

MB 93-19

GENERALITES SUR L'INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS AU QUEBEC

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



Licence

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources
naturelles

Québec 

Généralités sur l'inventaire des ressources en granulats au Québec

André Brazeau



Ce document est une reproduction fidèle du manuscrit soumis par l'auteur sauf pour une mise en page sommaire destinée à assurer une qualité convenable de reproduction. Le manuscrit a cependant fait l'objet d'une lecture critique et de commentaires à l'auteur avant la remise de la version finale au ministère.

MB 93-19

1993



TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|----|
| GÉNÉRALITÉS SUR L'INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS AU QUÉBEC | 1 |
| INTRODUCTION | 1 |
| ÉCHELLE DES TRAVAUX | 1 |
| MÉTHODE D'INVENTAIRE | 2 |
| Travaux préliminaires | 2 |
| Travaux de terrain | 2 |
| Travaux de laboratoire | 2 |
| TYPES DE MATÉRIAUX | 3 |
| ÉVALUATION ET CLASSIFICATION DES DÉPÔTS | 4 |
| PRÉSENTATION DES RÉSULTATS | 6 |
| BANQUE DE DONNÉES | 6 |
| DISTRIBUTION ET CARACTÉRISTIQUES DES DÉPÔTS DU QUÉBEC | 9 |
| Les tills de surface | 9 |
| Les dépôts fluvioglaciaires | 10 |
| Les dépôts juxtaglaciaires | 10 |
| Les eskers | 10 |
| Les kames | 11 |
| Les terrasses de kames | 11 |
| Les sédiments proglaciaires | 11 |
| Certains axes morainiques | 11 |
| Les dépôts deltaïques glaciomarins | 13 |
| Les dépôts glaciolacustres | 13 |
| Les dépôts marins | 14 |
| Les dépôts deltaïques | 14 |
| Les dépôts fluviatiles | 15 |
| Les dépôts éoliens | 15 |
| RÉFÉRENCES | 16 |
| ANNEXE I : DESCRIPTION SOMMAIRE DES ESSAIS DE LABORATOIRE ET DES NORMES | 17 |
| L'analyse granulométrique (BNQ 2560-040) | 17 |
| Le module de finesse ASTM C12568 | 17 |
| Le nombre pétrographique (BNQ 2560-900) | 17 |
| L'essai micro-Deval humide (BNQ 2560-070) | 18 |
| L'essai Los Angeles (BNQ 2560-400) | 18 |
| Particules plates et allongées (BNQ 2560-265) | 18 |
| Le coefficient de friabilité (BNQ 2660-080) | 19 |
| L'essai de durabilité au MgSO ₄ (BNQ 2560-450) | 19 |
| Le coefficient d'absorption (BNQ 2560-067) | 19 |
| L'essai au bleu de méthylène BNQ 2560-255 | 20 |
| L'indice d'angularité Asnor P18-564 | 20 |
| L'essai colorimétrique (BNQ 2560-280) | 20 |
| ANNEXE II : SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX PRINCIPAUX USAGES DES GRANULATS | 21 |
| 1 – GÉNÉRALITÉS | 21 |

| | | |
|------|---|----|
| 2 – | GRANULATS POUR EMPRUNT GRANULAIRE, FONDATION INFÉRIEURE, FONDATION SUPÉRIEURE, COUCHE DE ROULEMENT, ACCOTEMENT, COUSSIN, ENROBEMENT, COUCHE FILTRANTE | 21 |
| | 2.1 – Exigences granulométriques | 21 |
| | 2.2 – Propriétés physiques et mécaniques | 22 |
| 3 – | GRANULATS POUR BÉTON DE CIMENT | 22 |
| | 3.1 – Classification des granulats | 22 |
| | 3.2 – Granulats fins pour béton de ciment | 23 |
| | 3.3 – Gros granulats pour béton de ciment | 23 |
| 4 – | RÉACTIVITÉ CIMENT-GRANULAT | 24 |
| 5 – | GRANULATS POUR BÉTON DE CIMENT LÉGER | 24 |
| 6 – | GRANULATS POUR MORTIER DE CIMENT | 24 |
| 7 – | GRANULATS POUR MORTIER DE CIMENT PROJETÉ SOUS PRESSION | 24 |
| 8 – | GRANULATS POUR BÉTON BITUMINEUX | 25 |
| | 8.1 – Généralités | 25 |
| | 8.2 – Granulat fin | 25 |
| | 8.3 – Gros granulat | 26 |
| 9 – | GRANULATS POUR TRAITEMENT DE SURFACE AU BITUME | 26 |
| | 9.1 – Propriétés physiques | 26 |
| | 9.2 – Granulométrie | 27 |
| | 9.3 – Coefficient d’uniformité | 27 |
| 10 – | GRANULATS POUR TRAITEMENT DE SURFACE À L’ÉMULSION À FLOTTABILITÉ ÉLEVÉE | 28 |
| 11 – | GRANULATS POUR ENDUITS BITUMINEUX OU POUR COULIS DE SCHELLEMENT | 28 |
| | 11.1 – Enduit bitumineux | 28 |
| | 11.2 – Coulis de scellement | 29 |
| 12 – | GRANULATS POUR ABRASIFS | 30 |
| | 12.1 – Définition | 30 |
| | 12.2 – Granulométrie | 30 |
| | 12.3 – Durabilité | 30 |
| 13 – | MISE EN RÉSERVE | 30 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| TABLEAU 1 : TERMES UTILISÉS SELON LE DIAMÈTRE DES PARTICULES | 3 |
| TABLEAU 2 : CRITÈRES DE CLASSIFICATION DES DÉPÔTS | 4 |
| TABLEAU 3 : CLASSIFICATION DES GRANULATS | 32 |
| TABLEAU 4 : PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DES GRANULATS INFRASTRUCTURE, SOUS-FONDATION ET FONDATIONS | 33 |
| TABLEAU 5 : PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DES GROS GRANULATS POUR BÉTON DE CIMENT ET BÉTON BITUMINEUX | 34 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| FIGURE 1 : Grille descriptive du gisement | 7 |
| FIGURE 2 : Exemple d'une carte d'inventaire des granulats | 8 |
| FIGURE 3 : Origine des dépôts de contact de glace | 12 |
| FIGURE 4 : Formation d'un épandage et d'une terrasse fluvioglaciaires | 12 |

GÉNÉRALITÉS SUR L'INVENTAIRE DES RESSOURCES EN GRANULATS AU QUÉBEC

INTRODUCTION

On désigne par le terme granulat, les matériaux granulaires et non cohésifs provenant de dépôts meubles (sable et gravier) ou de roches consolidées (pierre concassée). Ces particules, de dimension, de forme et de nature diverses peuvent être agglomérées avec un liant pour produire des bétons de ciment ou des bétons bitumineux. Ils peuvent aussi être utilisés tels quels pour la construction de routes, de digues, de barrages, etc. Notre inventaire touche exclusivement aux granulats dérivés des dépôts meubles.

Entre 1984 et 1989, la production annuelle de sable et de gravier se chiffrait en moyenne à près de 35 000 000 de tonnes métriques et, depuis 1990, elle se chiffre à environ 30 millions de tonnes métriques. Pendant cette période, les ventes ont totalisé entre 65 000 000 \$ et 89 000 000 \$ par année (MER — Mines, Service de la statistique, 1991).

En 1990, l'industrie du sable et gravier était composée de plus de 500 entreprises dont 220 ont exploité 5 000 tonnes et plus. Ces 220 firmes ont exploité 1091 sablières et gravières réparties sur le territoire du Québec. L'industrie des sables et graviers a réalisé en 1990 un chiffre d'affaires approximatif de 74 M\$. (4,2 tonnes de sable et gravier par habitant). Plus de 50 % de la production de sable et gravier est utilisé dans la construction et l'entretien de route, 16 % pour le béton de ciment, près de 10 % pour le béton bitumineux et 13 % est utilisé sans traitement ultérieur pour divers types de remplissage. Le reste de la production se répartit de la façon suivante: le sable à jet représente environ 0,06 % de la production totale, les granulats utilisés comme ballast pour chemin de fer représentent 0,55 % de la production, le sable contre le verglas sur les routes 2,37 %, le sable à mortier 1,32 %, et les autres usages tels le fondant pour les matériaux ferreux et non ferreux, l'utilisation dans la fabrication de briques siliceuses, les filtres dans les usines d'épuration, la fabrication de moules et de noyaux dans les fonderies, de blocailles pour enrochement ou d'autres usages divers représentent ensemble 2,2 % de la production. Donc une bonne partie des granulats utilisés au Québec a subi un minimum de traitement.

Quoique généralement abondant, le sable et gravier n'en constituent pas moins pour la plupart des régions du sud du Québec, une ressource limitée et non renouvelable dont l'exploitabilité, en raison de contraintes diverses (qualité des matériaux, réglementation, affectation des sols, etc.), est souvent limitée à des aires restreintes. Le sable et gravier représentent aussi une ressource pondéreuse, de faible valeur unitaire, dont la valeur économique est surtout fonction de la proximité du marché, d'où l'exploitation intensive de dépôts et l'épuisement rapide de ressources près des zones urbaines. Le présent inventaire, mis sur pied en 1985, a pour but de localiser et caractériser les ressources en sable et gravier d'une région et de sensibiliser les divers intervenants à l'importance qu'occupent les granulats dans notre économie d'où la nécessité de faire une bonne gestion de cette ressource non renouvelable. Les rapports d'inventaire s'adressent tout aussi bien aux gestionnaires chargés d'élaborer les schémas d'aménagement d'une région qu'aux exploitants à la recherche de nouvelles sources de matériaux pour les besoins futurs de leur entreprise.

Ce rapport renferme toute l'information nécessaire à la compréhension des rapports d'inventaire produits pour chacune des régions au Québec. Il correspond à une version améliorée de la partie I et des annexes I et II des rapports d'inventaire produits avant 1993.

ÉCHELLE DES TRAVAUX

L'unité de base pour les travaux d'inventaire est la carte topographique à l'échelle 1:50 000 (cartes SNRC) du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada. Chacune des cartes d'inventaire couvre environ 1000 km².

MÉTHODE D'INVENTAIRE

Travaux préliminaires

La première étape lors de l'inventaire d'une région est l'analyse des documents disponibles sur cette région. La carte et le rapport du quaternaire d'une région se veulent les principales sources d'information. Ils permettent d'identifier les unités géologiques susceptibles de fournir des granulats. Plusieurs autres documents, d'importance variée, peuvent aussi fournir des informations intéressantes: rapport géologique, banque de données du ministère des Transports du Québec, banque de données hydrogéologiques, articles, thèses, banque géotechnique, rapport et carte géotechniques, carte géomorphologique, rapport pédologique, études écologiques et autres.

L'étape suivante consiste à vérifier les zones potentielles à l'aide de la photo-interprétation. À cette fin, des photos à l'échelle 1:40 000 peuvent être utilisées pour obtenir une vue d'ensemble (géomorphologie d'ensemble) puis des photos au 1:15 000 pour le détail. Plusieurs points de vérification sont alors identifiés pour une visite sur le terrain.

Travaux de terrain

Les travaux de terrain servent à la vérification des limites des zones potentielles établies précédemment de même qu'à l'estimation des épaisseurs de matériaux et de la qualité des granulats. Ces travaux consistent surtout en visites systématiques des sablières et gravières de la région qu'elles soient encore en exploitation ou non. Les observations effectuées comprennent entre autres: la hauteur des faces; la proportion de particules fines, de sable et de gravier; le type de lithologie (pétrographie); l'angularité des particules; la profondeur de la nappe phréatique, etc. Ces renseignements sont recueillis sur une fiche de terrain conçue à cette fin.

