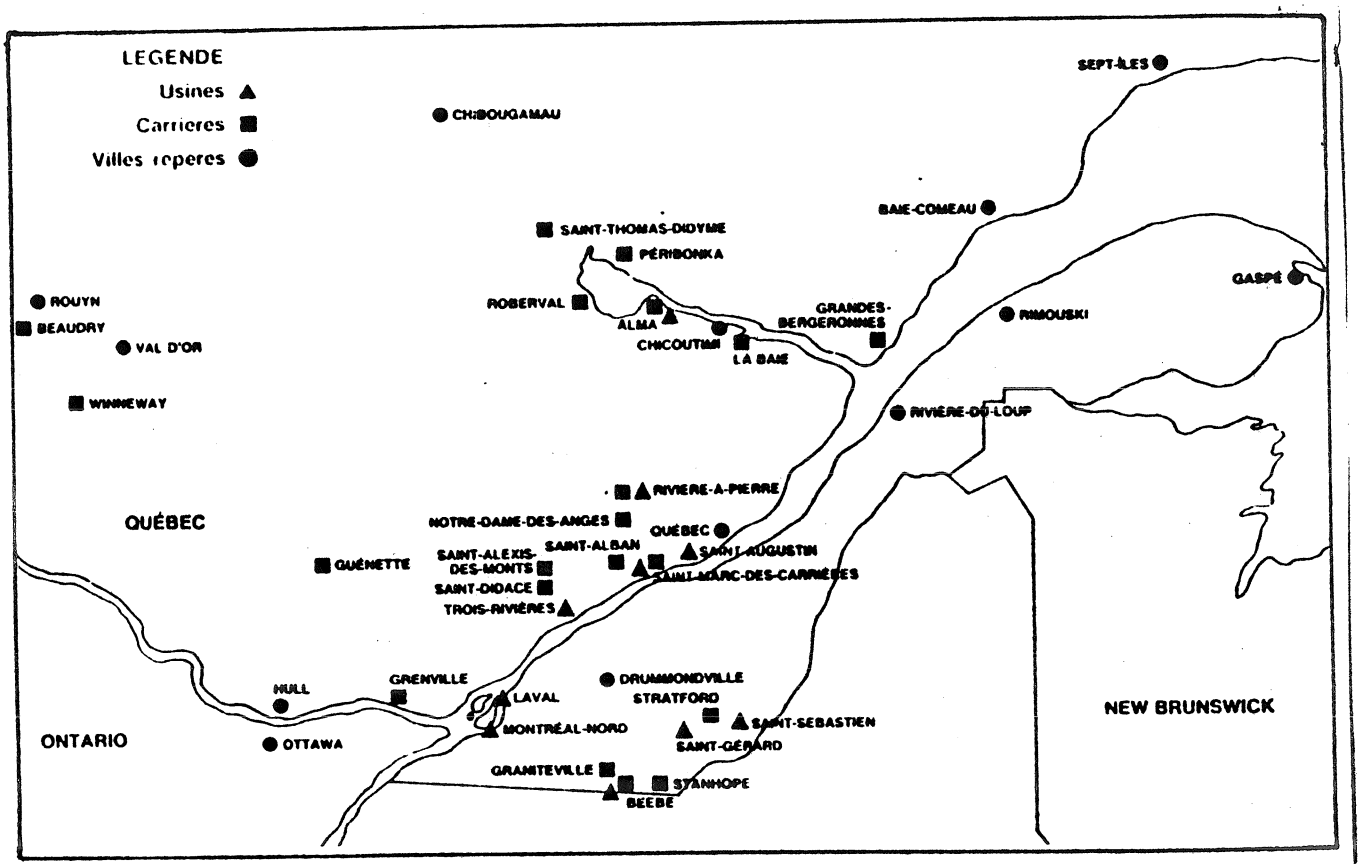
COMPORTEMENT DU GRANITE
SOUS DIFFERENTES CONTRAINTES



Kessler and Sligh, US Bureau of standards research. Paper R.P. 1320, 1940.

