

GUIDE TECHNIQUE DÉPARTEMENTAL  
POUR L'UTILISATION  
DE GRAVILLONS BASALTIQUES  
EN COUCHE DE ROULEMENT  
DANS LE CANTAL

Chaque jour à vos côtés

**cantal**  
LE DÉPARTEMENT

1<sup>o</sup> version - Décembre 2009



Ce guide a été réalisé, pour une utilisation rationnelle des granulats dans le Département du Cantal et en particulier pour permettre l'utilisation de gravillons basaltiques en couche de roulement.

La rédaction de ce guide à été réalisée par un groupe de travail composé de :

Pauline BROUSSE	Conseil Général du Cantal
Marc JAULHAC	Conseil Général du Cantal
Magali COUDERT	Colas
André CLARAC	Colas
Yvon FARIGOULE	LRPC de Clermont Ferrand
Patrice VALLON	LRPC de Clermont Ferrand

Et avec la collaboration de :

Jean-Luc SAVIGNAC	Conseil Général du Cantal
Daniel GEORGIN	Conseil Général du Cantal
Didier ROUX	Conseil Général du Cantal
Pascal MICHEL	Conseil Général du Cantal
Michel BALLIE	Colas
Marc DELORT	Eurovia
Thierry AIGOUY	Eurovia
Louis ROUGE	DIR Massif Central
David BOUDOU	Ville d'Aurillac
Thierry MAFFRE	Ville d'Aurillac
Patrick BERGHEAUD	Entreprise Bergheaud
Jean-Philippe TEMPIER	Vergnes Frères

Et les entreprises routières et d'exploitation de carrières du département du Cantal.





Comité Sectoriel "AVIS"

Groupe Spécialisé "Matériaux Granulaires"

Paris, le 17 décembre 2009

## GUIDE TECHNIQUE DEPARTEMENTAL DU CANTAL


### CERTIFICAT

#### UTILISATION DE GRAVILLONS BASALTQUES EN COUCHE DE ROULEMENT

Je soussigné Louis MAISON, Président du Comité Sectoriel "Avis" du CFTR, certifie que le guide technique départemental du Cantal portant sur l'utilisation de gravillons basaltiques en couche de roulement a été validé par le Groupe Spécialisé "Matériaux Granulaires".

La méthodologie suivie pour l'élaboration de ce guide correspond en effet aux règles définies par le Groupe Spécialisé "Matériaux Granulaires" dans ce domaine. De plus, le contenu technique du guide est conforme au référentiel national et justifié par un retour d'expérience.

*Le Président du Comité Sectoriel Avis*



Louis MAISON

**Membres du CFTR :** Assemblée des Départements de France - Association Française des Producteurs de Géotextiles et produits Apparentés - Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes - Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques - Centre Technique et de Promotion des Laitiers Sidérurgiques - Chambre Syndicale Nationale des Fabricants de Chaux Grasses et Magnésiennes - Comité Infrastructure de Syntec Ingénierie - Direction des Infrastructures de Transport - Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières - Groupement Professionnel des Bitumes - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées - Service d'Etudes sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements - Service Technique de l'Aviation Civile - Syndicat des équipements pour Constructions Infrastructures Sidérurgie et Manutention - Syndicat Professionnel des Entrepreneurs de Chaussées en Béton et Equipements Annexes - Syndicat Professionnel des Terrassiers de France - Union Nationale des Producteurs de Granulats - Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française.