Des échantillons, pesant chacun environ 40 kg (90 lbs), sont prélevés pour déterminer certaines propriétés des granulats. La fréquence d'échantillonnage varie selon l'homogénéité du banc (sablières et gravières) et du gisement. Chaque unité géologique potentielle est échantillonnée au moins une fois.

D'autres informations peuvent être recueillies sur des coupes naturelles ou des coupes de routes. Lorsqu'il n'y a pas d'ouvertures (exploitation, coupes, etc.) ou si des renseignements plus approfondis sont nécessaires, l'utilisation de sondages est fortement conseillée. Ceux-ci peuvent être effectués à l'aide de forage, de levés géophysiques (séismique, résistivité) ou d'une rétrocaveuse. Cette dernière est la méthode la plus utilisée. Elle permet de creuser une tranchée d'environ 4 m de profondeur facilitant l'analyse des matériaux et l'échantillonnage.

Travaux de laboratoire

En laboratoire, les échantillons sont soumis à divers essais tels : analyse granulométrique, nombre pétrographique, densité et absorption, micro-Deval humide, résistance à la désagrégation ($MgSO_4$), Los Angeles, module de finesse, indice d'angularité et autres. Ces essais permettent de déterminer la qualité relative des granulats en définissant leurs propriétés mécaniques et physiques et nous renseignent sur les possibilités d'utilisation des matériaux. On retrouve, en annexe, les normes utilisées au Québec pour les granulats et une description des essais.

TYPES DE MATÉRIAUX

La nomenclature utilisée dans les rapports d'inventaire est la suivante :

| TABLEAU 1 : Termes utilisés selon le diamètre des particules | | |
|--|--|--|
| TERMES UTILISÉS | MATÉRIAUX | DIAMÈTRES |
| Particules fines | <ul style="list-style-type: none"> – argile – silts | <ul style="list-style-type: none"> < 0,002 mm 0,002 à 0,08 mm |
| Sable ⁽¹⁾ | <ul style="list-style-type: none"> – sable fin – sable moyen – sable grossier | <ul style="list-style-type: none"> 0,08 à 0,315 mm 0,315 à 1,25 mm 1,25 à 5,00 mm |
| Pierre | <ul style="list-style-type: none"> – galet – caillou – bloc | <ul style="list-style-type: none"> 5,00 à 200 mm 200 à 600 mm > 600 mm |

Trois classes de matériaux, basées sur le pourcentage en pierre, ont été définies : un sable (S) comprend moins de 20% de pierre, un sable graveleux (SG) contient de 20 à 40% de pierre alors qu'un gravier (G) en contient plus de 40%.

¹ Sable grossier : contient moins de 20 % de pierre et moins de 50 % de particules passant le tamis 1,25 mm (module de finesse supérieur à 2,2).

Sable moyen : contient moins de 50 % de particules passant le tamis 5 mm et plus de 50 % de particules passant le tamis 1,25 mm (module de finesse varie de 1,5 à 2,2).

Sable fin : contient plus de 50 % de particules passant le tamis 315 mm et moins de 10 % de particules passant le tamis 0,080 mm (module de finesse inférieur à 1,5).

ÉVALUATION ET CLASSIFICATION DES DÉPÔTS

Un système de pointage (chiffres entre parenthèses) a été établi dans le but d'évaluer les dépôts d'une région. Il est entendu qu'il n'est pas dans nos objectifs d'évaluer les dépôts en fonction de toutes les utilisations possibles. Ces points sont décernés aux dépôts selon trois différents critères (tableau 2) et sont ensuite cumulés sur un total de 35 points. Ce total représente la cote du dépôt, laquelle détermine sa classe (les classes de dépôt 1, 2, 3 sont définies un peu plus loin).

| TABLEAU 2 : Critères de classification des dépôts | |
|---|-----|
| 1) CATÉGORIES D'ÉPAISSEUR DU DÉPÔT : (maximum de 7 points) | |
| 1) plus de 8 m | (7) |
| 2) 5 à 8 m | (5) |
| 3) 3 à 5 m | (3) |
| 4) moins de 3 m | (0) |
| 2) QUALITÉS DES GRANULATS : (maximum de 13 points) | |
| 1) Présence de fines (< 10 %) | (5) |
| 2) Présence de blocs (< 15 %) | (2) |
| 3) Nombre pétrographique / micro-Deval | |
| a) moins de 135 / moins de 15 % | (6) |
| b) 135 à 155 / 15 à 20 % | (4) |
| c) 155 à 200 / 20 à 30 % | (2) |
| d) 200 et plus / 30 % et plus | (0) |
| 3) EXPLOITABILITÉ DU DÉPÔT : (maximum de 15 points) | |
| 1) Profondeur de la nappe phréatique > 3 m | (8) |
| 2) Accès (chemin, etc.) | (1) |
| 3) Épaisseur de découverte < 1 m | (3) |
| 4) Dépôt homogène | (3) |

La présence de bancs déjà existants et/ou la visite sur le terrain aident à évaluer l'importance d'un dépôt pour la région. On peut alors pondérer en ajoutant jusqu'à 2 points à la cote du dépôt selon les critères suivant :

0 = banc de faible importance;

+1 = exploitation(s) importante(s);

+2 = exploitation(s) la (les) plus importante(s) de la région.

L'épaisseur (catégorie d'épaisseur du dépôt) représente l'épaisseur moyenne du dépôt. Elle est estimée à l'aide des hauteurs des faces des bancs visités, des données de forage provenant de la banque hydrogéologique ou d'autres sources, de sondages mécaniques et par photo-interprétation.

Le nombre pétrographique n'est pas un critère très précis dans certaines régions (voir annexe). D'autres essais, comme le micro-Deval, viennent alors influencer directement la pondération accordée à cette section.

La profondeur de la nappe phréatique s'avère le critère le plus important comme le démontre la pondération. Autant pour des raisons économiques qu'environnementales, l'exploitation d'un dépôt devient très hasardeuse lorsque la nappe se trouve en surface. Une profondeur minimale de 3 m est considérée comme acceptable.

L'épaisseur de la découverte représente l'épaisseur des matériaux, organique ou autre, qu'il faut enlever pour atteindre les matériaux granulaires exploitables. Une épaisseur maximale de 1 m est considérée comme acceptable.

Sur la base de la cote obtenue, les classes de dépôts sont définies comme suit :

Classe 1 : Cette classe comprend les dépôts ayant cumulé de 31 à 35 points selon les critères d'évaluation. Ces dépôts, qui sont souvent en exploitation, représentent les principales sources d'approvisionnement en sable et gravier de la région. Leur épaisseur est supérieure à 3 m et la qualité des matériaux (nombre pétrographique, micro-Deval, quantité de particules fines et de blocs, etc.) est généralement bonne. Ils ont habituellement été visités et/ou sondés pour confirmer la quantité et la qualité des granulats. Ces dépôts ne devraient présenter aucune difficulté majeure lors de leur exploitation.

Classe 2 : Les dépôts de classe 2 ont cumulé de 25 à 30 points. Bien qu'ils constituent de bonnes sources d'approvisionnement en granulats, ces dépôts sont d'épaisseur limitée ou constitués de matériaux de qualité moyenne à médiocre. Ces dépôts ne devraient présenter aucune difficulté majeure lors de leur exploitation.

Classe 3 : Les dépôts de cette classe ont cumulé de 15 à 24 points. Ces dépôts, qui ont souvent moins de 3 m d'épaisseur, peuvent contenir de grande quantité de matériaux mais, en général, sur de grande superficie. La qualité du granulat est habituellement altérée par la présence de particules fines et/ou de blocs et par la lithologie (nombre pétrographique, micro-Deval). Leur exploitation peut être difficile à cause de leur faible épaisseur, de leur hétérogénéité, de l'épaisseur de mort terrain ou à cause de la nappe phréatique.

Les dépôts ayant accumulé moins de 15 points sont rejetés et ne sont pas considérés comme ressources en granulats dans le cadre de cet inventaire.

Dans le but d'avoir des résultats uniformes à travers le Québec, les critères de classification des dépôts sont les mêmes pour toutes les régions inventoriées. Ceci implique qu'une région peut ne pas renfermer de dépôt de classe 1. Dans un tel cas, les dépôts de classe 2 forment les meilleures sources d'approvisionnement en sable et gravier de cette région.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les résultats d'inventaire sont présentés à l'aide d'un rapport détaillé et d'une carte d'inventaire. D'autres informations sont conservées dans une banque de données.

La carte à l'échelle 1:50 000, qui accompagne chacun des rapports, montre la distribution et la classification des dépôts de sable et gravier inventoriés. Pour des raisons pratiques, les dépôts ont été subdivisés (ou regroupés dans certains cas) en gisements, identifiés sur la carte par un numéro à l'intérieur d'un cercle. Des renseignements sur chacun des gisements (qui peuvent contenir des dépôts de différentes classes et/ou différentes origines) sont donnés dans ces rapports. La carte montre aussi l'emplacement des bancs; ie. le lieu où sont exploités les granulats, sablières, gravières, etc. Les bancs sont identifiés par un point et un numéro; ceux encore en exploitation sont représentés par un point noir, alors qu'un cercle vide représente les bancs où l'exploitation est suspendue ou terminée. Des renseignements sur chacun des bancs apparaissent dans un tableau alors que des informations plus détaillées sont compilées dans une banque de données.

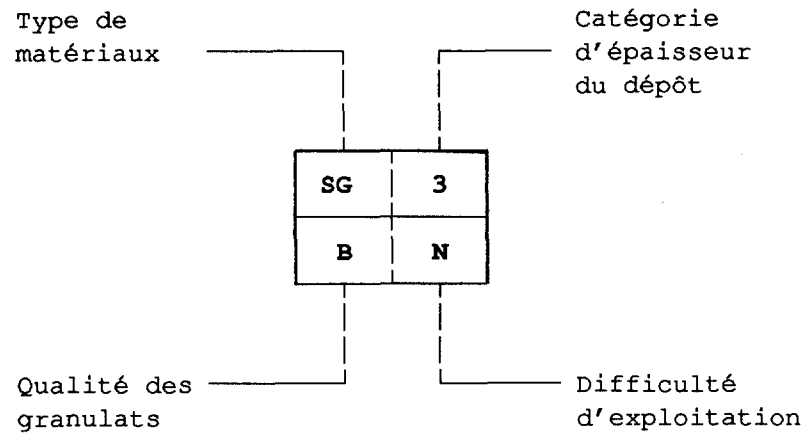
Lorsque les dépôts sont délimités sur la carte d'inventaire des ressources en granulat, on ne tient pas compte des restrictions environnementales, agricoles et autres ainsi que des lois et des normes régissant l'exploitation des matériaux. Par contre, les zones du gisement (ou du dépôt) qui sont densément urbanisées, donc non disponibles à l'exploitation, sont découpées et laissées en blanc sur la carte d'inventaire.

Une grille (figure 1) a été conçue afin de présenter le plus d'information possible directement sur la carte d'inventaire. Cette grille contient les caractéristiques du gisement ou d'une partie du gisement. Ces informations ont été principalement recueillies sur le terrain. Un exemple d'une carte d'inventaire des granulats est illustré à la figure 2.

BANQUE DE DONNÉES

Une banque de données, renfermant tous les renseignements disponibles pour chaque zone où des travaux d'inventaire ont été effectués, a été conçue à l'aide du programme Dbase III (Bélanger *et al.*, 1986). On trouve dans cette banque toutes les données recueillies lors des travaux effectués sur le terrain, une description détaillée de chaque banc, les résultats d'analyses en laboratoire pour chaque échantillon et la description des données de puits et de forages disponibles.

