



Guide pour l'entretien des routes non revêtues

Une méthode de sélection
des abat-poussière et stabilisants



Ressources naturelles
Canada



Projet CARRLo

Guide pour l'entretien des routes non revêtues

Une méthode de sélection des abat-poussière et stabilisants

Luc Beaulieu, B. ing., M. Sc.

Pascale Pierre, ing., Ph.D.

Sylvain Juneau, ing., M. Sc.

Université Laval

Glen Légère, ing.f., M.Ing.

FPIInnovations

Octobre 2011



I. Introduction

I.1 Mise en contexte

Les routes locales, les chemins principaux et les routes d'accès aux ressources constituent une proportion importante du réseau routier canadien. Au Québec, par exemple, cela représente plus de 150 000 kilomètres de routes soit environ 90 % de tous les réseaux provincial, municipaux et privés. À cause entre autres de l'achalandage réduit et de l'éloignement de la plupart de ces routes, le pavage de ces dernières est une tâche ardue et dispendieuse qui est très peu réaliste. Dans ce contexte, les routes recouvertes de matériaux granulaires apparaissent comme la meilleure solution.



1.2 Problématique

Devant la place sans cesse grandissante qu'occupent la sécurité et la productivité dans les transports, le contrôle de la stabilisation des routes non pavées et de la poussière engendrée par la circulation est devenu nécessaire. En effet, la poussière engendre de nombreux problèmes comme des risques pour la sécurité (réduction de la visibilité), un risque pour la santé (inhalation de particules de toutes sortes) et la perte de matériaux entraînant inévitablement des coûts supplémentaires de rechargement.

1.3 Objectifs

Le projet de recherche CARRLo (Chemins d'Accès aux Ressources et Routes LOcales), a pour but de trouver des solutions adaptées et économiques afin de concevoir, réhabiliter et entretenir des surfaces de roulement performantes, sécuritaires et durables dans un contexte canadien. L'objectif final consiste à être en mesure de proposer des familles de produits stabilisants et d'abat-poussière dans une situation précise et en fonction d'objectifs déterminés. De plus, il importe que les produits utilisés soient sans risque pour l'environnement.

Le guide se veut donc un outil qui aide un gestionnaire de réseau routier non revêtu à choisir un abat-poussière ou un produit stabilisant performant et un taux de pose optimal en tenant compte de la minéralogie, de la granulométrie, des conditions d'utilisation, du climat et du coût du produit.

1.4 Généralités sur le guide

Le guide est destiné aux gestionnaires de différents réseaux routiers qui désirent traiter une route non revêtue à l'aide de produits abat-poussière ou stabilisants. Il permet de faire un choix de produits à un taux de pose optimal qui prend en compte les caractéristiques de la route à traiter.

Avant d'utiliser le guide, le gestionnaire d'un réseau routier doit minimalement connaître la minéralogie et la granulométrie de la route du réseau routier ou de la section de route à traiter, ainsi que le type de véhicule y circulant. La figure 1 montre un diagramme d'aide à la décision permettant de faire un choix de produit et de taux de pose en fonction de différents critères qui caractérisent le réseau routier. Le diagramme questionne le gestionnaire sur certaines caractéristiques de la route à traiter dans le but de lui proposer une ou plusieurs solutions efficaces.

Dans le cadre du projet de recherche CARRLo, entre 2005 et 2010, plusieurs essais de laboratoire et sur le terrain ont été réalisés. Un programme expérimental complet en laboratoire a été réalisé à l'Université Laval. Dans un premier temps, l'influence des différents produits stabilisants et abat-poussière sur les propriétés mécaniques de divers matériaux a été étudié dans le cadre d'une maîtrise (Pelletier (2007)). Une deuxième maîtrise a été effectuée afin de compléter le programme expérimental ce qui a permis d'étudier l'influence de la granulométrie et de la minéralogie sur le comportement d'un matériau granulaire stabilisé ou traité à l'aide d'abat-poussière (Beaulieu (2011)). Finalement, des sections de routes en contexte réel ont été réalisées en collaboration avec FPIInnovations (Pierre et coll. (2007) et Poulin (2010)) dans le but de valider les résultats obtenus en laboratoire.

Les différents résultats découlant des essais de laboratoire et de terrain ont fait l'objet de plusieurs publications et présentations (Beaulieu et coll. (2011, 2010a, 2010b, 2010c, 2009 et 2008), Pierre et coll. (2009a, 2009b, 2009c, 2008a, 2008b, 2007a et 2007b), Poulin et coll. (2010 et 2008)).

Les différentes solutions présentées dans ce guide découlent d'une étude approfondie du programme expérimental complet en laboratoire et des différents essais de terrain réalisés dans le cadre du projet de recherche CARRLo.

2. Revue des différentes familles de produits abat-poussière et stabilisants

Avant de faire un choix de produit abat-poussière ou stabilisant, il est important de connaître les différentes familles de produit qui existent. Cette section présente une brève revue des connaissances des différentes familles.

Il existe plusieurs familles de produits abat-poussière et stabilisants. Il y a les sels et produits hygroscopiques, les polymères, les produits organiques, les produits synthétiques, les produits dérivés du pétrole, les produits électrochimiques, les enzymes et les produits cimentaires. Chaque famille est traitée séparément afin de connaître son mode d'interaction, les avantages, les inconvénients et les limitations de son utilisation.



2.1 Les sels et produits hygroscopiques

Premièrement, les sels et produits hygroscopiques agissent principalement comme abat-poussière même s'ils jouent parfois un rôle de stabilisants. Selon Tingle et coll. (2007), les sels ont le potentiel d'effectuer des échanges cationiques ce qui a pour conséquence de réduire l'espace entre les particules se traduisant donc par une floculation. De plus, la recristallisation des sels crée des liens physiques entre les particules ce qui augmente la densité des matériaux stabilisés. De plus, en absorbant l'humidité de l'air ambiant, ce type de produit forme une pellicule d'eau qui améliore la tension de surface et favorise les liens entre les particules fines. Zilionieva et coll. (2007) corroborent cette idée en affirmant que le pourcentage de particules fines, ayant grande influence sur la surface spécifique, doit donc être pris en compte dans le calcul de la quantité de produit qui doit être ajouté à un matériau afin de réduire la poussière. Ce type de produit est bien connu et son action a été démontrée à plusieurs reprises.

Par exemple, selon Monlux et coll. (2007), le traitement au chlorure de calcium et au chlorure de magnésium (produits hygroscopiques) est efficace et permet de réduire jusqu'à huit fois les coûts d'entretien. De plus, la concentration en produit dépend majoritairement de la quantité d'eau présente dans le sol et du climat. En effet, plus le milieu est humide, plus la quantité de produit doit être importante.

D'autres conclusions ont pu être tirées de l'étude de cette famille de produits suite aux travaux de Bolander et coll. (1999). En effet, ces derniers spécifient qu'il doit y avoir un pourcentage d'humidité minimum dans l'air afin que les produits hygroscopiques puissent absorber l'humidité et être, par le fait même, efficaces. De plus, le chlorure de calcium est plus efficace que le chlorure de magnésium dans des conditions d'humidité élevées et moins efficace lors de longues périodes de sécheresse. Ce produit peut également provoquer une corrosion accélérée de certains métaux et être lessivé en présence d'importante quantité d'eau. Enfin, les impacts environnementaux de ces produits ne sont pas encore tellement bien identifiés.

Finalement, les produits hygroscopiques et les sels peuvent aider au compactage et augmenter la densité de la surface principalement à cause du maintien d'une bonne teneur en eau.

En conclusion, les produits hygroscopiques, principalement le chlorure de calcium, sont très utilisés et leur efficacité en tant qu'abat-poussière n'est plus à démontrer. Cette famille de produits peut même parfois servir de référence afin de statuer sur l'efficacité d'abat-poussière non traditionnels qui n'ont pratiquement jamais été testés sur les routes et très peu étudiés. De plus, pour un climat humide comme celui du Québec, les produits hygroscopiques semblent appropriés. Cependant, leur impact environnemental a été peu étudié.

2.2 Les polymères

Selon Tingle et coll. (2007), les polymères, qui peuvent être utilisés à la fois comme abat-poussière et comme agent stabilisant, lient les particules ensemble par des liens physiques très forts. Des composants polaires de certains polymères peuvent s'adsorber fortement aux particules du matériau et des échanges d'ions peuvent même se produire entre le polymère et le matériau. Selon Rushing et coll. (2007), les émulsions polymères donnent une excellente réduction de la poussière dans les 30 premiers jours, mais l'efficacité diminue après 80 jours et diminue davantage après 220 jours. Ce produit crée des liens avec le matériau mais ces liens sont brisés par le trafic lourd. Une fois les liens brisés, il est impossible de les former de nouveau. La seule solution est d'ajouter une quantité supplémentaire d'émulsion polymère. Par contre, Pierre et coll. (2007), suite à l'étude de deux types de polymères, soutiennent que ces derniers augmentent la capacité portante d'une section de route, et ce, même après des opérations de nivelage. Il peut donc être déduit de cette étude que la stabilisation permet aux matériaux granulaires d'augmenter leur résistance mécanique. Pour sa part, Visser (2007) affirme que les polymères n'augmentent pas vraiment la rigidité des

surfaces, mais qu'ils agissent surtout comme scellants à la surface ce qui permet une réduction de la perméabilité, de la sensibilité à l'humidité et de l'abrasion dues à la circulation.

De plus, Bolander et coll. (1999) affirment que le maintien d'une surface suffisamment rigide, qui permet l'atténuation des poussières, est difficile lors de l'utilisation de polymères. Il soutient également que les impacts environnementaux des polymères sont pratiquement nuls.

En résumé, les polymères peuvent s'avérer efficaces dans certaines conditions, mais les études ne convergent pas toutes vers la même conclusion en ce qui a trait aux effets et aux limitations de ce produit utilisé sur la route. Il reste donc à vérifier s'ils sont adaptés au trafic des routes canadiennes d'accès aux ressources, en particulier les routes forestières, qui sont caractérisées entre autres par une circulation de camions lourds.