Association régie par la loi du 1<sup>er</sup> juillet 1901



# SOMMAIRE



1. INTRODUCTION .....	8
2. ÉTUDE ENVIRONNEMENTALE .....	9
2.1. Analyse environnementale .....	9
2.2. Bilan environnemental .....	12
3. RESSOURCES GÉOLOGIQUES DU CANTAL .....	13
3.1. Histoire géologique .....	14
3.2. Liens avec les gisements exploités sur le département .....	15
4. QUALITÉ DES GRANULATS DE CHAUSSÉES ET ACCIDENTOLOGIE DANS LE CANTAL .....	19
4.1. Considérations générales .....	19
4.2. Les indicateurs d'accidentologie locale .....	19
4.3. L'accidentologie par temps de pluie et météo dégradée .....	20
4.4. Conclusion .....	21
5. RÉSISTANCE AU POLISSAGE DES GRAVILLONS BASALTIQUES .....	22
5.1. Planches expérimentales nationales : Adhérence des granulats .....	22
5.2. Évolution du polissage en laboratoire d'un gravillon basaltique du Cantal .....	24
5.3. Comportement du polissage sur chaussée d'un basalte du Cantal .....	25
5.4. Évolution du niveau d'adhérence dans le Cantal de chaussées faisant appel à des basaltes de PSV > 50 .....	26
5.5. Influence de la formulation sur le niveau d'adhérence .....	27
5.6. Influence des caractéristiques géométriques de la chaussée .....	28
6. RÈGLES D'UTILISATION DES BASALTES EN COUCHE DE ROULEMENT DANS LE DÉPARTEMENT DU CANTAL .....	29
6.1. 1 <sup>er</sup> Cas .....	29
6.2. 2 <sup>ème</sup> Cas .....	29
6.3. 3 <sup>ème</sup> Cas .....	30
7. RÉDACTION DES DOSSIERS DE CONSULTATION DES ENTREPRISES .....	32
8. BIBLIOGRAPHIE, RÉFÉRENCES NORMATIVES .....	33
8.1. Bibliographie .....	33
8.2. Références Normatives .....	33





# 1 - INTRODUCTION

L'utilisation des granulats locaux s'inscrit dans une démarche de développement durable tant par ses enjeux environnementaux que par ses enjeux économiques :

Les enjeux environnementaux :

- Développer l'utilisation de ressources locales.
- Optimiser les distances de transport entre les sites de production et les zones de consommation.
- Limiter les nuisances vis-à-vis des populations.

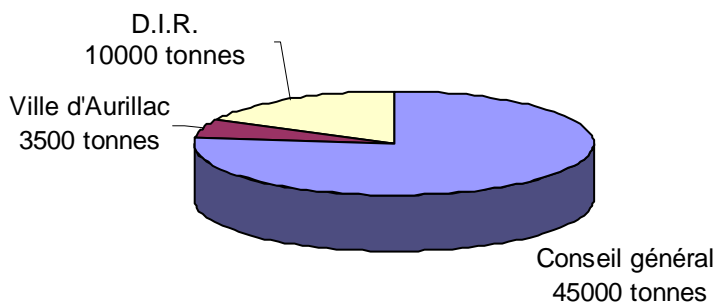
Les enjeux économiques :

- Faire travailler l'économie locale.
- Assurer l'approvisionnement régulier en matériaux.
- Réduire les dépenses énergétiques et notamment la consommation de carburant.
- Exploiter des matériaux de qualité suffisante et éviter la sur qualité.
- Limiter la dégradation des réseaux routiers en n'augmentant pas le trafic des poids lourds.

La production de granulats est une activité indispensable à l'aménagement d'infrastructures de transports.

Les bétons bitumineux et les enduits superficiels d'usure ont nécessité sur le département du Cantal plus de 60 000 tonnes par an de granulats. Les principaux donneurs d'ordre sont :

- Le Conseil Général du Cantal : 45 000 tonnes/an
- La Ville d'Aurillac : 3 500 tonnes/an
- La Direction Interdépartementale des Routes Massif Central : 10 000 tonnes/an



La spécificité du Cantal, réside en la prédominance de carrières basaltiques qui produisent des granulats concassés résistants, mais plus ou moins polissables.

L'utilisation de ces basaltes en couche de roulement pose aujourd'hui problème pour certaines carrières dans la mesure où les avant-propos français des normes européennes ne prévoient pas d'employer des gravillons ayant une résistance au polissage caractérisée par un PSV inférieur à 50. Il en est de même pour la norme française XP P 18-545 et la note CFTR n°10 (Aide au choix des granulats pour chaussées basée sur les normes européennes).

**Le présent guide technique départemental a pour objet essentiel de préciser les conditions limites et précautions d'emplois de ces gravillons de PSV inférieur à 50 en couche de roulement** (sur la base d'un grand nombre de constatations sur chantiers).