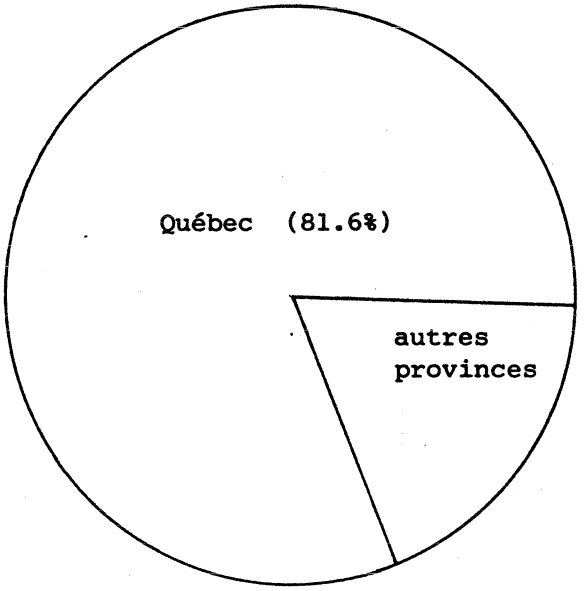
N.B. Les données sont extraites du Tableau #1

FIGURE 3 LOCALISATION DES CARRIERES ET DES USINES DE GRANITE AU QUEBEC

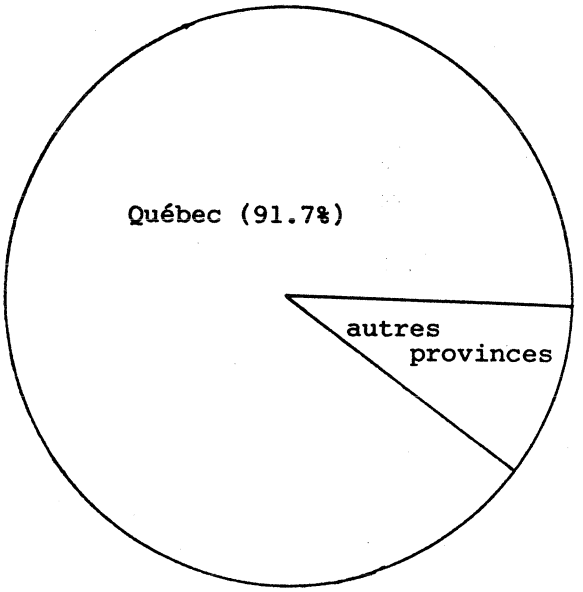


N.B. Les usines ne sont plus nécessairement localisées près des carrières sources d'approvisionnement.