2.3 Les produits organiques

Les produits organiques, majoritairement utilisés comme abat-poussière, agissent principalement comme liants assurant l'agrégation des particules superficielles par le biais de faibles liens physiques entre les particules. Parmi ces produits, on retrouve entre autres les lignosulfonates et les résines à base de résidus ligneux. Ces derniers recouvrent les particules du matériau à l'aide d'un film (mince couche) qui permet de retenir les particules ensemble. Selon Zilionieva et coll. (2007), les lignosulfonates permettent de réduire la poussière de 70 à 80 %. Toutefois, il ajoute que lors de périodes de sécheresse, l'humidité des sols diminue, ce qui influence la quantité de poussière produite. Zilionieva et coll. (2007) affirment même que le nombre de jours de sécheresse est le principal paramètre influençant la quantité de poussière produite par la circulation d'un véhicule. De plus, après 7 jours sans pluie, l'impact des produits lignosulfonates sur

l'humidité du sol devient négligeable. L'utilisation de ces derniers n'est pas recommandée lorsqu'on est en présence d'un pourcentage de particules fines en deçà de 8 %. Les données sur les résines à base de résidus ligneux sont plus restreintes; toutefois, leur efficacité et mode d'utilisation s'apparentent à celui des lignosulfonates. Finalement, les lignosulfonates permettent d'augmenter la rigidité de surface et offrent une meilleure performance s'ils sont mélangés au matériau.

Bolander et coll. (1999) ont étudié principalement les lignosulfonates, les huiles végétales et les dérivés du «tall oil», un sous-produit important de la mise en pâte de résineux comme le pin. Ils indiquent que, pour les lignosulfonates, il est difficile de conserver une surface de roulement rigide et une capacité portante élevée. De plus, les liens produits par ces derniers peuvent être détruits par des pluies intenses. Dans des conditions d'humidité élevée, les sols traités par des lignosulfonates peuvent devenir boueux tandis qu'ils peuvent devenir cassants dans des conditions sèches. Le principal impact écologique négatif est lié à la possibilité de voir la demande biologique en oxygène de l'eau augmenter lors d'importants lessivages. Pour leur part, les huiles végétales s'oxydent rapidement ce qui rend les sols traités fragiles et cassants. Les impacts sur l'environnement sont inconnus. Les dérivés du «tall oil» s'avèrent efficaces afin d'augmenter la rigidité d'un sol sous des conditions sèches. Toutefois, les liens créés par ce produit sont réduits et peuvent même être complètement détruits par l'exposition à long terme à d'importantes pluies. Les impacts de ce produit sur l'environnement sont également peu connus.

Il est à noter que très peu de recherche a été effectuée sur les produits à base de polysaccharides (un autre type de produit organique). Les résultats publiés montrent un lessivage important des produits en présence de quantités importantes d'eau (Rushing et coll. (2007)).

En conclusion, malgré la variabilité des résultats, les produits organiques, principalement les dérivés du «tall oil», semblent constituer une avenue intéressante en raison de la proximité de la ressource (le bois). En effet, ces produits pourraient entre autres permettre d'importantes économies de transport pour l'application d'abat-poussière sur des chemins forestiers aux alentours de scieries, d'usines à bois et d'usines de pâtes et papiers.

2.4 Les produits synthétiques

Pour leur part, les produits synthétiques favorisent l'agglomération des particules fines de surface en créant des liens physiques entre les particules. Ils agissent comme abat-poussière ou comme stabilisants. Ils permettent d'augmenter la rigidité de surface et peuvent être efficaces durant les saisons sèches. Ils offrent habituellement une meilleure performance lorsqu'ils sont mélangés au sol comparativement à lorsqu'ils sont appliqués seulement en surface. Selon Rushing et coll. (2007), l'arrangement granulaire du matériau de surface traité à l'aide de produits synthétiques demeure relativement constant à court terme ce qui permet d'obtenir des résultats intéressants. Par contre, après environ 80 jours, la route se détériore, l'arrangement granulaire du matériau de surface devient plus lâche et la poussière augmente rapidement.

En résumé, cette famille de produits n'a pas beaucoup été étudiée, mais elle semble toutefois prometteuse. Par contre, il serait pertinent de s'assurer si cette famille de produits est adaptée au trafic lourd.

2.5 Les produits dérivés du pétrole

Les produits dérivés du pétrole, utilisés à la fois comme abat-poussière et comme agent stabilisant, lient les matériaux superficiels par adhésion en formant une mince couche en surface. En effet, selon Tingle et coll. (2007),

les résines de pétrole créent des liens physiques entre les particules ce qui retient ces dernières au sol. Ce type de produit a été étudié à plusieurs reprises. En effet, selon Zilionieva et coll. (2007), dans le cas de sécheresse, l'efficacité des émulsions bitumineuses ne semble pas vraiment affectée, car ces dernières forment des agglomérations de particules. De plus, ce dernier affirme que comparativement au chlorure de calcium et aux lignosulfonates de calcium, l'émulsion bitumineuse est la méthode la plus efficace afin de réduire la poussière à long terme. Toutefois, ces produits doivent être soumis à des études approfondies afin d'assurer leurs respects des normes environnementales avant d'être utilisés sur les routes non revêtues.

Bennett et coll. (1994) ont étudié l'effet d'une «tall oil pitch emulsion» sur les routes forestières canadiennes. Lors de ses essais, ils ont remarqué qu'une quantité insuffisante de particules fines peut nuire aux propriétés d'adhésion des particules entre elles tandis qu'une quantité trop importante contribue à retenir trop d'humidité ce qui peut entraîner des problèmes lors du gel. Le traitement doit également être effectué pendant au moins cinq ans afin de réaliser des profits comparativement à l'entretien d'une route non traitée. Finalement, ce produit peut demeurer efficace durant de longues périodes de sécheresse. Toutefois, à cause de l'imperméabilité que confèrent l'utilisation de ce type de produits aux routes, la conception de ces dernières doit prévoir un drainage de surface important.

Bolander et coll. (1999) ajoutent que la résilience (capacité à absorber les contraintes) des matériaux granulaires traités par la famille des produits dérivés du pétrole peut être affectée dans des conditions sèches. Ces mêmes auteurs ajoutent que la présence d'une trop grande quantité de particules fines combinée à une concentration élevée en asphaltènes provoque l'apparition d'une croûte qui peut se briser lors de la présence de trafic ou de conditions humides. De plus, certains produits peuvent s'avérer toxiques. Dans cette optique, Bolander et coll. (1999) suggèrent une étude écologique approfondie lors de l'utilisation de cette famille de produits. Finalement, Marshall et coll. (1984) cités par Bergeron (1992) ont remarqué une perte de capacité portante pour les matériaux traités à l'aide de bitume.

En conclusion, les produits dérivés du pétrole ont été utilisés et leur efficacité démontrée. Il serait, toutefois, intéressant de vérifier si une perte éventuelle de capacité portante pour les matériaux granulaires traités à l'aide de produits dérivés du pétrole est seulement due à un problème de cure du produit. Dans cette optique, l'ajout d'une petite quantité d'agent stabilisant comme le ciment pourrait s'avérer une avenue intéressante dans le but de compenser la perte de portance pour la durée de la cure du bitume. Par ailleurs, les produits à base de pétrole sont à l'origine de controverses et des études approfondies doivent être réalisées afin de s'assurer du respect des normes environnementales.

2.6 Les produits électrochimiques

Les produits électrochimiques, utilisés comme abat-poussière ou comme agent stabilisant, réduisent la teneur en eau et augmentent la rigidité d'un sol. Il n'y a pas de liens physiques entre les particules du sol, l'efficacité du produit étant assurée par des réactions chimiques. Ce type de produit est efficace particulièrement en présence de sols argileux. En effet, selon Visser (2007), les huiles sulfonées sont très efficaces et augmentent la rigidité des sols contenant de l'argile (test CBR élevé). Autrement, les huiles sulfonées ne sont pratiquement pas efficaces. Tingle et coll. (2007) corroborent également cette idée en affirmant que la stabilisation à l'aide de réactions chimiques est généralement favorisée pour les sols argileux et vaseux tandis que la stabilisation à l'aide de liens physiques est recommandée pour les sols contenant principalement du gravier et du sable.

De plus, selon Bolander et coll. (1999), l'efficacité des produits électrochimiques dépend de la minéralogie. De plus, la durée d'efficacité de ce type de produits est parfois courte et un temps de conditionnement relativement long est parfois nécessaire afin de soutirer le maximum d'efficacité du produit. Les impacts environnementaux ne sont pas réellement connus et une analyse de chaque produit électrochimique est donc recommandée.

En conclusion, les réactions chimiques, qui sont à l'origine de l'efficacité des agents électrochimiques semblent très sélectives et le moindre changement des conditions environnantes provoque une diminution de l'efficacité de ces produits. Ceci se traduit par des résultats très variables (de très intéressants à médiocres). Les produits électrochimiques ne semblent donc pas adaptés à des conditions d'exposition variables. Il est donc important de s'assurer, avant leur application, que les conditions d'exposition demeureront constantes afin de garantir leur efficacité.

2.7 Les enzymes

Les informations sur les enzymes sont peu nombreuses, mais il semble que ces dernières fonctionnent essentiellement comme les produits électrochimiques et qu'elles peuvent donc jouer le rôle d'abat-poussière ou d'agent stabilisant. De plus, leur rôle est de catalyser certaines réactions chimiques qui sont utiles et efficaces pour la stabilisation d'une route ou la diminution de la quantité de poussière. Tingle et coll. (2007) vont en ce sens en affirmant que les enzymes ont pour fonction de catalyser des réactions chimiques très spécifiques.

Comme les enzymes sont très sensibles aux changements de conditions environnantes et que donc leur étendue d'utilisation est très restreinte, elles peuvent présenter des performances variables (de élevées à médiocres).

2.8 Les produits cimentaires

Pierre et coll. (2007a, 2008b) et Henry et coll. (2005) affirment que le ciment, produit de stabilisation traditionnel, permet d'accentuer les propriétés mécaniques d'un matériau granulaire de façon importante (essai CBR et compression non confinée). Pierre et coll. (2007a, 2008b) ajoutent par contre qu'il n'a pas un effet bénéfique aussi prononcé sur le module réversible, c'est-à-dire que le ciment ne permet pas d'améliorer de manière considérable le module réversible d'un matériau granulaire.

En résumé, le ciment semble être un produit stabilisant très efficace. Cependant, son coût élevé et le fait qu'il doive être mélangé au matériau et tenu à l'écart de l'humidité avant son application limite son utilisation. Il s'avère surtout utile, efficace et rentable lors de problèmes de détériorations extrêmes de la route.