FIGURE 1 : Grille descriptive du gisement



TYPES DE MATÉRIAUX :

- S = sable
- SG = sable graveleux
- G = gravier

CATÉGORIES D'ÉPAISSEUR DU DÉPÔT :

- 1 = 8 mètres et plus
- 2 = de 5 à 8 mètres
- 3 = de 3 à 5 mètres
- 4 = moins de 3 mètres

QUALITÉS DES GRANULATS :

- B = présence de blocs (> 15 %)
- F = présence de fines (> 10 %)
- L = lithologie de qualité (résistance) inférieure
- R = étalement granulométrique restreint

DIFFICULTÉS D'EXPLOITATION :

- E = restrictions environnementales (puits, etc.)
- H = hétérogénéité du dépôt
- D = épaisseur de la découverte (> 1 mètre)
- N = profondeur de la nappe phréatique (< 3 mètres)

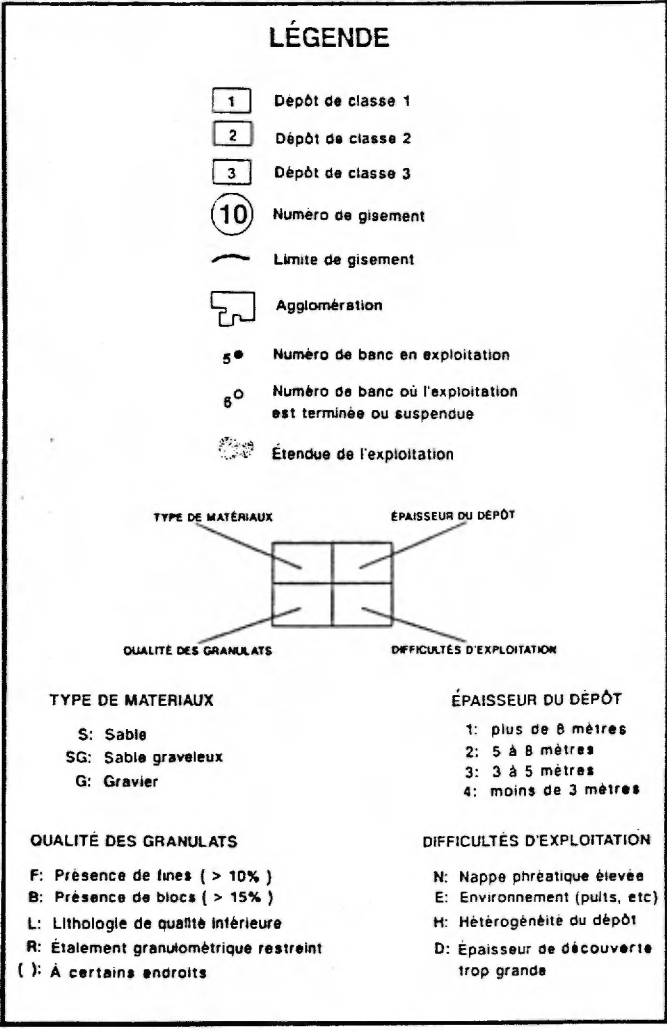
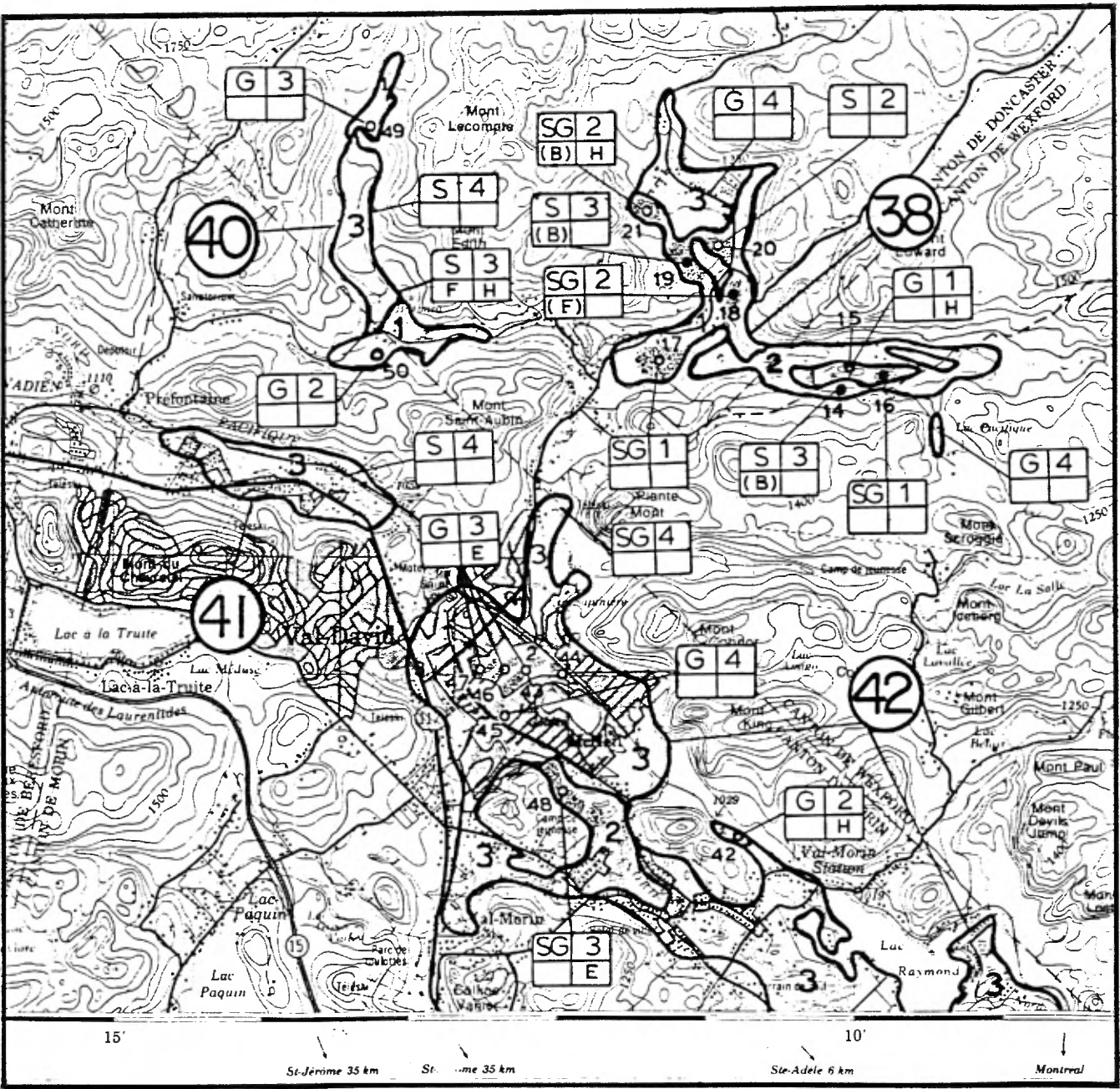


Figure 2: exemple d'une carte d'inventaire des granulates

DISTRIBUTION ET CARACTÉRISTIQUES DES DÉPÔTS DU QUÉBEC

La très grande majorité des dépôts de surface que l'on retrouve au Québec a été laissée pendant et après la dernière glaciation du Wisconsinien. Les dépôts de matériaux granulaires exploitables, dont la distribution est définie par l'aire d'activité des agents de mise en place, se regroupent en neuf catégories:

- les tills de surface;
- les dépôts fluvioglaciaires, qui peuvent se retrouver à peu près n'importe où au Québec;
- les axes morainiques;
- les dépôts deltaïques glaciomarins;
- les dépôts glaciolacustres, dont la distribution est limitée à l'aire d'extension des lacs proglaciaires;
- les dépôts marins, localisés en bordure des mers post-glaciaires;
- les dépôts deltaïques, qui constituent un type de dépôt marin particulier;
- les dépôts fluviaux, qui se retrouvent dans les vallées de rivières importantes;
- les dépôts éoliens, qui sont le résultat du remaniement des dépôts marins ou glaciaires et se présentent généralement sous forme de dunes.

Les tills de surface

Les tills résultant de la dernière glaciation couvrent de larges étendues dans les Basses-Terres du Saint-Laurent et dans les Appalaches alors que sur le Plateau Laurentien le till est surtout confiné aux parois rocheuses des vallées. Sur le Plateau Laurentien, le till est composé essentiellement de matériaux granitiques et la matrice est plutôt sableuse à silteuse. Sur les Basses-Terres, le till est généralement gris et poreux. La matrice, qui varie de très sableuse à silteuse, ainsi que les éléments grossiers, sont surtout composés de roches sédimentaires telles que le calcaire et le shale avec occasionnellement des matériaux granitiques. Dans les Appalaches le till de surface est composé de fragments de roches sédimentaires, d'une grande proportion de matériaux schisteux et, occasionnellement, de fragments de roches granitiques. La matrice renferme cependant beaucoup plus de particules fines (silt, argile) que les deux tills précédents. En raison de leur hétérogénéité, de la quantité élevée en particules fines et des difficultés d'exploitation qu'ils présentent (matériel compact, présence de gros blocs) les tills ne constituent généralement pas de bonnes sources de granulats. Dans les régions envahies par la mer Champlain, les tills ont été remaniés par l'action des vagues de la mer Champlain et lavés d'une partie des particules fines qui les composaient. Les couches de till remanié sont généralement minces et discontinues mais elles constituent tout de même l'une des rares sources d'approvisionnement en gravier et cailloux pour certaines régions, entre autres dans les Basses-Terres.

Les dépôts fluvioglaciaires

Les sédiments fluvioglaciaires sont constitués de particules arrachées et transportées par le glacier et ensuite déposées en couches distinctes par l'action des eaux de fonte du glacier. Ces dépôts recouvrent généralement le fond et les parois rocheuses de plusieurs vallées et dépressions du Plateau Laurentien et des Appalaches mais sont presque absents sur les Basses-Terres (ils sont probablement enfouis sous plusieurs mètres d'argile).

Les dépôts fluvioglaciaires sont variés, autant par leur forme que par la granulométrie de leur matériaux. Ils constituent de bonnes sources d'approvisionnement en sables de granulométrie diverses et en gravier. La granulométrie des matériaux est bien étalée, ce qui leur confère généralement des valeurs de capacité portante assez élevées et de bonne maniabilité lors des travaux de chantier. Leur perméabilité permet un drainage facile et efficace. Cependant, les travaux d'excavation pourront être ardues à l'occasion en raison de la présence de gros blocs, principalement dans les sédiments juxtaglaciaires.

Les dépôts fluvioglaciaires peuvent être classés d'après le milieu sédimentaire, en distinguant les dépôts selon leur proximité par rapport au glacier. On reconnaît donc deux types de sédiments soit; les sédiments juxtaglaciaires, mis en place au contact de la glace et les sédiments proglaciaires, accumulés au-delà du glacier dans des rivières, des lacs ou la mer.

Les dépôts juxtaglaciaires

Les sédiments de contact de glace sont principalement constitués de sable et gravier plus ou moins bien stratifiés avec de nombreux cailloux et blocs. Les stratifications sont particulièrement frustes dans les couches de matériaux plus grossiers. Des poches de till peuvent être incorporées dans les sédiments. Le tri des sédiments est relativement bon et les particules fines sont généralement séparées des matériaux grossiers. La granulométrie est fort variable latéralement et verticalement en raison des fluctuations subites du régime hydraulique. Il est fréquent d'observer des faces de sable fin silteux côtoyer des faces de gravier caillouteux. De façon générale, ces sédiments sont de granulométrie grossière. La présence de la glace a eu une influence majeure sur la forme résiduelle des dépôts et sur les sédiments. On y trouve de nombreuses structures d'effondrement (failles, plissements, kettles) causées par la fonte de la glace.