FIGURE 4 IMPORTANCE DE L'INDUSTRIE QUEBECOISE DU GRANITE AU CANADA

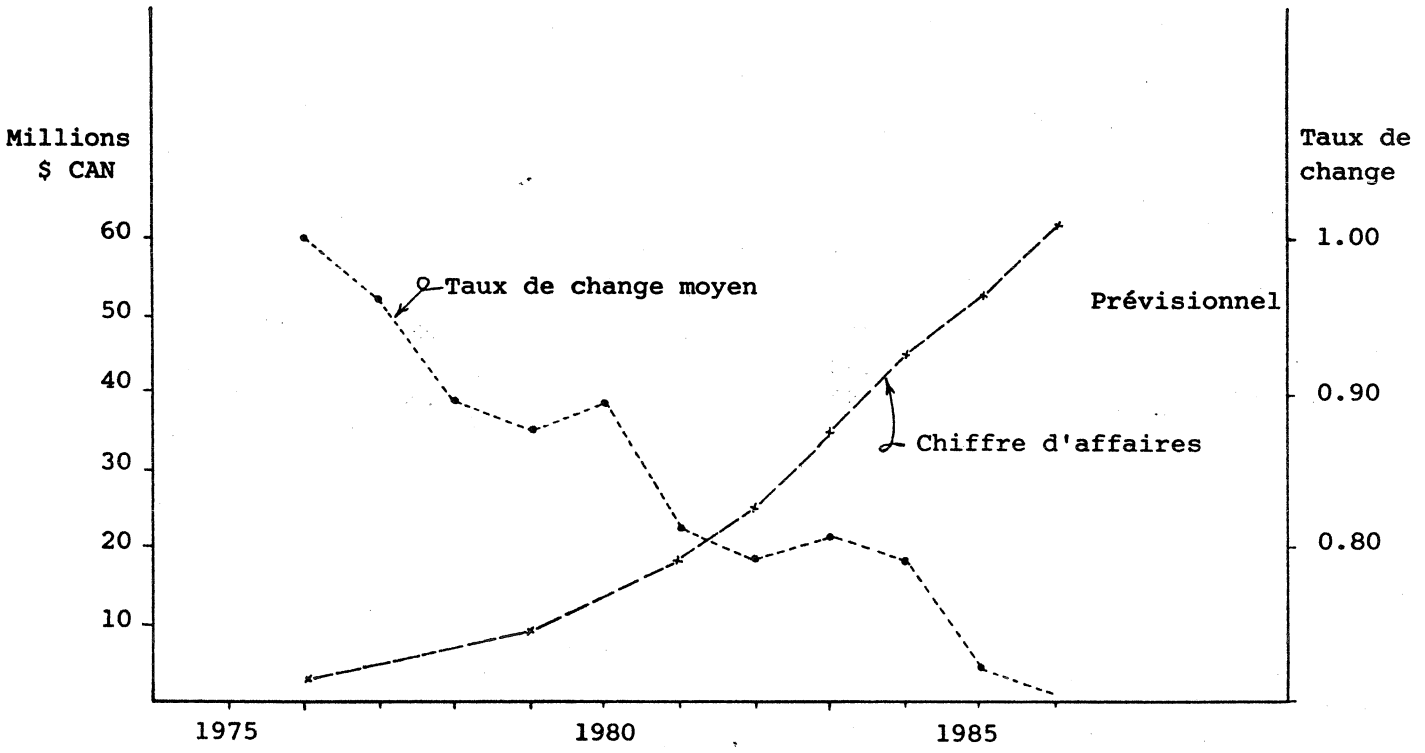


Exportations du Canada chargées au Québec pour 1985 (code S-1-27649).



Importations du Canada dédouanées au Québec pour 1985. (code S-1-27610).

FIGURE 5 EVOLUTION DU CHIFFRE D'AFFAIRES DES PRODUCTEURS DE GRANITE DU QUEBEC AVEC LE TAUX DE CHANGE DU $ CAN/US $ (1975 à 1985)



N.B. La courbe d'évolution du taux de change a été tirée de l'édition du 28 février 1985 du journal "La Presse", Montréal.