2.9 Autres considérations

Chaque famille de produits semble efficace pour certaines conditions. Par contre, comme le mentionnent Surdahl et coll. (2007), les essais sont souvent effectués à un seul endroit et les résultats sont sujets à certains changements selon le type de matériau en place. Mokwa et coll. (2007) font la même constatation. Ces derniers ont étudié différentes propriétés physiques en fonction de la granulométrie de différents matériaux : deux matériaux plus grossiers utilisés davantage pour les fondations et un troisième plus fin qui s'apparente à un matériau de surface. De cette étude, il ressort que les matériaux plus grossiers sont les plus rigides et résistants. L'étude montre également que la perméabilité semble dépendre davantage de la fraction de vides des particules fines que du type de matériau ou qu'à la grosseur maximale des particules. En considérant qu'il y a suffisamment de particules fines afin de remplir les interstices créés par les particules plus grossières, la perméabilité est donc favorisée par un matériau de surface comportant davantage de particules de plus petit diamètre.

Aussi, selon Surdahl et coll. (2007), le prix des produits diffère beaucoup selon leur nature et l'endroit où ils doivent être livrés. De plus, chaque produit doit être appliqué de nouveau à des intervalles de temps différents. Il est donc recommandé avant de procéder à un choix de produit de bien vérifier le type de matériau, le climat, le type et la quantité de véhicules circulant, l'environnement, le budget et les objectifs ciblés.

3. Utilisation du guide

L'utilisation du guide est simple. Il s'agit de suivre les étapes du diagramme d'aide à la décision présenté à la figure 1. Chacune des cinq étapes du diagramme d'aide à la décision présenté ci-dessous mène au choix d'un produit abat-poussière ou stabilisant et de son taux de pose. Chaque étape est décrite brièvement dans les paragraphes suivants puis reprise une par une plus en détails avec les figures et tableaux s'y rapportant.

La performance des différents produits abat-poussière et stabilisants en fonction du trafic, de la minéralogie, de la granulométrie et du climat, ainsi que de l'information sur les impacts environnementaux, l'applicabilité et le coût sont présentés sous forme de tableau résumé à l'Annexe A.



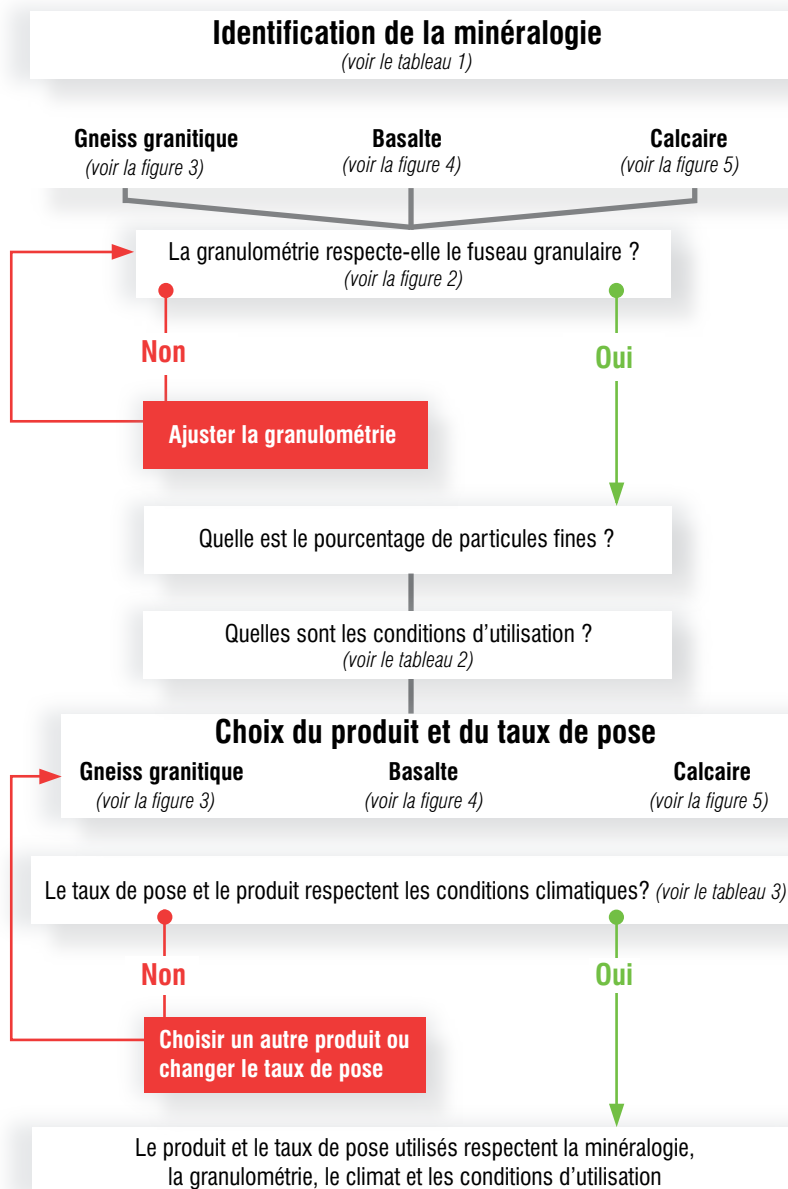


Figure 1. Diagramme d'aide à la décision.

Étape 1

La minéralogie du matériau granulaire doit être déterminée à l'aide du tableau 1. Le matériau granulaire doit être composé de gneiss granitique (source métamorphique), de basalte (source volcanique) ou de calcaire (source sédimentaire). Il s'agit des trois minéralogies qui ont été étudiées pour la réalisation de ce guide. L'Annexe B présente les résultats de caractérisation géotechnique de ces matériaux granulaires.

Étape 2

Il est recommandé que la granulométrie du matériau granulaire soit comprise à l'intérieur du fuseau granulaire suggéré à la figure 2. Le pourcentage de particules fines du matériau granulaire doit aussi être déterminé.

Étape 3

Les conditions d'utilisation du produit abat-poussière ou stabilisant devront être définies à l'aide du tableau 2. Plus précisément, le type de véhicules qui circulent sur la route ainsi que le profil de cette dernière devront être définis.

Étape 4

À l'aide des figures 3 à 5, un type de produit abat-poussière ou stabilisant ainsi que son taux de pose devront être choisis. Il se peut que l'utilisateur du guide ait un choix à faire entre plusieurs produits et taux de pose différents. Cependant, les produits et taux de pose proposés ont des performances très semblables.

Étape 5

Le produit et le taux de pose choisis doivent respecter le climat dans lequel le produit sera utilisé. Pour ce faire, l'utilisateur doit vérifier à l'aide du tableau 3 si le produit et le taux de pose choisis sont recommandés pour le climat en question. Il est à noter que seuls les produits hygroscopiques sont significativement influencés par le «climat», tel qu'il est décrit dans ce guide.

4. Choix d'un produit et d'un taux de pose

Étape I

La première étape consiste à déterminer la minéralogie du matériau granulaire en question. Le tableau I montre des photographies des différentes sources minéralogiques dans différents états. Les caractéristiques des sources minéralogiques en question sont également énumérées afin de faciliter l'identification.

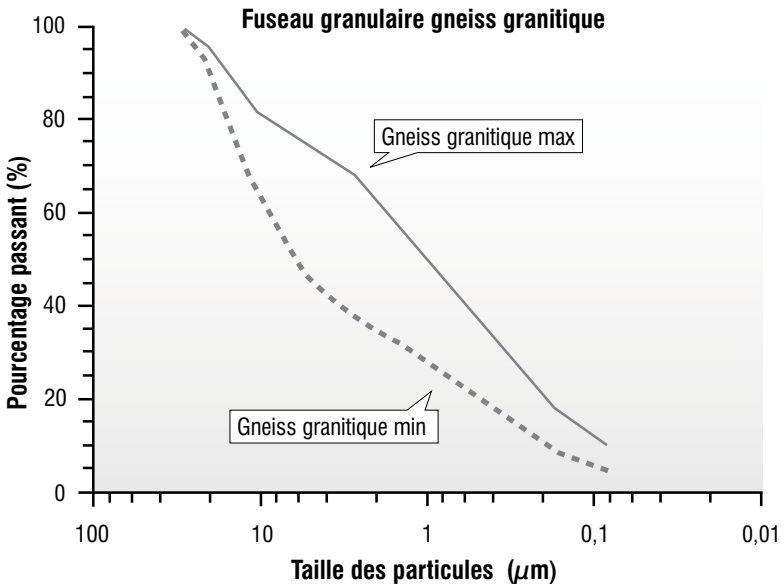


Tableau 1. Identification de la minéralogie

État de l'échantillon	Gneiss granitique	Basalte	Calcaire
Non-lavé et sec			
Lavé et sec			
Concassé lavé et sec			
Commentaires sur les minéralogies	Principalement lorsqu'il est lavé, la présence de teintes beiges et rosées peut être perceptible. De plus, comparativement au basalte et au calcaire, la surface des granulats peut contenir des points brillants.	Surface mate. Teinte de mauve, principalement lorsqu'il est mouillé.	Surface mate. Peut se défaire en couche, présence de strates. Gris.

Étape 2

La deuxième étape consiste à vérifier si la granulométrie du matériau granulaire respecte le fuseau granulaire recommandé pour chacune des minéralogies. Pour des performances adéquates, la courbe granulométrique du matériau granulaire doit se trouver à l'intérieur du fuseau granulaire présenté à la figure 2 pour la minéralogie en question, soit le gneiss granitique, le basalte ou le calcaire. Pour ce faire, une analyse granulométrique doit être effectuée. À cette étape, le pourcentage de particules fines (particules ayant un diamètre $< 80\mu\text{m}$) doit également être déterminé. Par ailleurs, il est préférable que les fines aient une composante argileuse (plastique) afin d'augmenter davantage la cohésion du matériau. Il est reconnu que l'ajout de fines plastiques ayant un indice de plasticité (I_p) entre 4 et 15 augmente la performance du matériau (AASHTO (2001), Giummarra (1993) et Tyrrell, (2000)).