Les principales formes de terrains observées sont (figure 3) :

-Les eskers : les eskers se présentent en crêtes allongées, rectilignes ou le plus souvent sinueuses, continues ou discontinues. Leurs sédiments ont été transportés et mis en place par des rivières s'écoulant dans des tunnels sous-glaciaires ou dans des chenaux à la surface du glacier. Le coeur des eskers est souvent constitué de matériaux grossiers (gravier et cailloux), alors qu'au sommet et en bordure on trouve surtout du sable stratifié. Leur longueur ne dépasse généralement pas 1 à 2 kilomètres (sauf dans la partie septentrionale du Québec où ils peuvent atteindre plusieurs dizaines de kilomètres), alors que leur largeur et leur hauteur sont de l'ordre d'une centaine et d'une dizaine de mètres respectivement. Les eskers constituent une excellente source d'approvisionnement en sable et gravier mais la plupart de ceux situés à proximité des villes sont déjà en exploitation et, dans plusieurs cas, presque épuisés.

-Les kames : il s'agit d'un monticule ou d'une butte de taille variable dont les pentes sont généralement raides. Les kames se forment par l'accumulation de sédiments dans les dépressions d'un glacier stagnant. La fonte ultérieure de la glace laisse sur le terrain des buttes isolées, parfois groupées, formées de sable, sable graveleux et de gravier grossier.

-Les terrasses de kames : cette forme de terrain est due aux eaux de fonte d'un glacier, qui accumulent des sédiments entre la glace et le versant d'une vallée. D'un côté, les sédiments s'appuient sur le rebord rocheux et de l'autre, ils reposent contre la glace. Quand la glace fond, elle laisse une forme ressemblant à une terrasse. La surface d'un tel dépôt est régulièrement parsemée de kettles (dépressions ou cuvettes de forme et de dimension variables résultant de la fonte tardive de culots de glace partiellement ou totalement enfouis dans les sédiments).

Les sédiments proglaciaires

Ce sont généralement des sédiments d'épandage qui sont triés, transportés et accumulés à l'avant du front du glacier par les eaux de fonte (figure 4). Ces dépôts sont formés surtout de sable à grains moyens à grossiers bien stratifié avec une proportion souvent importante de gravier. Certaines zones renferment des cailloux. Le tri du matériel est très bon et les particules fines, qui représentent rarement plus de 5 %, sont généralement entraînées plus loin vers l'aval. La granulométrie peut cependant varier latéralement et verticalement à l'intérieur d'un même dépôt mais beaucoup moins que dans le matériel juxtaglaciaire où les clastes sont beaucoup plus grossiers. Les quelques blocs encore présents ont perdu leurs arêtes vives et leurs faces sont lisses.

Certains axes morainiques

Le terme moraine se rapporte à la forme et à la genèse d'un dépôt et non à sa composition. Les principaux types de moraines pouvant contenir des matériaux exploitables sont les moraines frontales, construites au front du glacier lorsque celui-ci demeure stationnaire pendant un certain temps; les moraines latérales, formées sur les flancs d'une langue glaciaire; les moraines interlobaires, formées entre deux lobes de glace.

Les dépôts morainiques les plus connus dans le sud du Québec sont ceux associés au système morainique de Saint-Narcisse. Cette moraine, qui constitue une moraine terminale, s'étend sur près de 500 km sur la rive nord du Saint-Laurent depuis le lac Simon, au nord-ouest de Montréal jusque dans la région de Saint-Siméon, à environ 200 km à l'est de Québec. Le coeur de la crête morainique, constitué surtout de till de fond et de matériaux de contact de glace, se compose de gravier, de cailloux et de nombreux blocs dans une matrice sablonneuse. La proportion de particules fines varie généralement de 5 à 20%. Ces matériaux très hétérogènes sont constitués exclusivement de débris de roches précambriennes et reposent habituellement sur le socle précambrien. En plusieurs endroits en bordure de la crête principale, ces matériaux glaciaires ont été remaniés par l'action des vagues de la mer Champlain ou encore transportés par les eaux de fonte du glacier et déposés directement dans la mer qui était alors en contact avec le glacier. Ces dépôts sont moins hétérogènes et sont composés surtout de sable et de gravier stratifiés avec des lits de cailloux. D'autres matériaux situés en aval de la crête morainique ont été transportés et déposés par les eaux de fonte glaciaire sous forme de deltas proglaciaires et de terrasses fluvioglaciaires.

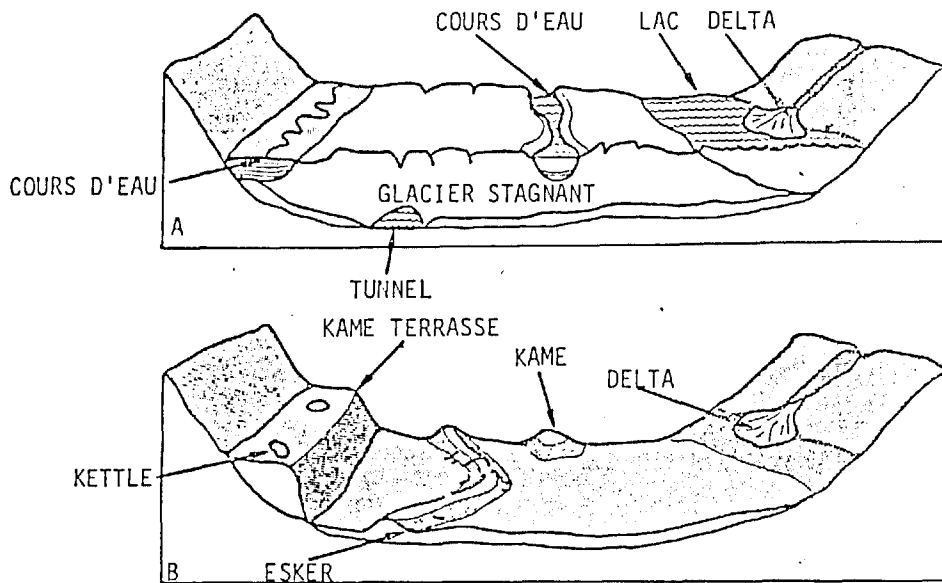


FIGURE 3: (Graphique modifié de Flint, 1971): Origine des dépôts de contact.

- a) Le glacier stagnant sert de support temporaire aux dépôts formés par les cours d'eau et les lacs.
 b) A mesure que la glace fond, le matériel se dépose et ses couches s'affaissent.

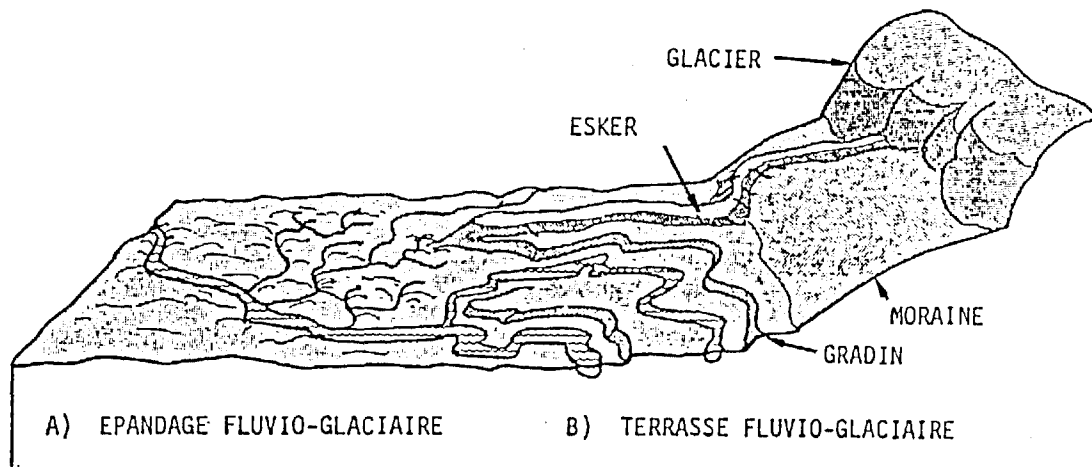


FIGURE 4: Formation d'un épandage et d'une terrasse fluvio-glaciaires. (Photo modifiée de Flint, 1971). On illustre entre autres un esker sortant du glacier qui a entraîné le matériel granulaire dans la vallée. Les terrasses ont subséquentement été formées par le délavage de l'eau dans l'épandage.

Ce sont ces divers dépôts, plus fins et mieux triés, que l'on trouve en bordure (en aval principalement) de la crête principale, qui sont exploités comme source de granulats, notamment près des municipalités de Lac Carré (Saint-Faustin), Saint-Gabriel-de-Brandon, Charette, Notre-Dame-du-Mont-Carmel et de Saint-Narcisse. D'autres systèmes morainiques frontales au Québec constituent d'importantes sources d'approvisionnement en granulats; la moraine du lac Saint-Charles (Québec), la moraine de Baie-Trinité, le système morainique Manitou-Matamek sur la Côte-Nord (moraine du lac Daigle à Sept-Îles), ainsi que la moraine du lac Noir (New-Carlisle), la moraine de Saint-Antonin (Rivière-du-Loup) et la moraine des Hautes Terres (Warwick, Danville) sur la rive sud du Saint-Laurent.

On appelle moraine interlobaire une moraine terminale située entre deux lobes d'un inlandsis. Au cours du retrait glaciaire, les eaux de fonte déposent des sédiments le long des deux lobes. Une partie sera déposée directement sur la glace (matériaux supra glaciaire) et une autre directement sur la terre ferme entre les deux lobes. Ces dépôts peuvent être comparés à de gigantesques eskers, autant par leur forme que par leur composition. Les principales moraines interlobaires observées au Québec sont celles des monts Stokes dans la région de Sherbrooke (entre Ascot-Corner et Martinville) et la moraine interlobaire d'Harricana en Abitibi (passant par Val d'Or et Mattagami). Les deux moraines constituent d'importantes sources d'approvisionnement en sable et gravier.

Les dépôts deltaïques glaciomarins

Les eaux de fonte s'échappant du front du glacier continental construisirent dans les eaux des mers Champlain et Goldthwait diverses formes deltaïques. Ces formes deltaïques, d'origine glaciaire et marine, étalées à l'aval de bourrelets morainiques, portent le nom de deltas glaciomarins. Ces dépôts, qui peuvent être très étendus (jusqu'à 3 km²) et très épais (jusqu'à 50 m), sont composés de sables, de graviers et de cailloux interlités reposant sur des lits de limon et d'argile alternant avec des couches de till. Les lits frontaux des deltas glaciomarins montrent des pentes de l'ordre de 25°. Le plus important dépôt de ce genre est situé dans la région de Saint-Gabriel-de-Brandon.

Les dépôts glaciolacustres

Ces dépôts sont fréquents dans le secteur des Appalaches où de nombreux lacs proglaciaires ont été formés suite à l'endiguement des eaux de drainage naturel par les glaces, retenant à contre-pente. Sur la rive nord du Saint-Laurent ils sont plus rares.