JALONS IMPORTANTS

73 Crise du pétrole et hausse des coûts de transport maritime

75 Missions commerciales en Europe

78 Eveil technologique

79 Taux de change de plus en plus favorable

80 Etudes de rentabilité d'utilisation du granite

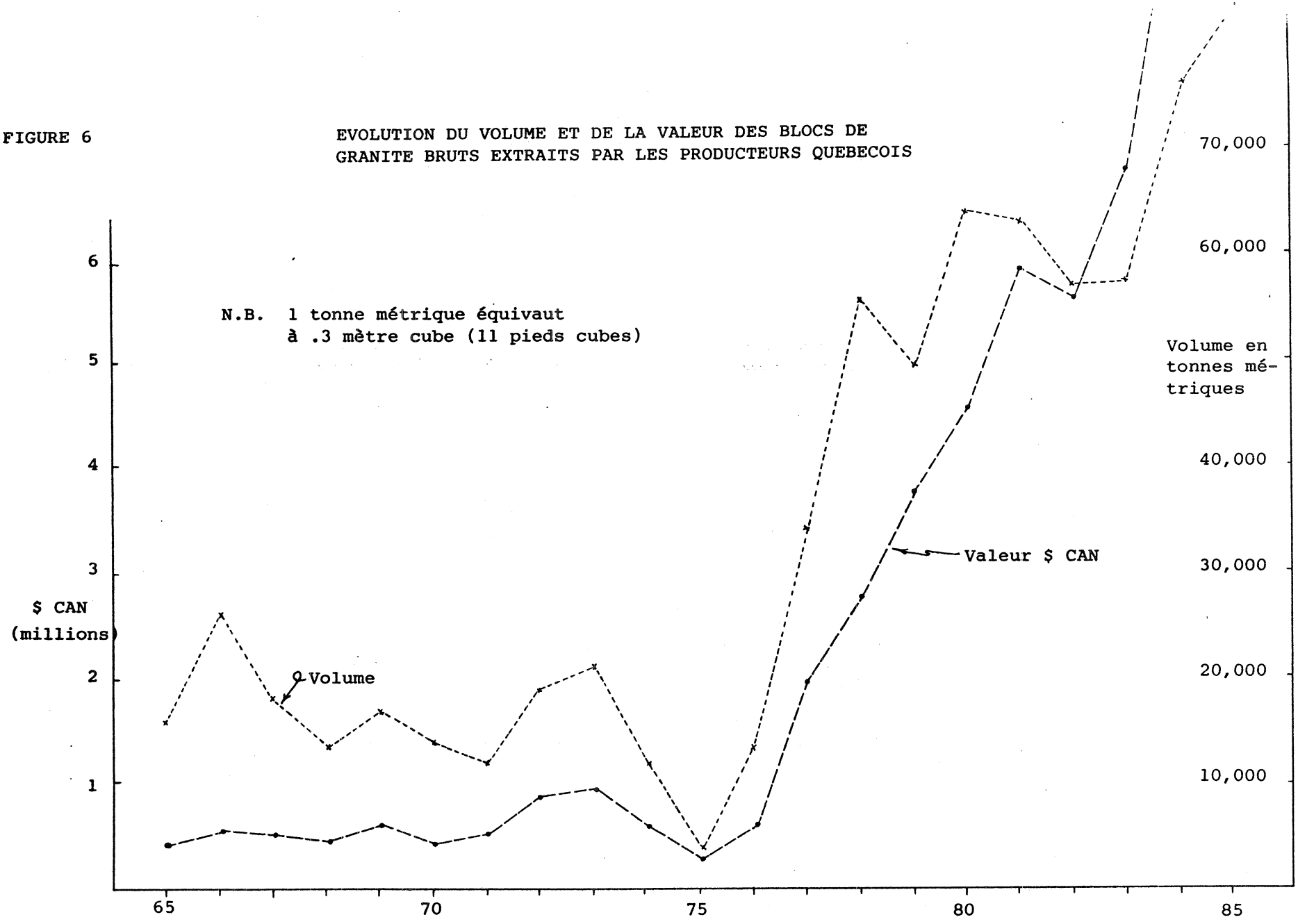
81 Investissement dans les usines principales

83 Innovation dans les carrières

N.B. Les chiffres d'affaires ont été obtenus à partir d'une compilation effectuée annuellement par l'A.P.G.Q.

FIGURE 6

EVOLUTION DU VOLUME ET DE LA VALEUR DES BLOCS DE GRANITE BRUTS EXTRAITS PAR LES PRODUCTEURS QUEBECOIS



Compilation des statistiques du Ministère de l'Energie et des Ressources.
Les productions annuelles de pierre selon les usages (1965 à 1984)

N.B. 30% des volumes sont destinés à l'industrie des monuments.