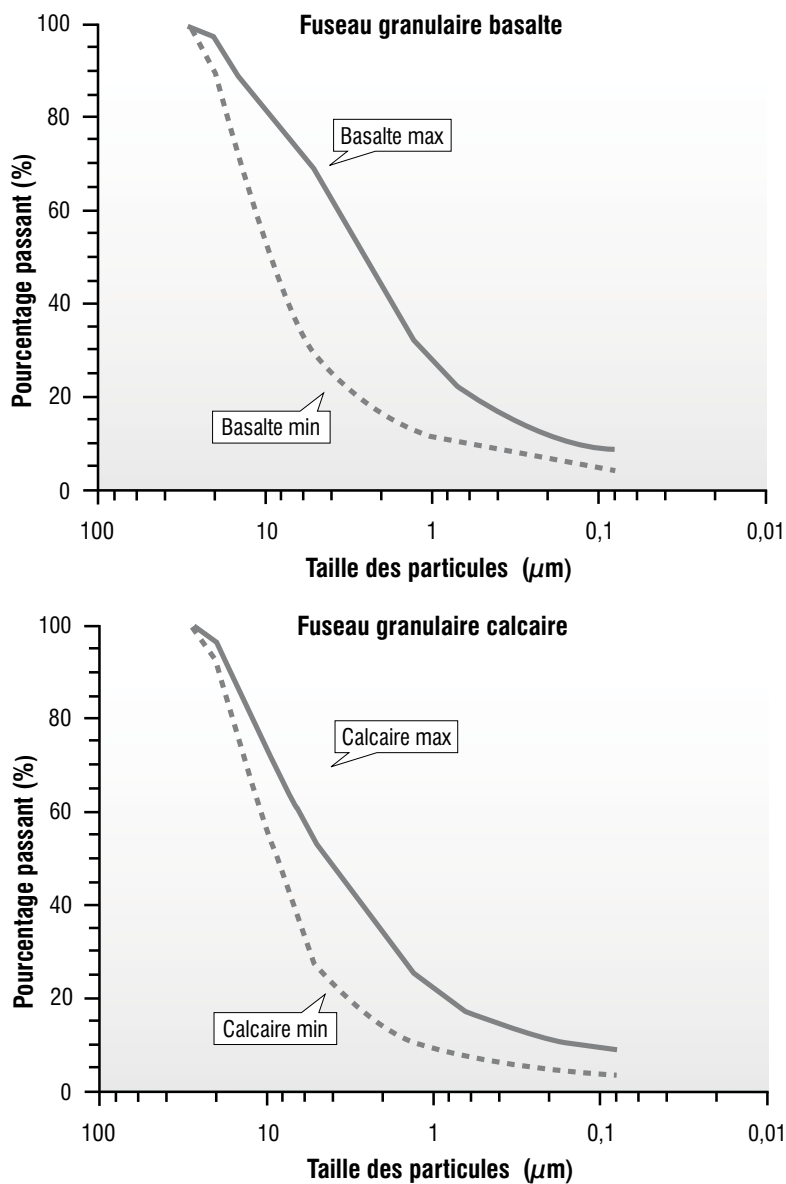


Figure 2 : Fuseau granulaire optimal recommandé pour le gneiss granitique, le basalte et le calcaire.

Étape 3

À cette étape, les conditions d'utilisation du produit abat-poussière ou stabilisant doivent être déterminées. Il s'agit de définir quel est le type de trafic et quelles sont les caractéristiques de la route ou de la section de route à traiter. Un choix doit être fait parmi quatre possibilités : *lourd et critique*, *léger et critique*, *lourd et normal* et *léger et normal*. Le tableau 2 présente une définition de chacune de ces quatre conditions d'utilisation.

Tableau 2. Définitions des conditions d'utilisation des produits abat-poussière ou stabilisants

Conditions d'utilisation	Définition
Lourd et critique	Cette condition d'utilisation est caractérisée par un trafic composé de véhicules lourds (semi-remorque et hors norme) et par un profil critique de la section à traiter (dénivellation importante, zone d'accélération et de freinage importants, courbe prononcée, approche de pont).
Léger et critique	Cette condition d'utilisation est caractérisée par un trafic composé de véhicules légers (camions, voitures et véhicules de promenade) et par un profil critique de la section à traiter (dénivellation importante, zone d'accélération et/ou de freinage important, courbe prononcée, approche de pont).
Lourd et normal	Cette condition d'utilisation est caractérisée par un trafic composé de véhicules lourds (semi-remorque et hors norme) et par profil standard de la section à traiter (route relativement droite sans dénivellation importante, ni zone de freinage ou d'accélération importante, ni courbe prononcée, ni approche de pont).
Léger et normal	Cette condition d'utilisation est caractérisée par un trafic composé de véhicules légers (camions, voitures et véhicules de promenade) et par un profil standard de la section à traiter (route relativement droite sans dénivellation importante, ni zone de freinage ou d'accélération importante, ni courbe prononcée, ni approche de pont).

Étape 4

À l'aide du pourcentage de particules fines déterminé à l'étape 2 et des conditions d'utilisation du produit déterminées à l'étape 3, cette étape permet de choisir le produit abat-poussière ou stabilisant et son taux de pose à l'aide de la figure 3, 4 ou 5 selon la minéralogie du matériau granulaire déterminée à l'étape 1. Il est à noter que pour les conditions d'utilisation *lourd et normal* et *léger et normal* seuls des produits abat-poussière sont recommandés, que pour la condition d'utilisation *lourd et critique*, seuls des produits stabilisants sont recommandés alors que pour la condition *léger et critique*, à la fois des produits abat-poussière et stabilisants sont recommandés.

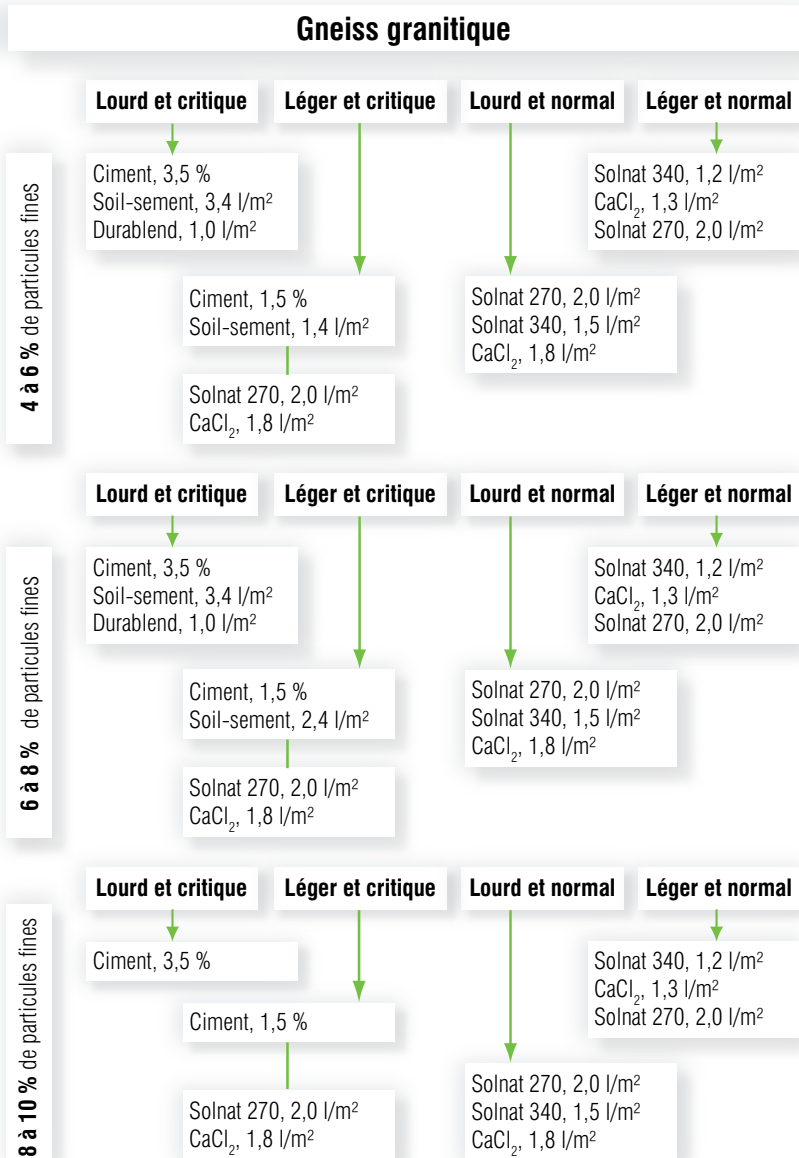


Figure 3. Choix du produit abat-poussière ou stabilisant pour le gneiss granitique.

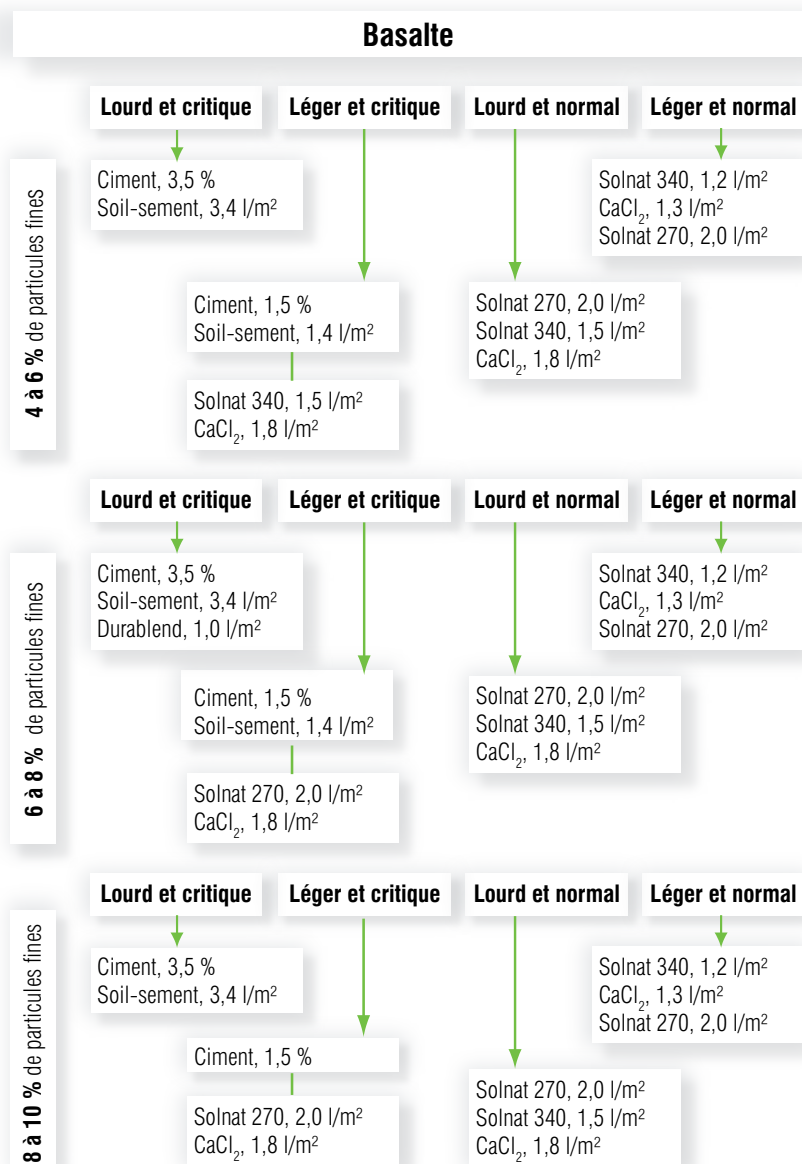


Figure 4. Choix du produit abat-poussière ou stabilisant pour le basalte.