Les sédiments mis en place dans ces lacs se présentent sous forme de dépôts de sable ou de silt et argile. Des blocs d'origine glacielle sont parfois incorporés au sable. Les dépôts se présentent souvent sous forme de deltas construits à l'embouchure des cours d'eau qui se jetaient dans le lac proglaciaire. Les matériaux de ce type de dépôt sont constitués de sable avec à l'occasion du sable silteux; les zones graveleuses y sont rares. Les dépôts glaciolacustres peuvent aussi se présenter sous forme de lignes de rivages ou de plages. La nature des matériaux dépend directement des sédiments sous-jacents ou environnants, qui sont remaniés par l'action des vagues. Par

exemple, les cordons de blocs résultent généralement du délavage des surfaces de till, alors que les plages de sable se développent là où sont disponibles des sédiments fins.

Les dépôts marins

Les sources de granulats d'origine marine comprennent les sables et graviers littoraux, les sédiments déposés par la mer au moment où elle se retirait des terres suite au relèvement isostatique (dépôts d'exondation) ainsi que les sédiments de hautes terrasses mis en place lorsque le fleuve Saint-Laurent formait un estuaire. Les dépôts deltaïques accumulés dans la mer à l'embouchure des affluents représentent un faciès marin particulier.

Les granulats d'origine marine, sont en général, des sables fins à moyens, localement graveleux, souvent dus au remaniement des matériaux glaciaires ou fluvioglaciaires. Les dépôts de sables marins reposent généralement sur l'argile marine et plus rarement sur le till ou le substratum rocheux. Leur épaisseur dépasse rarement 4 à 5 mètres mais elle peut atteindre plus de 8 mètres par endroits. De plus, l'épaisseur exploitable de ces dépôts est souvent limitée par la proximité de la nappe phréatique. Les sables marins en raison de leur finesse, sont surtout utilisés comme matériaux de remblai ou comme emprunt granulaire dans la construction de route.

Dans la vallée du Saint-Laurent, les épisodes de la mer Champlain et de la mer Goldthwait sont responsables de l'accumulation des sédiments marins, alors que dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, les dépôts marins sont associés à la mer ou golfe de Laflamme.

Dans la vallée du Saint-Laurent, les dépôts marins couvrent généralement de vastes étendues et forment souvent des terrasses découpées par les chenaux d'érosion de l'ancêtre du Saint-Laurent. Sur la rive nord, on trouve de tels dépôts au nord de Montréal, dans la région de Joliette, à Trois-Rivières et Québec. À l'est de Québec les dépôts sont généralement moins étendus étant confinés à la plaine du Saint-Laurent et certaines vallées du Plateau Laurentien. Cependant, ces dépôts peuvent renfermer d'importantes quantités de matériaux comme c'est le cas sur la Côte-Nord, entre Sept-Îles et Blanc Sablon, où on observe une succession de hautes terrasses. Sur la rive sud, les principaux dépôts se trouvent au sud de Montréal, dans la région de Drummondville, Nicolet et le long de la rive entre Rivière-du-Loup et Sainte-Anne-des-Monts.

Les dépôts deltaïques

Les dépôts deltaïques sont formés par l'accumulation de sédiments dans la mer à l'embouchure des cours d'eau, suite à la chute brutale de la vitesse du courant. Les plus importants dépôts deltaïques se situent en bordure du Plateau Laurentien, dans les vallées des rivières Moisie, Sainte-Marguerite, Manicouagan, aux Outardes, Montmorency, Jacques-Cartier, Sainte-Anne, Portneuf, Batiscan, Saint-Maurice, l'Assomption, Mastigouche et Ouareau. Au Lac-Saint-Jean, on trouve d'importants dépôts deltaïques à l'embouchure des rivières Chamouchouane, Mistassini (Mistassibi), Péribonka, Shipshaw et Valin. Dans les Appalaches, on exploite des dépôts plus modestes

dans les régions de Saint-Raphaël, Saint-Fabien, Trois-Pistoles, Rimouski et Bonaventure. L'épaisseur de ces dépôts est généralement considérable et peut atteindre plus de 20 mètres à de nombreux endroits.

Les sédiments deltaïques sont constitués presque exclusivement de sable stratifié bien trié, moyen à grossier bien gradué, relativement pauvre en gravier. À maints endroits, près de la surface, ils contiennent des petits lits de gravier, mais la proportion de gravier de l'ensemble des sédiments dépasse rarement 15%. La granulométrie des matériaux deltaïques, au nord du fleuve Saint-Laurent, diminue avec la profondeur. Le sable grossier et le gravier se trouvent généralement en surface. Les matériaux deviennent plus fins en profondeur (sable fin à silteux) et reposent sur de l'argile. Ceci provient du fait que ces deltas ont été construits lors du relèvement isostatique des terres, dans des conditions où la profondeur de l'eau diminuait. Ces conditions ont permis la construction de deltas emboîtés successifs d'altitude décroissante. Ces deltas ont souvent remobilisé leurs propres sédiments car au fur et à mesure que la mer régressait, le delta progressait et la rivière a recoupé alors les sédiments qu'elle avait déposés auparavant.

Les dépôts deltaïques sont généralement pauvres en gravier mais ils constituent d'excellentes sources d'approvisionnement en sable de granulométries diverses (principalement du sable moyen à grossier) dont le sable utilisé dans la fabrication du béton.

Les dépôts fluviaux

Les sédiments fluviaux comprennent les alluvions récentes qui recouvrent les terrasses du fleuve Saint-Laurent dont l'altitude est inférieure à 25 mètres ainsi que les alluvions récentes des fonds de vallées et des plaines de débordement des cours d'eau actuels. Le matériel, qui est bien trié et perméable, va du sable fin à grossier. Les sables sont régulièrement et uniformément stratifiés, et renferment une certaine proportion de matériaux organiques et à l'occasion, des lits de gravier. Ces dépôts, d'étendue restreinte, dépasse rarement 1 à 2 mètres d'épaisseur d'où leur importance limitée comme source de granulats. De plus, ces dépôts étant peu élevés par rapport au cours d'eau, leur exploitation peut être difficile et limitée à cause de la proximité de la nappe phréatique.

Les dépôts éoliens

Les dépôts éoliens sont peu répandus au Québec. Ils se présentent sous forme de dunes de quelques mètres de hauteur. L'édification de ces dunes provient principalement du remaniement des grandes étendues de sable marin. Elles sont constituées de sable fin relativement uniforme dont 95 % des grains sont anguleux à subanguleux. Les dépôts éoliens représentent une source mineure de granulats.

RÉFÉRENCES

- Aïtcin, P.C., Jolicoeur, G., Mercier, M., 1983. Technologie des granulats. Les éditions Le Griffon d'argile inc. 372 pages.
- Bélanger, J. et al., 1986. Guide d'utilisation du progiciel GRAIN, inventaire des granulats. G.R.E.G.I., département de géologie, Université Laval. Rapport CGL-86-18.
- Brazeau, A., 1986. Inventaire des granulats aux Québec. Thèse de maîtrise, Université Laval, département de géologie. 125 pages.
- Brazeau, A., Tremblay, G., Robert, C., 1992. Mise en valeur des sables et gravier naturels du Québec. 5^e congrès annuel de L'Association Professionnelle des Géologues et Géophysiciens du Québec. Cours intensif 92-5.
- Gilbert, P., Trépanier, G. et Windish, E.J., 1981. Normes et contrôle qualitatif des granulats pour la construction routière, étude bibliographique. École technologique supérieure, université du Québec. Rapport 78F-164A. 313 pages.
- Flint, R.F., 1971. Glacial and Quaternary Geology. Wiley, New York, 862 pages.
- Locat, J. et Chagnon, J.Y. , 1986. Guide méthodologique de l'inventaire des granulats pour la province de Québec, G.R.E.G.I. Université Laval, raport GGL-86-17, 42 pages.
- Ministère de L'Énergie et des Ressources du Québec, 1991. Statistiques sur l'industrie minérale du Québec.
- Ministère des Transports du Québec, 1986. Cahier des charges et devis généraux.

ANNEXE I : DESCRIPTION SOMMAIRE DES ESSAIS DE LABORATOIRE ET DES NORMES

Voici une description sommaire des différents essais pratiqués en laboratoire sur les échantillons prélevés lors de l'inventaire des granulats et d'autres essais couramment effectués lors de divers travaux.

L'analyse granulométrique (BNQ 2560-040)

L'analyse granulométrique indique la répartition des particules dans un échantillon en fonction de leur diamètre. Elle sert surtout à la classification des matériaux (S, SG, G) et à déterminer le pourcentage de particules fines. La proportion de blocs est évaluée lors des visites de terrain.

Le module de finesse ASTM C12568

Le module de finesse est un rapport évalué à partir de l'analyse granulométrique. Il est calculé sur la partie sableuse de l'échantillon soit, dans le cadre de cet inventaire, la partie passant le tamis 5 mm et il se définit comme suit: la somme des pourcentages des particules retenues sur les tamis 2,5 mm, 1,25 mm, 630 μm , 315 μm et 160 μm divisée par 100. Des valeurs de 0,5 à 1 représentent un sable très fin à silteux et une valeur de 1 un sable fin, un sable à mortier a une valeur variant de 1,5 à 2,1 alors qu'un sable à béton a une valeur variant de 2,1 à 3,3.

Le nombre pétrographique (BNQ 2560-900)

La détermination du nombre pétrographique sert à évaluer la qualité du gros granulat en se basant sur l'analyse pétrographique du matériau. Cette analyse pétrographique est faite à l'aide d'équipements simples tels que canif, aimant, acide chlorhydrique et stéréomicroscope. Cette analyse a donc pour but de différencier les matériaux de très bonne qualité de ceux présentant des caractéristiques délétères telle que incrustation, particules friables, grande porosité, présence de clivage, altération, matériaux argileux, présence de minéraux amorphes (R.A.G.) etc. Le nombre pétrographique est basé sur un système de cotes arbitraires variant de 1,0 à 6,0 attribuées aux différents minéraux ou constituants rocheux entrant dans la composition des granulats. La cote de 1,0 représente une résistance excellente aux intempéries et la cote 6,0, une résistance nulle ou très faible. La masse de chaque catégorie (minéraux et roches) est déterminée ainsi que le pourcentage que cette masse représente dans la masse totale de l'échantillon. Le total des pourcentages multipliés par les cotes des catégories respectives représente le nombre pétrographique. Ainsi, le nombre pétrographique se situe entre la valeur de 100, qui représente la meilleure valeur possible, et la valeur de 600, qui est la pire possible. Le système de cotes de 1 à 6 de la méthode québécoise BNQ 2560-900 ne tient pas compte de l'utilisation prévue pour les granulats comme en Ontario. Bien que cet essai est souvent mis en doute par certains, on hésite à s'en départir complètement. La valeur du nombre pétrographique est sujette à l'attention que l'on portera à l'identification pétrographique. Lorsqu'obtenu avec soin, le nombre pétrographique devient un outil très précieux pour connaître rapidement la qualité d'un matériau de même que pour analyser

l'évolution d'une source dans le temps. Il reste important toutefois de supporter les résultats obtenus par d'autres essais comme le micro-Deval humide entre autres.

L'essai micro-Deval humide (BNQ 2560-070)

La résistance à l'usure est donnée par l'essai micro-Deval humide qui consiste à mesurer l'usure par attrition des granulats dans un cylindre en rotation en présence d'eau, par frottement entre les granulats et une charge abrasive constituée de billes d'acier. La réponse, appelée le coefficient de perte à l'usure micro-Deval, est définie par le pourcentage de particules (en poids) de l'échantillon passant un tamis 1,25 mm après l'essai. Les valeurs inférieures à 15 % sont acceptables (ministère des Transports du Québec, 1986). Cet essai est sûrement celui qui donne l'information la plus pertinente sur la qualité d'un granulat. Il évalue la dégradation du matériau de même que l'arrachement et la production de particules fines lors du transport et de la mise en oeuvre des granulats. C'est aussi un très bon indicateur de la performance en service du granulat dans les fondations ou dans les couches de surfaces. Dans ce dernier cas, il contribue à prévoir l'érouissage des arêtes vives sous l'action d'un trafic intense. Il existe cinq grades possibles établis en fonction de la granulométrie du granulat destiné aux travaux. Pour une même source de matériau (et la même qualité) les résultats de l'essai ou le coefficient micro-Deval devrait être le même. Cet essai a aussi l'avantage de présenter de très bons critères de fiabilité.