**Il ne s'applique qu'aux gravillons basaltiques produits pour être utilisés dans le département du Cantal .**

## 2 - ETUDE ENVIRONNEMENTALE

### 2.1. - ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

Dans le cadre de sa politique de développement durable, l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) a donné la priorité pour les dix premières années de ce 21<sup>ème</sup> siècle à deux actions : la limitation de l'impact des industries sur le changement climatique et l'optimisation de la gestion des ressources naturelles.

Sur ce dernier point, l'approvisionnement en granulats des travaux routiers se doit donc d'être exemplaire en faisant appel aux ressources locales dans la mesure où ces dernières permettent de satisfaire aux exigences techniques et de sécurité des usagers. Pour s'assurer du bien fondé de l'utilisation des matériaux locaux, l'analyse comporte l'analyse du cycle de vie des techniques d'entretien des routes dans le département du Cantal lors des étapes de production, transport et mise en œuvre des matériaux en couche de roulement.

Les impacts environnementaux retenus sont ceux de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre.

L'entretien et les investissements sur le réseau routier du département utilisent un tonnage annuel de 60 000 tonnes de granulats pour les couches de roulement. Ce tonnage se compose de 40 000 tonnes pour l'entretien avec des enrobés bitumineux et de 20 000 tonnes pour l'entretien avec des enduits superficiels d'usure (ESU).

Cette étude analyse l'impact environnemental occasionné par l'emploi de gravillons extérieurs au département pour l'entretien et la construction des couches de roulement.

Les principales distances retenues pour l'étude sont de :

- 80 km de distance supplémentaire pour les gisements de gravillons extérieurs au département.
- 400 km entre la raffinerie, la centrale d'enrobage et l'usine à liants.
- 10 km entre la centrale d'enrobage et les carrières basaltiques pour la fourniture de sable ou de gravillons de carrières locales.
- 30 km entre les chantiers et la centrale d'enrobage ou l'usine de fabrication des liants.
- 420 km entre la raffinerie et l'usine de fabrication des liants.

Les données environnementales telles que les consommations en énergie et les émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication des matériaux, matières de base et produits finis, sont extraites de publications issues des documents ou organismes suivants.

Bitume départ raffinerie	Eurobitume
Eau	Cimbéton
Granulats concassés carrière	UNPG
Émulsion:	C.S.T d'après Ecoinvent
Électricité, fuel, gasoil, gaz naturel.	FD P 01-015. Bilan Carbone® (CO <sub>2</sub> )
Mise en œuvre enrobé à chaud enduit superficiel	U.S.I.R.F
Transport par semi-remorque (t.km)	FD P 01-015
Transport par camion 15 tonnes (t.km)	C.S.T. d'après FD P 01-015
Transport par camion 10 tonnes (t.km)	
Transport par train diesel (t.km)	FD P 01-015
Transport fluvial par bateau (t.km)	V.N.F.

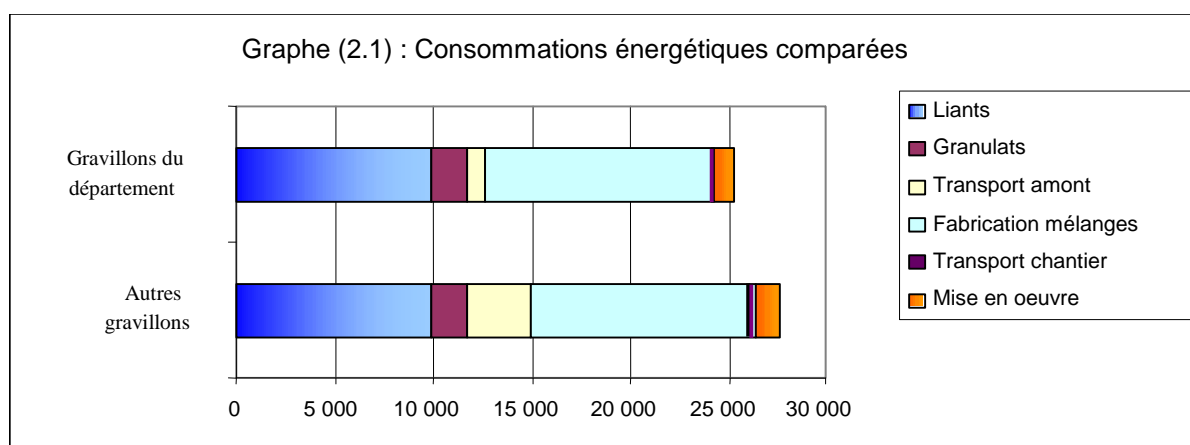
### 2.1.1. - CAMPAGNE ANNUELLE D'ENTRETIEN EN ENROBÉS BITUMINEUX.