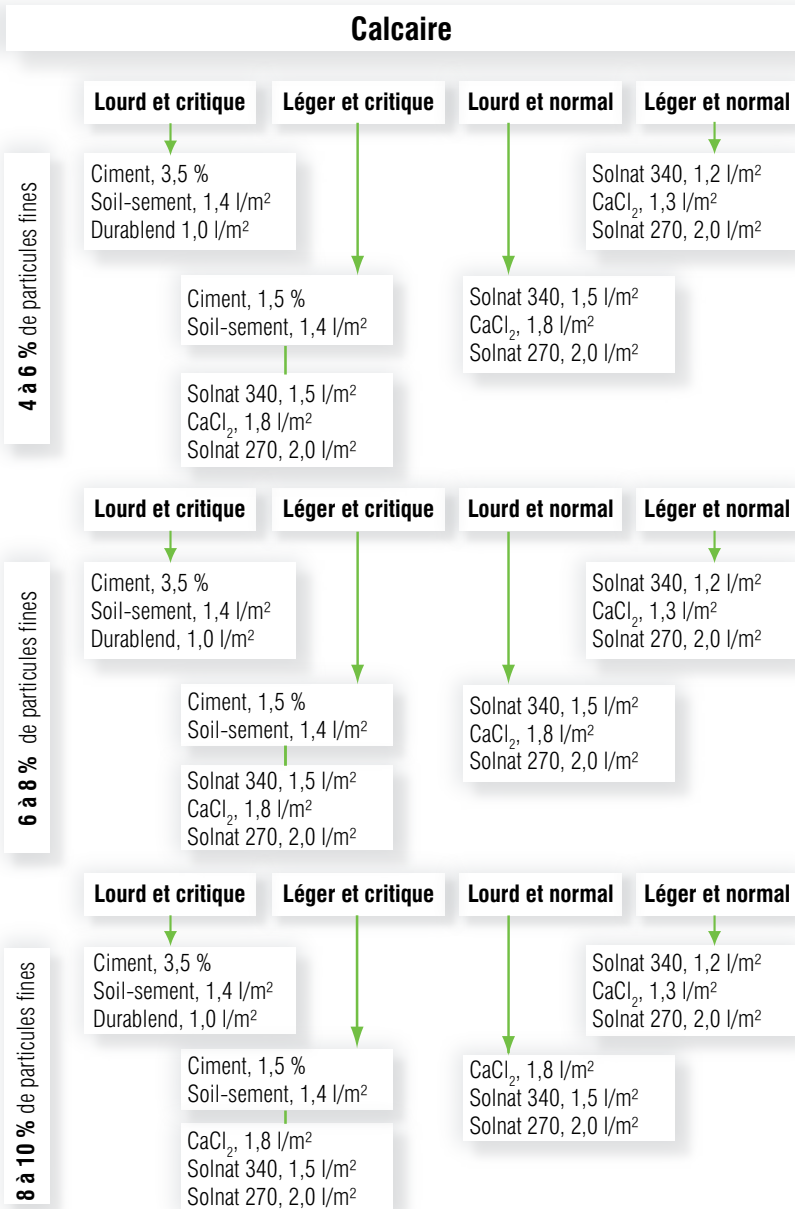


Figure 5. Choix du produit abat-poussière ou stabilisant pour le calcaire.

Étape 5

Cette dernière étape a pour but de vérifier si le produit abat-poussière ou stabilisant et le taux de pose choisis respectent les conditions climatiques. Pour ce faire, deux types de climat sont proposés : climat sec et climat humide. Les types de climat sont définis en fonction des précipitations du mois de juin au mois d'octobre. Le tableau 3 présente les taux de pose recommandés en fonction du climat pour les différents produits abat-poussière et stabilisants.

- ▶ Climat sec : Défini par moins de 500 mm de pluie pour les mois de juin à octobre inclusivement (moyenne de moins de 100 mm de pluie par mois).
- ▶ Climat humide : Défini par plus de 500 mm de pluie pour les mois de juin à octobre inclusivement (moyenne de plus de 100 mm de pluie par mois).



Tableau 3. Taux de pose recommandé pour chacun des produits en fonction du climat

		Climat	
		Humide	Sec
Produits hygroscopiques	<i>Chlorure de calcium</i>	Entre 1,3 et 1,8 l/m ²	Entre 1,3 et 2,3 l/m ²
	<i>Solnat 270</i>	1,5 l/m ²	1,8 l/m ²
	<i>Solnat 340</i>	Entre 1,2 et 1,5 l/m ²	Entre 1,2 et 1,8 l/m ²
	<i>Durablend</i>	1 l/m ²	1 l/m ²
Émulsion polymère	<i>Soil-Sement</i>	Entre 1,4 et 3,4 l/m ²	Entre 1,4 et 3,4 l/m ²
	<i>X-hesion</i>	3,6 l/m ²	3,6 l/m ²
Produit cimentaire	<i>Ciment</i>	Entre 1,5 et 6 %	Entre 1,5 et 6 %
Produits organiques	<i>Road-Oyl</i>	3,4 l/m ²	3,4 l/m ²
Produits enzymatiques	<i>Soiltac</i>	Entre 1,8 et 1kg/m ²	Entre 1,8 et 1kg/m ²
	<i>Durasoil</i>	Entre 0,91 et 1,63 l/m ²	Entre 0,91 et 1,63 l/m ²

5. Prise en compte de la mise en place et des coûts

La mise en place des produits peut se faire de différentes manières dépendamment s'il s'agit d'un produit abat-poussière ou stabilisant.



Les produits abat-poussière s'appliquent habituellement directement à la surface de la route (figure 6). Il est toutefois recommandé que la surface de roulement soit nivelée avant l'épandage afin de favoriser la pénétration du produit et d'ainsi éviter son lessivage. Une compaction de la surface de roulement est également recommandée suite à l'épandage du produit abat-poussière.



Figure 6. Épandage d'un produit abat-poussière.

Les produits stabilisants s'appliquent de manière différente. Afin de favoriser une stabilisation de la fondation, une couche de matériau granulaire doit être enlevée avant l'épandage afin de permettre d'appliquer le produit stabilisant à une profondeur d'environ 50 à 100 mm (figure 7).

- ◀ Figure 7. Application d'une première couche de stabilisation et remise en place du matériau granulaire.

Une fois l'application en profondeur terminée, le matériau granulaire doit être remis en place et une deuxième application de produit doit être réalisée à la surface. Une compaction de la surface de roulement est fortement recommandée suite à l'épandage du produit stabilisant. Il est préférable que le matériau et le produit soient mélangés de façon homogène avant de procéder au nivelage et compactage.

Il est à noter que lorsque le taux d'application est élevé, un épandage de produit abat-poussière ou stabilisant peut être réalisé en plusieurs passages. Pour plus d'information sur la mise en place des produits, se référer aux rapports d'étapes des essais de terrain réalisés aux étés 2008 et 2009 (Pierre et coll. (2009) et Poulin et coll. (2010)).

Le tableau 4 présente différents commentaires sur l'applicabilité ainsi que les coûts des différents produits. Les coûts sont présentés de manière relative, car ceux-ci varient beaucoup en fonction de la quantité à épandre, du transport et de la disponibilité du produit dans une région donnée.

Tableau 4. Coût relatif et applicabilité des différents produits abat-poussière et stabilisants

		Coût	Applicabilité
Produits hygroscopiques	<i>Chlorure de calcium</i>	1,4	La dissolution du CaCl_2 solide est exothermique, nécessite un brassage constant et une évacuation de la chaleur.
	<i>Solnat 270</i>	1	+ +
	<i>Solnat 340</i>	1,1	+ +
	<i>Durablend</i>	2,5	+ Produit visqueux, un nettoyage complet des appareils d'épandage est à prévoir.
Émulsion polymère	<i>Soil-Sement</i>	2,3	+ Produit collant, un nettoyage complet des appareils d'épandage est à prévoir.
	<i>X-hesion</i>	1,8	+ +
Produit cimentaire	<i>Ciment</i>	2,1	-- Complexité de l'épandage : Le mélange ciment-granulats doit être homogène et le ciment doit le moins possible être en contact avec de l'humidité avant sa mise en place.
Produits organiques	<i>Road-Oyl</i>	2,8	- Produit extrêmement collant, un nettoyage rapide et complet des appareils d'épandage est à prévoir.
Produits enzymatiques	<i>Soiltac</i>	>3	-- Complexité de l'épandage : Le mélange produit-granulats doit être homogène et le produit doit le moins possible être en contact avec de l'humidité avant sa mise en place.
	<i>Durasoil</i>	>3	+ +

+ + Application facile.

+ Application facile, mais comportant certaines recommandations.

- Application spécifique, nécessitant le suivi de certaines étapes.

-- Application difficile.

6. Prise en compte de l'environnement

Plusieurs tests ont été réalisés afin de vérifier la qualité des eaux de ruissellement et de percolation d'un matériau granulaire traité à l'aide de produits abat-poussière ou stabilisants.



Dans un premier temps, le test du pH représente le cologarithme de la concentration d'ions H^+ dans un liquide. L'échelle de pH se situe entre 0 et 14 et elle permet de déterminer si l'eau analysée est acide ($pH < 7$), neutre ($pH = 7$) ou basique ($pH > 7$). C'est l'un des paramètres les plus importants à mesurer puisque plusieurs processus biologiques en dépendent directement. De plus, le pH joue un rôle majeur dans le système sanguin des organismes aquatiques et de fortes fluctuations peuvent les toucher gravement.

Deuxièmement, le test de la dureté carbonatée, aussi appelée alcalinité, mesure la capacité d'une eau à neutraliser les acides. Il s'agit de mesurer la présence des ions bicarbonate et carbonate qui sont les éléments qui contribuent le plus à l'alcalinité. Des valeurs en-deçà de 60 mg/l de $CaCO_3$ sont habituellement associées à un pH bas ce qui est bon pour les poissons. La dureté carbonatée stabilise le pH de l'eau et constitue une source d'énergie importante pour les bactéries nitrifiantes qui participent à la dégradation de l'ammoniaque et des nitrites. Les carbonates sont également utilisés par les plantes dans la photosynthèse en remplacement du gaz carbonique.