L'essai Los Angeles (BNQ 2560-400)

L'essai Los Angeles détermine la résistance à la fragmentation. L'échantillon est soumis à une fragmentation par choc et une usure par frottement réciproque suite à l'action destructrice d'une charge abrasive (boulette d'acier) à l'intérieur d'un cylindre en rotation, le cylindre et la charge abrasive étant beaucoup plus gros que pour l'essai micro-Deval. Les résultats sont rendus en pourcentage (poids) de particules passant le tamis 1,7 mm au cours de l'essai. Les valeurs inférieures à 50 % sont acceptables. Cet essai permet entre autres d'évaluer la dégradation des matériaux sous l'effet de chocs répétés, comme les pneus à crampons, ou encore, par fragmentation dynamique. Les résultats obtenus sont influencés par la nature des constituants de même que par la grosseur des grains qui constituent le granulat. Dans la norme, il y a possibilité de faire l'essai selon sept grades. Le grade est choisi en fonction de la granulométrie qui se rapproche le plus de celle qui sera mise en place.

Particules plates et allongées (BNQ 2560-265)

Les particules plates et allongées sont des caractéristiques de forme des granulats qui se rapprochent du facteur d'aplatissement utilisé en France. Ces caractéristiques sont définies selon le rapport existant entre les diverses dimensions d'un granulat soit la longueur (L), l'épaisseur (E) et la largeur ou grosseur (G).

Le coefficient de friabilité (BNQ 2660-080)

Cet essai est en quelque sorte un essai d'usure par attrition jumelé à un effet d'écrasement. L'essai utilise le même principe que l'essai micro-Deval, soit un cylindre que l'on met en rotation et des billes d'acier. Les billes d'acier sont de 5 à 15 fois plus grosses que la prise d'essais.

L'essai de durabilité au $MgSO_4$ (BNQ 2560-450)

L'essai au $MgSO_4$ détermine la résistance des granulats à la désagrégation par une solution saturée de sulfate de magnésium. Il permet de simuler la résistance des granulats à l'action des agents atmosphériques. Ainsi donc, il permet de discriminer les matériaux susceptibles d'expansion lorsque soumis à de fréquents cycles de mouillage, séchage ainsi qu'aux cycles répétés de gel et dégel. L'immersion des granulats dans une solution de sulfate suivie d'un séchage au four produit une accumulation de cristaux de sels et leur croissance progressive dans le réseau poreux des particules produit des forces internes assez grandes pour produire leur désagrégation. Cette action destructrice est supposée reproduire l'action du gel de l'eau dans les granulats, mais cela est mis en doute par certains auteurs (Gilbert *et al.*, 1981). L'essai consiste à immerger l'échantillon dans une solution de sulfate de magnésium pendant 16 heures puis de faire sécher à 110°C pendant 8 heures. Cette opération est répétée 5 fois. Après les cycles de mouillage et séchage, on tamise sur les mêmes tamis qui ont servi à la préparation du matériel. On calcule le pourcentage de perte sur chaque tamis puis on fait la moyenne pondérée des pourcentages. La réponse est donnée en pourcentage (poids) de matériau ayant une granulométrie inférieure à 1,6 mm initialement absente de l'échantillon. On considère les valeurs inférieures à 12 % comme très bonnes (cahier des charges et devis, ministère des Transports du Québec, 1986).

L'essai au $MgSO_4$ est présentement le meilleur essai disponible pour évaluer la résistance du granulat aux cycles de gel et dégel. Du point de vue fiabilité des résultats cependant, cet essai n'est pas très performant et pour certains types de roche, les résultats sont tellement variables qu'ils sont inutilisables. C'est d'ailleurs pour cette raison que le M.T.Q. ne pratique plus l'essai sur le gros granulat de nature calcaire.

Le coefficient d'absorption (BNQ 2560-067)

Le coefficient d'absorption représente la quantité d'eau retenue par le granulat séché au préalable et immergé dans l'eau par la suite pendant 24 heures. Il est exprimé comme le rapport (%) de la masse d'eau retenue sur la masse du granulat sec. Il est utile pour le design des bétons. Bien que l'absorption soit un essai plus ou moins représentatif des propriétés physiques du matériau, les valeurs inférieures à 1,0 sont considérées comme acceptables. Cet essai doit être interprété sous toute réserve.

L'essai au bleu de méthylène BNQ 2560-255

L'essai au bleu de méthylène mesure la surface spécifique du matériau et caractérise sa fraction argileuse. Il évalue et contrôle le degré de pollution des sables et graviers par des argiles. La réponse est donnée en poids (grammes) de bleu absorbé par 100 g de matériau. Les valeurs de moins de 0,2 sont jugées comme bonnes. Un matériau contenant des micas ou des schistes risque d'avoir des valeurs au bleu plus élevées.

L'indice d'angularité Asnor P18-564

L'indice d'angularité indique un rapport où une valeur de 1,0 représente des particules parfaitement sphériques, 1,20 des particules moyennement anguleuses et 1,60 des particules très anguleuses.

Coefficient d'écoulement (BNQ 2560-075)

L'angularité du granulat fin joue un rôle important sur la maniabilité et la stabilité d'un mélange bitumineux. Il influence aussi l'adhérence des pneumatiques d'où l'importance d'avoir un essai qui évalue cette angularité.

La France a mise au point un essai basé sur le temps d'écoulement du granulat à travers un orifice donné. Le temps que prendra le matériau à s'écouler sera représentatif de l'angularité des particules. Au Québec, nous avons adapté cet essai à nos besoins ce qui a mené à l'élaboration d'une norme (BNQ 2560-075). Les résultats sont exprimés sous la forme d'un coefficient d'écoulement.

L'essai colorimétrique (BNQ 2560-280)

L'essai colorimétrique (soude; NaOH) a pour but de détecter la présence de matières organiques, nocives au mortier ou au béton de ciment, dans l'échantillon. Une petite quantité de matériaux est introduite dans un flacon contenant une solution de 3 % de NaOH et après agitation, le mélange est laissé au repos pendant 24 heures. La couleur du liquide au dessus des sédiments détermine le degré de matières organiques. Une couleur pâle indique qu'il y a peu de matières organiques alors qu'une couleur noire signifie qu'il y en a beaucoup. La réponse est donnée par une échelle de 1 à 5; 1 étant une solution très pâle et 5 extrêmement foncée.

ANNEXE II : SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX PRINCIPAUX USAGES DES GRANULATS

1 – GÉNÉRALITÉS

Le tableau 3 (à la fin de la présente annexe) présente la classification des granulats et fournit, pour les calibres normalisés, les exigences granulométriques correspondantes. Si, pour un usage donné, les granulats proviennent de sources différentes, chacun doit être analysé séparément et répondre aux exigences spécifiées.

2 – GRANULATS POUR EMPRUNT GRANULAIRE, FONDATION INFÉRIEURE, FONDATION SUPÉRIEURE, COUCHE DE ROULEMENT, ACCOTEMENT, COUSSIN, ENROBEMENT, COUCHE FILTRANTE

2.1 – Exigences granulométriques⁽¹⁾

A) Fondation inférieure :

| | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|--|
| – Granulat concassé, calibre 56 – 0 | | | | |
| – Gravier naturel 80-0 | | | | |
| Tamis | 80 mm | 5 mm | 80 µm | |
| Passant % | 100 | 25-50 | 2-8 | |

B) Fondation supérieure : granulat concassé, calibre 20-0

C) Accotement, correction et couche de roulement : granulat concassé, calibre 20-0 ou 20-0b

D) Matériau ou emprunt granulaire pour sous-fondation ou autre couche spécifiée :

| | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|--------|-------|
| – <u>Gravier et sable</u> | | | | |
| Tamis | 112 mm | 5 mm | 80 µm | |
| Passant % | 100 | 35 min | 0-10 | |
| – <u>Criblure de pierre</u> | | | | |
| Tamis | 10 mm | 5 mm | 160 µm | 80 µm |
| Passant % | 100 | 75-100 | 4-25 | 0-10 |

E) Coussin, matériau ou emprunt granulaire d'enrobage pour ouvrages d'art : bâtiment, structure, ponceau, conduite, câble, etc.

| | | | | |
|---------------------------|-------|--------|-------|--|
| – <u>Gravier et sable</u> | | | | |
| Tamis | 28 mm | 5 mm | 80 µm | |
| Passant % | 100 | 35 min | 0-10 | |

¹ Lorsqu'un câble électrique ou téléphonique n'est pas protégé par un conduit, 100 % du matériau doit passer le tamis 5 mm.

| | | | | | |
|---|---------------------------|-------|--------|--------|-------|
| – | <u>Criblure de pierre</u> | | | | |
| | Tamis | 10 mm | 5 mm | 160 µm | 80 µm |
| | Passant % | 100 | 75-100 | 4-25 | 0-10 |

F) Couche filtrante :

| | | | | | | |
|---|----------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| – | <u>Gravier</u> | | | | | |
| | Tamis | 112 mm | 5 mm | 315 µm | 160 µm | 80 µm |
| | Passant % | 100 | 35-50 | 35 max | 10 max | 5 max |
| – | <u>Sable</u> | | | | | |
| | Tamis | 112 mm | 5 mm | 315 µm | 160 µm | 80 µm |
| | Passant % | 100 | 50-100 | 50 max | 10 max | 5 max |

2.2 – Propriétés physiques et mécaniques

Les normes et exigences qui s'appliquent sont décrites au tableau 3 (à la fin de la présente annexe).

3 – GRANULATS POUR BÉTON DE CIMENT**3.1 – Classification des granulats**

Les granulats sont classifiés selon les sollicitations auxquelles ils sont exposés :

– Classe 1A

Granulat de haute performance (GHP) utilisé pour le cloutage lorsque requis aux plans et devis pour surfaces de roulement soumises à l'usure intense, revêtement rigide en béton sur autoroute ou artère à très haute densité de circulation ou très fortement sollicitées.

– Classe 1B

Granulat provenant des basses-terres du Saint-Laurent qui s'étendent le long du Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais et dont le substratum est constitué de roches sédimentaires non plissées. Cette unité géologique est limitée par le Bouclier canadien et les Appalaches. Le granulat de la classe 1B, de qualité inférieure à celui de la classe 1A mais supérieure à celui de la classe 2, est utilisé lorsque spécifié aux plans et devis.

– Classe 2

Le granulat de cette classe est utilisé de façon générale pour le revêtement rigide en béton, les bordures en béton, les glissières rigides en béton ou autre ouvrage fortement sollicité par le matériel d'entretien d'hiver.

– Classe 3

Le granulat de cette classe est utilisé pour les massifs d'ancrage (lampadaires et feux de circulation), colonnes, piliers et autres ouvrages fortement exposés aux sels déglaçants.

— Classe 4

Le granulat de cette classe est d'utilisation générale pour le béton de structure, murs de soutènement, piliers, culées, pieux, trottoirs et autres ouvrages enfouis, peu ou pas exposés aux sels déglaçants.

3.2 — Granulats fins pour béton de ciment

A) Granulat

Calibre 5 - 80a.

B) Matières organiques

BNQ-2560-280 «Granulats — Détermination de la présence de matières organiques dans le sable à béton».