Troisièmement, le test de la dureté totale représente pour sa part l'ensemble des sels dissous dans l'eau. Ceux-ci sont principalement composés de calcium, de magnésium et de sodium, éléments que l'on retrouve dans les produits hygroscopiques. Des valeurs en-deçà de 60 mg/l de $CaCO_3$ indiquent une eau douce, des valeurs entre 60 et 100 mg/l indiquent une eau légèrement dure, des valeurs entre 100 et 200 mg/l indiquent une eau modérément dure alors que des valeurs au-delà de 200 mg/l indiquent une eau très dure. Il est nécessaire d'analyser ce paramètre puisque la concentration de sels dissous affecte le système d'osmorégulation chez les poissons ainsi que la régulation du taux de calcium dans le sang.

Finalement, le test de la présence d'ammoniac est réalisé, car cette présence dans l'eau peut être la source de nombreux problèmes et une trop forte concentration peut être toxique pour les organismes aquatiques. La quantité d'ammoniac (NH_3) ne devrait pas dépasser 1,2 mg/l. Une concentration

au-delà de 1,2 mg/l dans une eau très alcaline (eau avec un pH de 8 ou plus) est toxique pour les organismes aquatiques. L'ammoniac peut se présenter aussi sous la forme de NH_4^+ . La quantité de NH_3 comparativement au NH_4^+ dépend du pH. Une flore bactérienne transforme normalement l'ammoniaque en nitrate afin de conserver un équilibre.

Le tableau 5 présente les résultats pour les différents tests effectués sur les eaux de ruissellement et de percolation.

Il existe une différence importante entre les résultats de l'eau de percolation et de ruissellement de tous les produits en ce qui concerne le test du pH. En effet, les eaux de percolation ont toutes gardé un pH neutre près de 7 alors que les eaux de ruissellement étaient acides, y compris l'échantillon témoin. Le phénomène des pluies acides pourrait avoir joué un rôle dans ces résultats qui ne semblent pas dépendre directement de la nature des produits. Le polymère végétal (X-Hesion) et la saumure naturelle (Solnat 270) ont généré les eaux de ruissellement les plus acides alors qu'aucun produit ne semble avoir eu d'impacts sur le pH des eaux de percolation.

Pour sa part, la dureté carbonatée devrait normalement se situer au-dessus de 20 mg/l afin de pouvoir stabiliser efficacement le pH de l'eau. Ceci est particulièrement important dans le cas présent où les eaux de ruissellement sont toutes acides. C'est pourquoi les valeurs moyennes de dureté carbonatée des eaux de ruissellement des matériaux traitées avec le polymère végétal (X-Hesion) et la saumure naturelle (Solnat 270) sont les plus basses et correspondent aussi au plus bas pH dans le tableau 5. À l'inverse, l'eau de percolation de la cuve du polymère végétal (X-Hesion) qui affichait le pH le plus élevé a obtenu la dureté carbonatée la plus élevée. L'échantillon de route témoin et celui traité avec l'émulsion polymère (Soil-Sement) sont les seuls à avoir obtenu une moyenne satisfaisante pour leurs eaux de ruissellement.

Pour la dureté totale, les produits hygroscopiques qui sont riches en sels dissous ont présenté les taux les plus élevés. Le chlorure de calcium obtient

une dureté moyenne de percolation très élevée même si un bris dans le système de récupération a empêché d'échantillonner au moment où les taux étaient les plus élevés. Les deux saumures naturelles (Solnat 270 et Solnat 340) ont également gardé des moyennes importantes qui sont supérieures à la limite de 200 mg/l qui correspond à une eau très dure. Encore une fois, l'eau de ruissellement et l'eau de percolation ont obtenu des résultats distincts.

Finalement, pour ce qui est de la quantité d'ammoniacque, seule l'eau de ruissellement de l'émulsion polymère (Soil-Sement) a conservé une moyenne supérieure à la limite recommandée qui est de 1,2 mg/l d'ammoniac.

Tableau 5. Résultats des différents tests réalisés sur les eaux de ruissellement et de percolation de différents produits abat-poussière et stabilisants

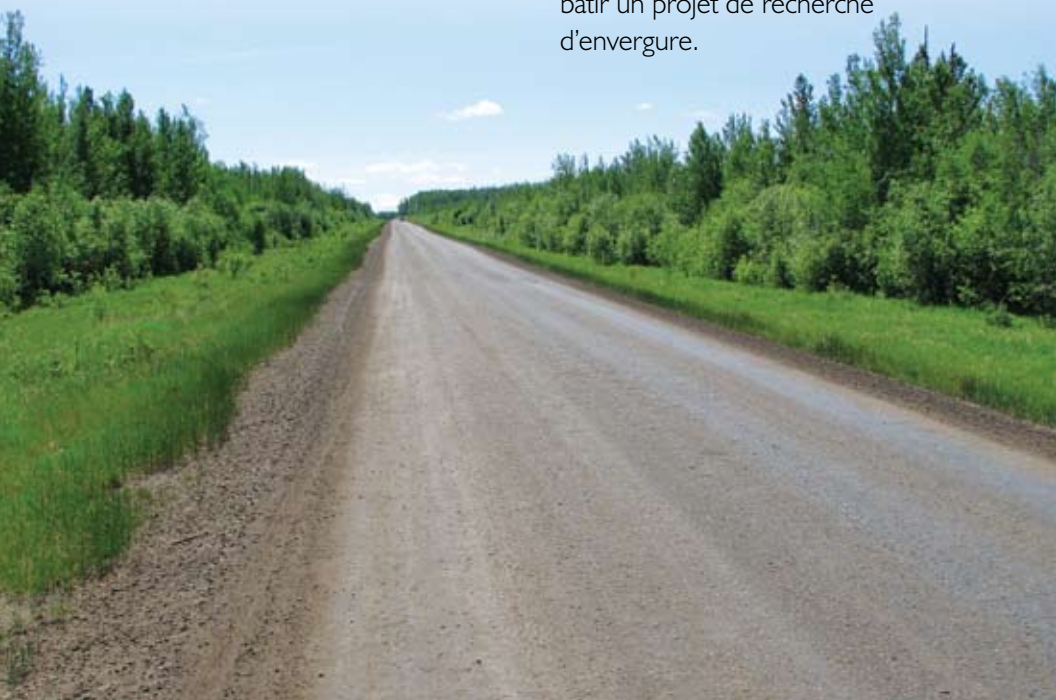
	Type d'eau testée	pH (-)	Dureté carbonatée (mg/l CaCO_3)	Dureté totale (mg/l sels dissouts)	Ammoniac (mg/l NH_3)
<i>Témoin</i>	Ruissellement	6,1	21,3	35,0	0,2
	Percolation	7,2	53,3	88,3	0,0
<i>Solnat 270</i>	Ruissellement	5,3	16,7	26,7	0,3
	Percolation	7,1	40,6	1669,4	0,2
<i>Solnat 340</i>	Ruissellement	5,5	17,5	26,7	0,1
	Percolation	7,2	41,1	1702,2	0,3
<i>CaCl₂</i>	Ruissellement	6,0	18,9	193,3	0,2
	Percolation	6,5	34,4	4296,4	0,4
<i>Road Oyl</i>	Ruissellement	5,5	18,3	20,0	0,3
	Percolation	7,2	57,8	82,2	0,1
<i>Soil-Sement</i>	Ruissellement	6,0	52,5	90,0	2,1
	Percolation	7,1	47,8	87,8	0,0
<i>X-Hesion</i>	Ruissellement	5,3	16,7	13,3	0,1
	Percolation	7,3	87,2	227,8	0,4

Conclusion

Remerciements

Références

Ce guide de sélection de produits abat-poussière et stabilisant pour routes non revêtues a été développé à l'aide de nombreux essais de laboratoire et de terrain réalisés dans le cadre d'une subvention Recherche et Développement Coopérative du CRSNG entre 2005 et 2010. Plusieurs publications concernant ces travaux sont d'ailleurs disponibles (voir section 1.4). La collaboration étroite avec certains partenaires manufacturiers et fournisseurs a permis de bâtir un projet de recherche d'envergure.



Le guide présente une clé de décision complète adressée aux gestionnaires de routes non revêtues. Elle est présentée de façon simple afin d'en faciliter l'utilisation. Les éléments pouvant influencer le choix et le taux de pose d'un produit tels que la minéralogie, la granulométrie et le pourcentage de particules fines du matériau granulaire ainsi que le climat, la nature et le volume de trafic sont tous pris en compte dans la sélection. Puisque les coûts peuvent varier de beaucoup d'un site à l'autre, seuls les coûts relatifs ont été présentés. L'impact potentiel de certains produits sur l'environnement a également été discuté, mais demeure néanmoins un champ de recherche à approfondir.

Nous espérons que l'utilisation de ce guide permettra à son utilisateur de faire un choix éclairé permettant notamment d'augmenter la performance des routes non revêtues et l'efficacité du transport tout en respectant l'environnement.

Remerciements

Les auteurs aimeraient remercier le CRSNG et l'Université Laval ainsi que les partenaires du projet : FPIInnovations, Bitume Québec (madame Catherine Lavoie et monsieur André Vaillancourt), Holcim (monsieur Dominique Giguère et monsieur Philippe Pinsonneault), Junex (madame Monic Harbour et monsieur Luc Massé), Les Entreprises Bourget (monsieur Luc Delangis et monsieur Pierre Delangis), Ministère des transports du Québec (monsieur Guy Bergeron) et Société de Développement de la Baie James (messieurs Marc Bonneau et Gino Boivin). Les auteurs aimeraient également remercier Midwest Industrial Supply Inc., EnviroTech Services Inc. et Innovative Surface Solutions Canada Inc. pour la fourniture de produits et le support technique. Enfin, les auteurs aimeraient souligner le soutien logistique et technique de la Forêt Montmorency – Université Laval (monsieur Hugues Sansregret) et AbitibiBowater Inc. – division Mauricie (monsieur Richard Caissy et monsieur Denis Larouche). FPIInnovations aimerait également remercier Ressources naturelles Canada pour leur contribution à ce projet de recherche.

Références

- AASHTO (2001) *Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing*. Part I – specifications, 21st ed. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., non paginé.
- Beaulieu, L. (2011) *Influence de la granulométrie et de la minéralogie sur le comportement d'un matériau granulaire stabilisé ou traité à l'aide d'abat-poussière*, mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 169 p.
- Beaulieu, L. et Pierre, P. (2011) *Vers une gestion multidisciplinaire durable de l'entretien des réseaux routiers non revêtus*, Via-Bitume, Vol. 6 - No 1 – Mars 2011.
- Beaulieu, L., Pierre, P. et Bilodeau, J-P. (2010a) *Laboratory Characterization and Influence of Mineralogy and Grading on the Performance of Treated and Untreated Granular Materials Used as Surface Pavements in Unpaved Road*, *Advances in Civil Engineering*, article ID 876852, 10 pages, doi:10.1155/2010/876852.
- Beaulieu, L. et Pierre, P. (2010b) *Vers une gestion multidisciplinaire durable des réseaux routiers non revêtus municipaux*, Conférence, Congrès INFRA 2010, Montréal, Québec, Canada.
- Beaulieu, L., Pierre, P. et Juneau, S. (2010c) *Étude d'un programme expérimental complet sur l'influence de la minéralogie et de la granulométrie sur le comportement d'un matériau granulaire stabilisé*, 45^e Congrès annuel de l'AQTR,, Québec, Québec, Canada.
- Beaulieu, L., Pierre, P. and Juneau, S. (2009), *Influence de la minéralogie et de la granulométrie sur le comportement d'un matériau granulaire stabilisé ou traité à l'aide d'abat-poussière*, 44^e Congrès annuel de l'AQTR , Montréal, Québec, Canada.
- Beaulieu, L., Pierre, P. and Juneau, S. (2008) *Field Test Program of Stabilization on a Principal Forest Road*, 2008 Road Dust Management Practices and Future Needs Conference, San Antonio, Texas, USA.

- Bennett, D.M., and Gleeson, K. (1994) *Performance Evaluation of a Tall Oil Pitch Emulsion for Stabilizing Unpaved Forest Road Surfaces*, Forest Engineering Research Institute of Canada, Technical Note TN-220.
- Bergeron G. (1992) *État des connaissances sur le retraitement en place des chaussées*, Colloque AQTR « Retraitement en place des chaussées par technique de pulvérisation et stabilisation à l'émulsion et au bitume moussé », St-Hyacinthe, Québec, Canada.
- Bolander, P., Yamada, A., and Dimas, S. (1999) *Dust selection and application guide*, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Technology and Development Program, 9977 1207-SDTDC, 7700-Transportation System.
- Géolab inc. (2002) *Résumé des exigences granulométriques et qualitatives des granulats pour foundation, béton de ciment, béton bitumineux et abrasives*, Géolab inc.
- Giummarra, G. (1993) *Unsealed roads manual: guidelines to good practice*, Australian Road Research Board Limited (ARRB), Vermont, South Victoria, Australie. 62 p.
- Henry, K.S., Olsen, J.P., Farrington, S.P. and Lens, J. (2005) *Improved Performance of Unpaved Roads During Spring Thaw*, US Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, ERDC/CRREL TR-05-1, University of Vermont, Burlington, February.
- Mokwa, R., Trimble, N., and Cuelho, E. (2007) *Experimental assessment of aggregate surfacing materials*, Final Report, FHWA/MT-07-011/8117-30, U.S. Department of transportation, Federal Highway Administration, Montana State University, Bozeman.
- Monlux, S. and Mitchell, M. (2007) *Chloride Stabilization of Unpaved Road Aggregate Surfacing*, U.S. Department of Agriculture Forest Service, Transportation Research Record, v 2, n 1989, Low-Volume Roads, p 50-58.

- Pelletier, L. (2007) *Étude comparative de la performance en laboratoire des matériaux granulaires stabilisés utilisés comme surfaces de roulement pour les chaussées non revêtues*, mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 193 p.
- Pierre, P., Bilodeau, J.P., Légère, G., and Doré, D. (2008a) *A Laboratory Study on the Relative Performance of Treated Granular Materials Used for Unpaved Road*, Canadian Journal of Civil Engineering, vol. 35, n° 6, pp. 624-634, Ottawa, Canada.
- Pierre, P., Bilodeau, J.P., Légère, G. (2008b). *Laboratory characterization and influence of mineralogy on the performance of treated and untreated granular materials used as surface pavements in unpaved roads*, 7th International Symposium of Unbound Aggregates and Roads, Nottingham, UK, accepté.
- Pierre, P., Pelletier, L., Légère, G., Juneau, S., and Doré, D. (2007a) *Comparative laboratory study of shear behaviour of granular materials stabilized with dust reducing products*, CSCE 2007 Annual General Meeting & Conference, Yellowknife, Northwest Territories, Canada.
- Pierre, P., Poulin, P., Beaulieu, L. et Légère, G. (2009a) *Évaluation de la performance de produits abat-poussière et de stabilisation chez AbitibiBowater Inc. – division Mauricie*, RI-2009-05-20, FPInnovations, Pointe-Claire, QC, Canada, 33 p.
- Pierre, P. (2009b) *Suivi du projet CARRLo*, ViaBITUME, vol. 4, n°3, pp. 29-31.
- Pierre, P. (2007b) *Amélioration de la qualité des chemins d'accès aux ressources et des routes locales dans le contexte canadien*, ViaBITUME, vol. 2, n°3, pp. 22-23.
- Pierre, P. and Juneau, S. (2009c) *Performance of Forest Unpaved Roads Treated with Dust Reducing Products or Stabilized in Northern Context - Field Study*, XIIIth World Forestry Congress, Buenos Aires, Argentina.
- Poulin, P., Juneau, S. and Pierre, P. (2008) *Field Study of Granular Materials Treated with Dust Suppressants - Behaviour Evolution under Traffic and Climate*, 2008 Road Dust Management Practices and Future Needs Conference, San Antonio, Texas, USA.

- Poulin, P. (2010) *Étude de la performance de chaussée non revêtue traitées par abat-poussière en contexte nordique canadien*, mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, QC, Canada, 193 p.
- Poulin, P., Pierre, P., Beaulieu, L. et Légère, G. (2010) *Évaluation de la performance de produits abat-poussière et de stabilisation chez AbitibiBowater Inc. – division Mauricie : Phase 2*, RI-2010-08-01, FPIInnovations, Pointe-Claire, QC, Canada, 33 p.
- Rushing, J.F., Tingle, J.S. (2007) *Evaluation of Products and Application Procedures for Mitigating Dust in Temperate Climates*, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Transportation Research Record, vol. 1, n° 1989, Low-Volume Roads, pp. 305-311.
- Surdahl, W, R., Heather Woll, J., and Rick Marquez, H. (2007) *Stabilization and Dust Control at the Buenos Aires National Wildlife Refuge Arizona*, Federal Highway Administration, HFTS-16.4, Central Federal Lands Highway Division, Transportation Research Record, v 1, n 1989, Low-Volume Roads, pp. 312-321.
- Tingle, J. S., Newman, J. K., Larson, S.L., Weiss, C.A., and Rushing, J.F. (2007) *Stabilization Mechanisms of Nontraditional Additives*, technical report, U.S. Army Engineer Research and development center, Transportation Research Record, vol. 2, n° 1989, Low-Volume Roads, pp. 59-67.
- Tyrrell, R.W.W. (2000) *Aggregates for forest roads*, pp. 335-341, dans : Dawson, A.R. (éditeur). *Proceedings of the fifth international symposium on unbound aggregates in road construction (UNBAR5)*, University of Nottingham, Nottingham, United Kingdom.
- Visser, A.T. (2007) *Procedure for Evaluating Stabilization of Road Materials with Nontraditional Stabilizers*, Department of Civil and Biosystems Engineering, University of Pretoria, Transportation Research Record, vol. 2, n° 1989, Low-Volume Roads, pp. 21-26.
- Zilionieve, D., Cygas, D., Aloyzas Juzenas, A., and Jurgaitis, A. (2007) *Improvement of Functional Designation of Low-Volume Roads by Dust Abatement in Lithuania*, Department of Roads, Vilnius Gediminas Technical University, Transportation Research Record, vol. 1, n° 1989, Low-Volume Roads, pp. 293-298.

Tableau résumé des produits abat-poussière et stabilisant

		Taux de pose	Rôle	Trafic			Minéralogie		
			AP / S	léger	moyen	lourd	gneiss	calcaire	basalte
Produits hygroscopiques	Chlorure de calcium	1,3 l/m²	AP	++*	+*	-*	++	+	+
		1,8 l/m²		++*	++*	+			
		2,3 l/m²		++	++	++			
	Solnat 270	2,0 l/m²	AP	++	++	++	++	+	+
	Solnat 340	1,3 l/m²	AP	++*	+*	-*	++	+	+
		1,5 l/m²		++*	++*	+			
		1,8 l/m²		++	++	++			
	Durablend	1 l/m²	AP/S	++	++	++	++	+*	+*
Émulsion polymère	Soil-Sement	1,4 l/m²	S	++*	++*	+	++	+	+
		2,4 l/m²		++*	++*	++*			
		3,4 l/m²		++	++	++			
	X-hesion	3,6 l/m²	AP	++	++	+	+	-*	-*
Produit cimentaire	Ciment	1,5 %	S	+	+	+	++	+	+
		3,5 %		++	++	++			
		4,5 %		++	++	++			
		6 %		++	++	++			
Produits organiques	Road-Oyl	3,4 l/m²	AP	++	++	+	+	-*	-*
Produits enzymatiques	Soiltac	1,8 kg/m²	S	++*	++*	+*	++	+*	+*
		1,4 kg/m²							
		1 kg/m²							
	Durasoil	0,91 l/m²	AP	++*	++*	++*	++	+*	+*
		1,16 l/m²							
		1,63 l/m²							

* Projection des essais de laboratoire et de terrain

++ Excellente performance

+ Performance raisonnable

- Faible performance

-- Ne performe pas

Granulométrie			Climat		Impacts environ- nementaux	Applicabilité	Coûts	Performance générale
4 à 6 % fines	6 à 8 % fines	8 à 10 % fines	Humide	Sec				
+	+	+	++	++	++	+	\$\$	+
++	++	++	++	++	+	+	\$\$	
++	++	++	+	++	+	+	\$\$	
++	++	++	+	++	+	++	\$	++
+	+	+	++	++	++	++	\$	++
++	++	++	++	++	++	++	\$	
++	++	++	++	++	+	++	\$	
++	++*	+	++	++	+	++*	\$\$\$	+
++	++	+	++	++	+	+	\$\$\$	++
++	++	+	++	++	+	+	\$\$\$	
++	++	+	++	++	+	+	\$\$\$	
+	-*	-*	-	+	-	++	\$\$\$	-
++	+	+	++*	++*	+	--	\$\$\$	++
+	++	+	++*	++*	+	--	\$\$\$	
+	++	+	++*	++*	+	--	\$\$\$	
+	++	++	++*	++*	+	--	\$\$\$	
+	-*	-*	-	+	+	+	\$\$\$	-
++	+	+	++*	++*		-*	\$\$\$\$	
+	++*	+	++*	++*				
+	++*	++*	++*	++*				
-	-*	-*	++*	++*		++*	\$\$\$\$	
+	+	+	++*	++*				
++	++*	++*	++*	++*				