L'indice colorimétrique est inférieur à 3.

C) Substances nuisibles

Mottes d'argile, micas, schistes argileux et graphitiques, alcalis, particules tendres friables et en lamelles ou toutes autres jugées nuisibles.

Le pourcentage en masse est inférieure à 1.

D) Durabilité

BNQ-2560-450 «Granulats — Détermination de la résistance à la désagrégation par une solution de sulfate de magnésium» (5 cycles).

a) Granulats des classes 1, 2 et 3 : la perte à l'essai $MgSO_4$ est inférieure à 12 %.

b) Granulats de classe 4 : la perte à l'essai $MgSO_4$ est inférieure à 15 %.

E) Réactivité ciment-granulat

Selon les stipulations de «Réactivité ciment—granulat», chapitre 4 ci-après.

3.3 — Gros granulats pour béton de ciment

A) Calibre des granulats

Calibres 80-40, 40-20, 28-5, 20-5, 14-5 et 10-2,5.

B) Propriétés physiques

Les normes et exigences qui s'appliquent sont décrites au tableau 5 (à la fin de la présente annexe).

C) Réactivité ciment-granulat

Selon les stipulations de «Réactivité ciment—granulat», chapitre 4 ci-après.

4 – RÉACTIVITÉ CIMENT-GRANULAT

Tout granulats utilisés dans un béton d'ouvrage exposé à de fréquents mouillages, à une atmosphère humide ou à l'application de sels déglaçants ou autres solutions alcalines doit être non réactif avec les alcalis du ciment.

Les granulats réactifs ou potentiellement réactifs, susceptibles d'occasionner des expansions excessives du béton, peuvent être utilisés seulement si des mesures correctives efficaces sont utilisées. L'efficacité de ces mesures sujettes à l'approbation du surveillant doit être basée sur des études pertinentes.

Les correctifs suivants peuvent être utiles pour réduire les dégradations attribuées à cette réaction :

- Utilisation d'un ciment à teneur en alcali inférieur à 0,6 %;
- Utilisation d'ajout cimentaire tel que cendres volantes, fumée de silice, pouzzolanes, etc. conformes aux exigences de la norme CAN3.A23.5M «Constituants secondaires cimentaires utilisés dans les constructions en béton».

Les granulats montrant une réaction alcali-carbonate ne doivent pas être utilisés dans les bétons exposés, tel qu'il a été mentionné au 1^{er} paragraphe.

Les méthodes d'essais utilisées pour évaluer la réactivité des granulats et les limites d'acceptation sont celles décrites aux normes CAN3.A23.1M «Béton — Constituants et exécution des travaux» et CAN3.A23.2M «Essais concernant le béton».

5 – GRANULATS POUR BÉTON DE CIMENT LÉGER

La norme qui s'applique : ASTM-C330 «Specifications for Lightweight Aggregates for Structural Concrete».

6 – GRANULATS POUR MORTIER DE CIMENT

Les normes suivantes s'appliquent :

- ASTM-C144 «Specification for Aggregate for Masonry Mortar»;
- ASTM-C404 «Specification for Aggregates for Masonry Grout»;
- BNQ-2560-450 «Granulats — Détermination de la résistance à la désagrégation par une solution de sulfate de magnésium» (5 cycles); la perte à l'essai $MgSO_4$ est inférieure à 20 %.

7 – GRANULATS POUR MORTIER DE CIMENT PROJETÉ SOUS PRESSION

La norme suivante s'applique : CAN3.A23.1M «Béton — Constituants et exécution des travaux», partie traitant du granulats fin; la perte à l'essai $MgSO_4$ est inférieure à 12 %.

8 — GRANULATS POUR BÉTON BITUMINEUX

8.1 — Généralités

A) Micro-granulat (Filler minéral)

La norme qui s'applique : ASTM-D242 «Specification for Mineral Filler for Bituminous Paving Mixtures».

B) Granulat fin et gros granulat

Pour la confection des mélanges bitumineux, les granulométries (BNQ-2560-040 «Granulats — Analyse granulométrique par tamisage») individuelles des granulats fins et des gros granulats doivent permettre de les combiner afin d'obtenir les caractéristiques exigées pour le type de mélange bitumineux requis.

C) Classification des granulats

| Classe | Utilisation du mélange bitumineux |
|--------|---|
| 1A | Granulat de haute performance (GHP) pour surfaces de roulement soumises à l'usure intense lorsque requis aux plans et devis. |
| 1B | Granulat provenant des basses-terres du Saint-Laurent qui s'étendent le long du Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais et dont le substratum est constitué de roches sédimentaires non plissées. Cette unité géologique est limitée par le Bouclier canadien et les Appalaches. Le granulat de la classe 1B, de qualité inférieure à celui de la classe 1A mais supérieure à celui de la classe 2, est utilisé lorsque requis aux plans et devis. |
| 2 | Surfaces de roulement des autoroutes et des artères à quatre voies contiguës ou divisées; pour les autres routes et artères à forte circulation, lorsque requis aux plans et devis. |
| 3 | Surfaces de roulement des routes, rues et artères à circulation modérée. |
| 4 | Aires de repos, aires de stationnement, postes de pesée, belvédères, surfaces de roulement de chemins locaux et autres routes à faible circulation (moins de 400 véhicules par jour), lorsque requis aux plans et devis. |
| 5 | Couche de liaison, couche de base. |

8.2 — Granulat fin

A) Granularité

Les exigences imposées aux granulométries individuelles sont les suivantes :

a) Filler minéral

| | |
|-------------|-----------|
| Tamis en µm | % Passant |
| 630 | 100 |
| 315 | 95-100 |
| 80 | 65-100 |

L'indice de plasticité (BNQ-2501-090 et BNQ-2501-092) est inférieur à 4, sauf lorsqu'il s'agit du ciment et de la chaux hydratée.

b) Criblure

Elle ne doit pas contenir plus de 14 % de particules passant le tamis 80 µm.

La teneur maximum de particules de grosseur inférieure à 5 µm dépend de la proportion de criblure dans le granulat fin :

- Si la criblure fait moins de 40% du granulat fin, la teneur est limitée à 7 %;
- Si la criblure fait 40 à 60 % du granulat fin, la teneur est limitée par la formule suivante :
13 – (15 x % de criblure);
- Si le ministère autorise une proportion de criblure plus élevée que 60 %, la teneur est limitée à 4 %.

c) Sable

La teneur maximum de particules de grosseur inférieure à 5 µm est limitée à 4 %.

B) Substances nuisibles

Le pourcentage en masse est inférieur à 2 (voir chapitre 3.2-C).

C) Durabilité

BNQ-2560-450 «Granulats — Détermination de la résistance à la désagrégation par une solution de sulfate de magnésium» (5 cycles).

La perte à l'essai $MgSO_4$ est inférieure à 12 % pour les granulats des classes 1, 2 et 3 et à 15 % pour les granulats des classes 4 et 5.

8.3 – Gros granulatA) Granulométrie

La granulométrie est fonction du type de mélange exigé.

B) Propriétés physiques et mécaniques

Les normes et exigences qui s'appliquent sont décrites au tableau 5 (à la fin de la présente annexe).

9 – GRANULATS POUR TRAITEMENT DE SURFACE AU BITUME**9.1 – Propriétés physiques**

Les normes et exigences qui s'appliquent sont décrites au tableau 5 (à la fin de la présente annexe) :

- Les exigences de la classe 1A ou 1B s'appliquent lorsque spécifiées aux plans et devis.
- Les exigences de la classe 2 s'appliquent pour le traitement de surface à couche unique ou pour la couche de surface d'un traitement double.

— Les exigences de la classe 3 s'appliquent pour la couche de base d'un traitement double.

9.2 — Granulométrie

| <u>Tamis (mm)</u> <u>passant %</u> | <u>(a)</u> <u>20-5</u> | <u>(b)</u> <u>14-2,5</u> | <u>(c)</u> <u>12,5-2,5</u> | <u>(d)</u> <u>10-2,5</u> |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 25 | 100 | | | |
| 20 | 95-100 | 100 | | |
| 14 | | 93-100 | | |
| 12,5 | | | 100 | |
| 10 | 0-10 | | | 100 |
| 5 | 0-5 | 0-10 | 0-5 | 0-25 |
| 2,5 | | 0-2 | 0-2 | 0-5 |

Le diamètre moyen (D50) des particules du granulat de la couche de surface doit se situer entre 50 et 60 % du diamètre moyen (D50) des particules du granulat de la couche de base.

Le pourcentage en masse du granulat entre deux tamis successifs doit être égal ou supérieur à 65 %, comme suit :

| <u>Granulométrie</u> | <u>Tamis (mm)</u> |
|----------------------|-------------------|
| a | 20-14 ou 14-10 |
| b | 14-10 ou 10-5 |
| c | 10-5 |
| d | 10-5 |

La granulométrie est fonction du type de traitement :

| | <u>Traitement simple</u> | <u>Traitement double</u> | |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | <u>Couche de base</u> | <u>Couche de surface</u> |
| Surface pavée | c | b | c |
| | | ou | d |
| Surface granulaire | | a | b |
| | | ou | c |

9.3 — Coefficient d'uniformité

Ce coefficient est le rapport D80/D20 dans lequel D80 et D20 sont les diamètres des grains au point de la courbe granulométrique où le pourcentage passant est de 80 % et 20 % respectivement. Pour plus de précision, le tamis 6,3 mm est ajouté à la granulométrie. Il est inférieur à 1,6.

10 — GRANULATS POUR TRAITEMENT DE SURFACE À L'ÉMULSION À FLOTTABILITÉ ÉLEVÉE

Les normes et exigences suivantes s'appliquent :

| a) <u>Granulométrie</u> | <u>Calibre</u> 20-0 | <u>Calibre</u> 12,5-0 |
|-------------------------|------------------------|--------------------------|
| <u>Tamis</u> | <u>% passant</u> | <u>% passant</u> |
| 20 mm | 100 | |
| 14 | | 100 |
| 12,5 | 75-95 | 90-100 |
| 10 | 50-80 | 50-80 |
| 5 | 25-50 | 25-50 |
| 2,5 | 15-47 | 15-47 |
| 1,25 | 10-40 | 10-40 |
| 630 µm | 3-30 | 3-30 |
| 315 | 2-20 | 2-20 |
| 160 | 0-10 | 0-10 |
| 80 | 0-5 | 0-5 |

b) Propriétés physiques

Les exigences de la classe 4 du tableau 5 s'appliquent.

11 — GRANULATS POUR ENDUITS BITUMINEUX OU POUR COULIS DE SCÉLLEMENT**11.1 — Enduit bitumineux**

A) Granulométrie

Type 1

Granulométrie de la farine de pierre :

| Tamis | 1,25 m | 630 µm | 315 µm | 160 µm | 80 µm |
|-------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Passant (5) | 100 | 70-80 | 50-70 | 40-60 | 30-50 |

Type 2 et Type 1

Granulométrie du sable :

Calibres 5-80a et 2,5-80a.

B) Durabilité

BNQ-2560-450 «Granulats — Détermination de la résistance à la désagrégation par une solution de sulfate de magnésium» (5 cycles).

La perte à l'essai $MgSO_4$ est inférieure à 12 % pour l'intervalle de grosseur entre les tamis 1,25 mm et 315 µm.

11.2 — Coulis de scellement

A) Micro-granulat (filler minéral)

a) Ciment Portland

La norme qui s'applique : ASTM-C150 «Specification for Portland Cement».

b) Chaux hydratée

La norme qui s'applique : ASTM-C206 «Specification for Finishing Hydrated Lime».

c) Filler minéral

La norme qui s'applique : ASTM-D242 «Specification for Mineral Filler for Bituminous Paving Mixtures».