\$ Peu coûteux

\$\$ Abordable

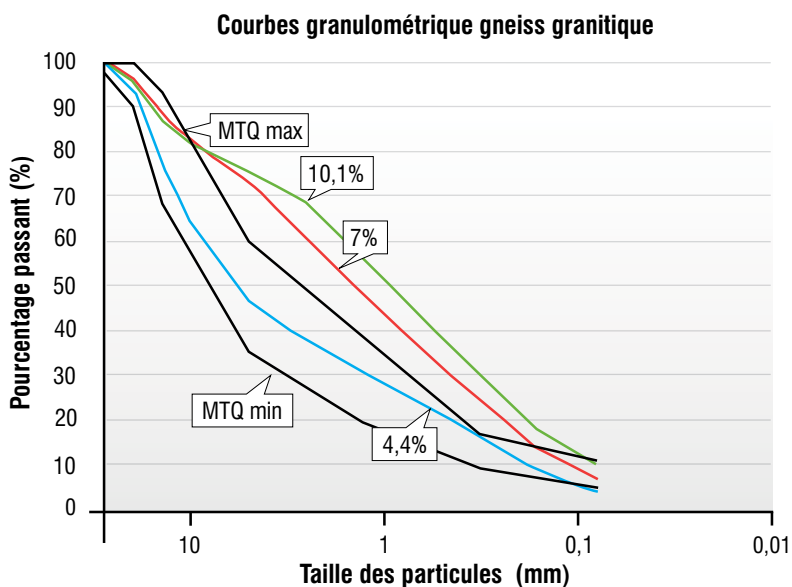
\$\$\$ Dispendieux

\$\$\$\$ Très dispendieux

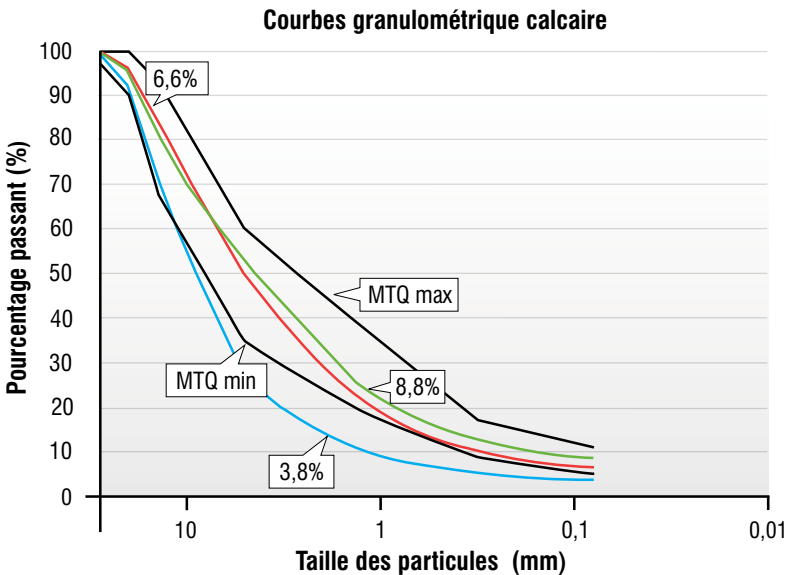
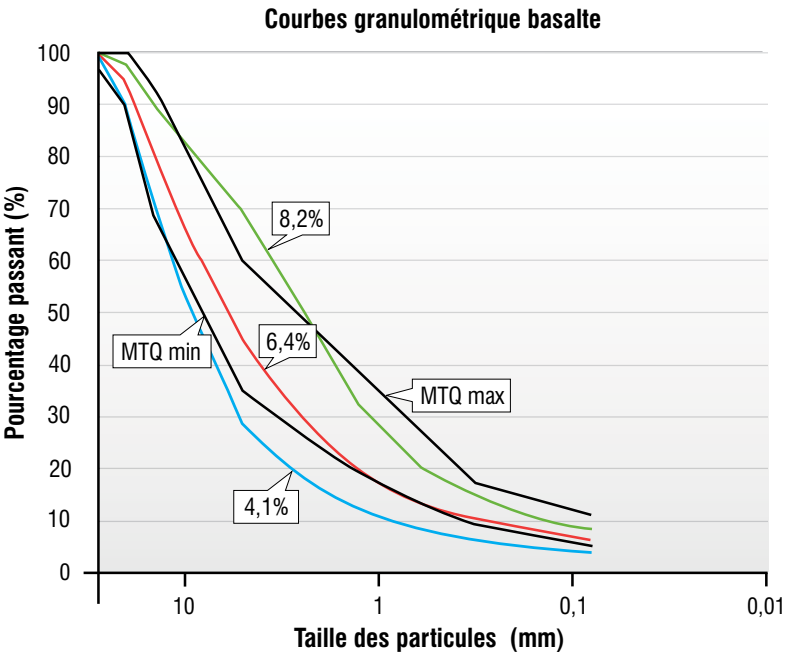
Voici les différents essais effectués afin de caractériser les matériaux granulaires à l'étude, soient le gneiss granitique, le basalte et le calcaire :

- ▶ Analyse granulométrique par tamisage (BNQ 2560-040)
- ▶ Proctor modifié (BNQ 2501-255)
- ▶ Capacité portante (CBR modifié) (ASTM D 1883)
- ▶ Los Angeles (BNQ 2560-400)
- ▶ Micro-Deval (BNQ 2560-070)
- ▶ Densité absorption (BNQ 2560-065 et 067)
- ▶ Essai au bleu de méthylène (LC 21-255)

Il est à noter que le fuseau granulaire du Ministère des transports du Québec pour le MG-20B est présenté à titre indicatif.



Figures B1. Courbes granulométriques des différentes granulométries pour le gneiss granitique, le basalte et le calcaire.



Le gneiss granitique à l'étude se caractérise par un matériau granulaire sablonneux qui est très dur et très résistant à l'usure, mais qui est sujet à la fragmentation et à l'abrasion. De plus, il ne possède pas un grand pourcentage d'absorption et contient très peu de particules argileuses. Pour sa part, le basalte comporte plus de particules grossières que le gneiss et est donc moins sablonneux. C'est le matériau qui possède le plus grand pourcentage d'absorption. Il contient aussi beaucoup de particules argileuses. Le basalte est moins dur que le gneiss. Il est par contre résistant à l'usure, ainsi qu'à la fragmentation et à l'abrasion. Finalement, le calcaire possède une granulométrie semblable à celle du basalte. Son pourcentage d'absorption se situe entre ceux du gneiss et du basalte. Le calcaire est également assez résistant à l'abrasion et à la fragmentation. Sa résistance à l'usure est toutefois assez faible. Finalement, le calcaire contient beaucoup de particules argileuses.



Tableau B-1. Résultats des essais Proctor pour les différentes granulométries des trois minéralogies

Minéralogies (-)	Granulométries (% particules fines)	Proctor (% eau optimal)	(Masse vol. sèche) (kg/m³)
<i>Gneiss granitique</i>	4,4	4,5	2212
	7,0	6,8	2045
	10,1	7,4	2020
<i>Basalte</i>	4,1	4,5	2180
	6,4	5,75	2288
	8,2	6,2	2327
<i>Calcaire</i>	3,8	4,2	2192
	6,6	5,6	2220
	8,8	6,0	2315

Tableau B-2. Résultats pour l'essai de capacité portante pour les différentes granulométries des trois minéralogies

Minéralogies	Granulométries (% particules fines)	Force à 2,5 mm (kN)	Force à 5 mm (kN)
<i>Gneiss granitique</i>	4,4	18,4	20,7
	7,0	15,0	16,8
	10,1	15,1	18,9
<i>Basalte</i>	4,1	10,68	16,69
	6,4	13,77	22,35
	8,2	13,93	23,89
<i>Calcaire</i>	3,8	10,86	14,71
	6,6	8,86	13,86
	8,8	16,34	25,64

Tableau B-3. Résultats obtenus pour le test de la résistance à l'abrasion à l'aide de l'appareil Los Angeles

Minéralogies	% abrasion
<i>Gneiss granitique</i>	50,9 %
<i>Basalte</i>	20,1 %
<i>Calcaire</i>	26,2 %
<i>Exigences MTQ pour MG-20 B*</i>	≤ 50 %

* Selon (Géolab inc., 2002)

Tableau B-4. Résultats obtenus pour le test de la résistance à l'usure à l'aide de l'appareil micro-Deval

Minéralogies	Coefficient micro-Deval
<i>Gneiss granitique</i>	12,7 %
<i>Basalte</i>	16,7 %
<i>Calcaire</i>	32,1 %
<i>Exigences MTQ pour MG-20 B*</i>	≤ 25 %

* Selon (Géolab inc., 2002)

Tableau B- 5. Résultats obtenus pour les tests de densité et d'absorption

Minéralogies	Gros granulats			
-	D_{Brute} (sec)	D_{Brute} (sss)	D_{apparente}	% absorption
<i>Gneiss granitique</i>	2,64	2,66	2,70	0,82 %
<i>Basalte</i>	2,78	2,83	2,94	1,98 %
<i>Calcaire</i>	2,61	2,65	2,72	1,51 %
	Granulats fins			
-	D_{Brute} (sec)	D_{Brute} (sss)	D_{apparente}	% absorption
<i>Gneiss granitique</i>	2,63	2,64	2,65	0,22 %
<i>Basalte</i>	2,66	2,72	2,85	2,54 %
<i>Calcaire</i>	2,52	2,57	2,65	1,96 %

Tableau B-6. Résultats obtenus pour les essais au bleu de méthylène

Minéralogies	Valeur au bleu (cm³/g)
<i>Gneiss granitique</i>	0,05
<i>Basalte</i>	0,38
<i>Calcaire</i>	0,60
<i>Exigences MTQ pour MG-20 B*</i>	≤ 0,20

* Selon (Géolab inc., 2002)



Région de l'Ouest

2601, East Mall
Vancouver, C.-B.
V6T 1Z4
Tél. : 604 224-3221
Télec. : 604 228-0999
www.fpinnovations.ca

Région de l'Est

570, boul. Saint-Jean
Pointe-Claire, QC
H9R 3J9
Tél. : 514 630-4100
Télec. : 514 694-4351

ISBN 978-0-86488-549-4