B) Granulat fin

Le granulat fin est constitué de sable et de criblure. Cette dernière provient de la pierre de carrière ou de laitier.

| <u>Caractéristiques</u> | <u>Valeur</u> | <u>Méthode d'essai⁽²⁾</u> |
|---|---------------|--------------------------------------|
| Indice de plasticité | 5 max. | BNQ-2501-090 BNQ-2501-092 |
| Durabilité — Essai au sulfate de magnésium 5 cycles — % de perte | 5 max. | BNQ-2560-450 |
| Équivalent de sable | 45 min. | ASTM-D2419-74 |
| Schiste argileux (%) | 10 max. | BNQ-2560-250 |

² BNQ-2501-090 «Sols — Détermination de la limite de liquidité à l'aide de l'appareil de Casagrande et de la limite de plasticité».

BNQ-2501-092 «Sols — Détermination de la limite de liquidité à l'aide du pénétromètre à cône suédois et de la limite de plasticité».

BNQ-2560-450 «Granulats — Détermination de la résistance à la désagrégation par une solution de sulfate de magnésium» (5 cycles).

ASTM-D2419-74 «Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate».

BNQ-2560-250 «Granulats — Détermination de la teneur en mottes d'argile et particules friables».

C) Granulométrie

Pour une épaisseur de 3 à 6 mm, la granulométrie du mélange des granulats est :

| <u>Tamis</u> | <u>% passant</u> |
|--------------|------------------|
| 5 mm | 100 |
| 2,5 mm | 72-96 |
| 1,25 mm | 50-78 |
| 630 µm | 30-55 |
| 315 µm | 18-38 |
| 160 µm | 10-25 |
| 80 µm | 5-15 |

12 — GRANULATS POUR ABRASIFS

12.1 — Définition

L'abrasif est un matériau ayant un effet antidérapant sur la chaussée. Il est dur, anguleux et exempt de fines particules et d'argile. Dans l'ordre d'efficacité, les abrasifs les plus recommandés sont : la pierre concassée, le sable et le gravier.

12.2 — Granulométrie

| <u>Tamis</u> | <u>Pierre concassée</u> <u>% passant</u> | <u>Sable tamisé</u> <u>% passant</u> | <u>Sable lavé</u> <u>% passant</u> |
|--------------|---|---|---------------------------------------|
| 10 mm | 100 | 100 | 100 |
| 5 mm | 95 min. | 95 min. | 95 min. |
| 2,5 mm | 7 max. | | 65 max. |
| 1,25 mm | | 70 max. | 40 max. |
| 630 µm | 1 max. | 50 max. | 20 max. |
| 315 µm | | 35 max. | 5 max. |
| 160 µm | | 15 max. | 0 |
| 80 µm | | 5 max. | |

12.3 — Durabilité

La norme suivante s'applique : BNQ-2560-450 «Granulats — Détermination de la résistance à la désagrégation par une solution de sulfate de magnésium» (5 cycles); la perte à l'essai $MgSO_4$ est inférieure à 15 %.

13 — MISE EN RÉSERVE

A) Généralités

Les matériaux provenant du concassage utilisés dans la sous-fondation et dans les fondations inférieures ou supérieures doivent être mis immédiatement en réserve après le concassage quant ils correspondent aux calibres (tableau 1) qui, au tamis 5 mm, ont un tamisat ou une retenue plus grande que 20 %.

B) Mode de mise en réserve

Les dépôts sont faits sur des emplacements qui ont été nivelés, drainés et nettoyés de toute matière contaminante.

Dans chaque couche, les matériaux sont déposés tas contre tas dont la hauteur n'excède pas 2 m. Ces tas sont nivelés pour former une couche n'excédant pas 1,20 m de hauteur.

La périphérie de chaque couche est 1 m à l'intérieur de la périphérie de la couche sous-jacente.

Toute couche qui n'est pas conforme aux exigences granulométriques doit être corrigée avant le dépôt de la couche suivante.

Les matériaux de calibre différent doivent être déposés de façon à éviter le mélange des calibres.

C) Utilisation des réserves

Les matériaux dont le module de finesse s'écarte de plus de 0,25 sont rejetés.

D) Granulats destinés aux revêtements bitumineux

Le granulats est fractionné de façon à obtenir un dépôt de granulats fin et un dépôt de gros granulats.

Quand le mélange est fait dans une partie centrale du type tambour-malaxeur-sécheur, le granulats doit avoir été fractionné et stocké en au moins trois dépôts de calibre différent, sauf s'il s'agit de mélange de types MB4, MB5, MB6 et MB7.

E) Granulats bitumineux

Les granulats récupérés de vieux revêtements obtenus par planage ou par concassage doivent être déposés sur une surface granulaire et parfaitement propre. Les matériaux de provenance significativement différente doivent être entreposés dans des réserves séparées. Il faut donner des pentes aux surfaces pour que l'eau s'égoutte dès qu'une croûte s'y forme. La machinerie ne doit pas circuler sur la réserve afin d'éviter une prise en masse. La grosseur maximale des granulats est de 25 mm.

TABLEAU 3 : CLASSIFICATION DES GRANULATS

| CALIBRE | TAMIS en mm | | | | | | | | | | | TAMIS en µm | | | |
|--|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------------|--------|--------|--------|
| | 112 | 80 | 56 | 40 | 28 | 20 | 14 | 10 | 5 | 2,5 | 1,25 | 630 | 315 | 160 | 80 |
| Gros granulat | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80-40 | 100 | 90-100 | 25-60 | 0-15 | | 0-5 | | | | | | | | | |
| 40-20 | | | 100 | 90-100 | 25-60 | 0-15 | | 0-5 | | | | | | | |
| 28-5 | | | | 100 | 95-100 | | 30-65 | | 0-10 | 0-5 | | | | | |
| 20-5 | | | | | 100 | 90-100 | | 25-60 | 0-10 | 0-5 | | | | | |
| 14-5 | | | | | | 100 | 90-100 | 45-75 | 0-15 | 0-5 | | | | | |
| 10-2,5 | | | | | | | 100 | 85-100 | 10-30 | 0-10 | 0-15 | | | | |
| Mélange : gros+fin | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56-0 | | 100 | 82-100 | | 50-80 | | | | 25-50 | | 11-30 | | 4,18 | | 2,8 |
| 20-0b | | | | | 100 | 90-100 | 68-93 | | 35-60 | | 19-38 | | 9-17 | | 5,11 |
| 20-0 | | | | | 100 | 90-100 | 68-93 | | 35-60 | | 19-38 | | 9-17 | | 2-8 |
| Granulat fin : bétons de ciment et bitumineux | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5-80a | | | | | | | | 100 | 95-100 | 80-100 | 50-85 | 25-60 | 10-30 | 2-10 | 0-3 |
| 2,5-80a | | | | | | | | | 100 | 80-100 | 50-85 | 25-60 | 5-30 | 0-10 | 0-3 |
| 0,3-0 | | | | | | | | | | | | 100 | 95-100 | 90-100 | 70-100 |

TABEAU 4 : PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DES GRANULATS INFRASTRUCTURE, SOUS-FONDATION ET FONDATIONS

Au moins 95 % des résultats des essais effectués par un ou des laboratoires répondent aux spécifications suivantes :

| ESSAIS | | CLASSE A et C | FONDATIONS | |
|------------------------------|--------|------------------|------------|------------|
| | | | inférieure | supérieure |
| Nombre pétrographique | max. | 400 | 300 | 200 |
| Durabilité MgSO ₄ | % max. | 35 | 25 | 20 |
| Los Angeles | % max. | 50 | 50 | 50 |
| Micro-Deval | % max. | 45 | 36 | 33 |
| Fragmentation | % min. | | 50 | 50 |
| Matières organiques | % max. | 0,8 | 0,8 | 0,8 |

Nombre pétrographique : BNQ-2560-900 «Détermination du nombre pétrographique du gros granulat»; le maximum est de 175 au lieu de 200 dans le cas d'une couche de roulement non pavée.

Durabilité : BNQ-2560-450 «Granulats — Détermination de la résistance à la désagrégation par une solution de sulfate de magnésium» (5 cycles); les pertes spécifiées s'appliquent respectivement pour le gros granulat et le granulat fin.

Los Angeles : BNQ-2560-400 «Granulats — Détermination de la résistance à l'abrasion à l'aide de l'appareil Los Angeles»; le maximum est de 32 au lieu de 50 dans le cas d'une pierre concassée de carrières de calcaire.

Micro-Deval : BNQ-2560-070 «Granulats — Détermination du coefficient d'usure par attrition à l'aide de l'appareil Micro-Deval»; le maximum est de 30 au lieu de 33 dans le cas d'une couche de roulement non pavée.

Fragmentation : Le pourcentage indiqué est le pourcentage en masse de particules fragmentées ayant au moins une face fracturée par concassage et retenues sur le tamis 5 mm.

Matières organiques : La norme d'essai se réfère à l'ouvrage «Technologie des granulats», page 329, éd. 1983 (Aitcin, Jolicoeur et Mercier).

Normes : Les normes d'essai BNQ-2560-900 et BNQ-2560-450 sont remplacées par la normes BNQ-2560-070 pour les granulats provenant de carrières de calcaire.

TABEAU 5 : PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DES GROS GRANULATS POUR BÉTON DE CIMENT ET BÉTON BITUMINEUX

Au moins 95 % des résultats des essais effectués par un ou des laboratoires doivent répondre aux spécifications suivantes :

| ESSAIS | | CLASSES | | | | | |
|---------------------------------------|--------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1A | 1B | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Nombre pétrographique | max. | 120 | 120 | 135 | 150 | 180 | 250 |
| Durabilité MgSO ₄ | % max. | 5 | 5 | 12 | 15 | 18 | 25 |
| Los Angeles | % max. | 30 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Micro-Deval | % max. | 11 | 16 | 23 | 26 | 30 | 36 |
| Particules plates | % max. | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 |
| Particules allongées | % max. | 40 | 40 | 45 | 50 | 50 | 50 |
| Fragmentation | % min. | 75 | 75 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Particules passant 80µm | % max. | | | | | | |
| Gravier | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Pierre concassée | | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Couche de surface, traitement au bit. | | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Résidu insoluble | % min. | 10 | 10 | | | | |

Nombre pétrographique : BNQ-2560-900.

Durabilité : BNQ-2560-450.

Los Angeles : BNQ-2560-400; le maximum est de 32 au lieu de 50 pour une pierre concassée de carrières de calcaire.

Micro-Deval : BNQ-2560-070; le maximum est de 16 au lieu de 11 si le Los Angeles est inférieur à 19.

Particules plates et allongées : BNQ-2560-265 «Granulats — Détermination du pourcentage de particules plates et de particules allongées»; pour les traitements de surface au bitume, le maximum est de 35 pour les particules plates.

Fragmentation : Le pourcentage indiqué est le pourcentage en masse de particules fragmentées ayant au moins une face fracturée par concassage et retenues sur le tamis 5 mm.

Particules passant 80 µm : BMQ-2560-350 «Granulats — Détermination par lavage de la quantité de particules passant au tamis de 80 µm».

Gravier : Béton de ciment et couche de base d'un traitement au bitume.

Pierre concassée : Béton de ciment, béton bitumineux et couche de base d'un traitement au bitume.

Résidu insoluble : Ministère des Communications et ministère des Transports de l'Ontario (LS613).

Normes : Les normes d'essai BNQ-2560-900 et BNQ-2560-450 sont remplacées par la norme BNQ-2560-070 pour les granulats provenant de carrières de calcaire.