L'étude compare l'entretien par rechargement de 5 cm d'épaisseur d'enrobés BBSG 0/10 (Béton Bitumineux Semi Grenu) formulés avec des gravillons locaux (*gravillons du département*), à un entretien de 5 cm d'épaisseur d'enrobés BBSG 0/10 formulés avec des gravillons en provenance de gisements extérieurs au département (*autres gravillons*).

La consommation énergétique est donnée aux tableau et graphe (2.1). La différence de consommation énergétique est liée à la phase de transport des granulats du centre de production à la centrale d'enrobage. L'utilisation de granulats autres que ceux du département entraîne une augmentation de 9 % en consommation énergétique, soit 2 200 Giga Joules.

	Liants	Granulats	Transport amont	Fabrication mélanges	Transport chantier	Application	Total
<i>Gravillons du département</i>	9 891	1 930	883	11 528	41	1 095	<b>25 368</b>
<i>Autres gravillons</i>	9 891	1 930	3 082	11 528	41	1 095	<b>27 567</b>

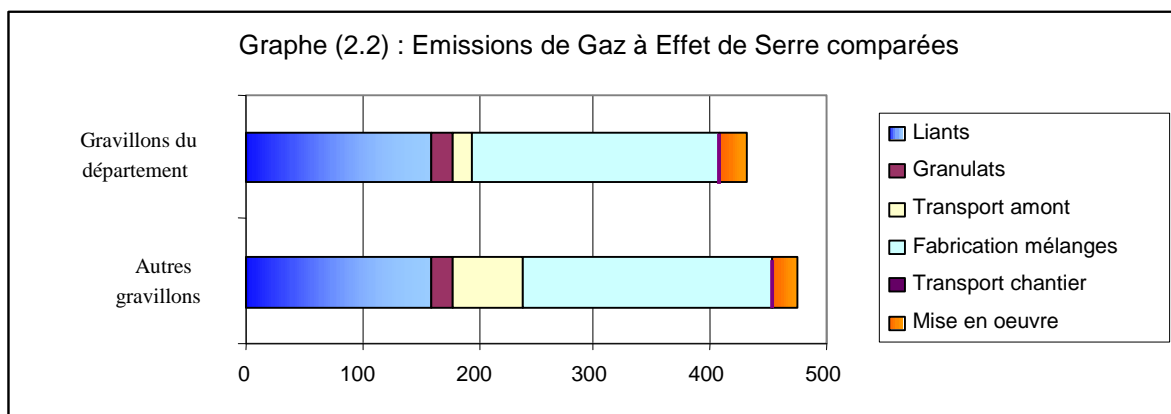
Tableau (2.1) : Consommation d'énergie, en Giga Joule.



Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont données aux tableau et graphe (2.2). La différence de niveau énergétique est liée à la phase de transport des granulats de la carrière à la centrale d'enrobage. L'utilisation de granulats autres que ceux du département entraîne une augmentation des émissions de GES de 10 % soit 44 tonnes de carbone.

	liants	Granulats	Transport amont	Fabrication mélanges	Transport chantier	Application	Total
<i>Gravillons du département</i>	158.6	19.1	17.7	212.0	0.8	22.7	<b>430.9</b>
<i>Autres gravillons</i>	158.6	19.1	61.9	212.0	0.8	22.7	<b>475.1</b>

Tableau (2.2) : Émissions de Gaz à Effet de Serre en tonnes de carbone.



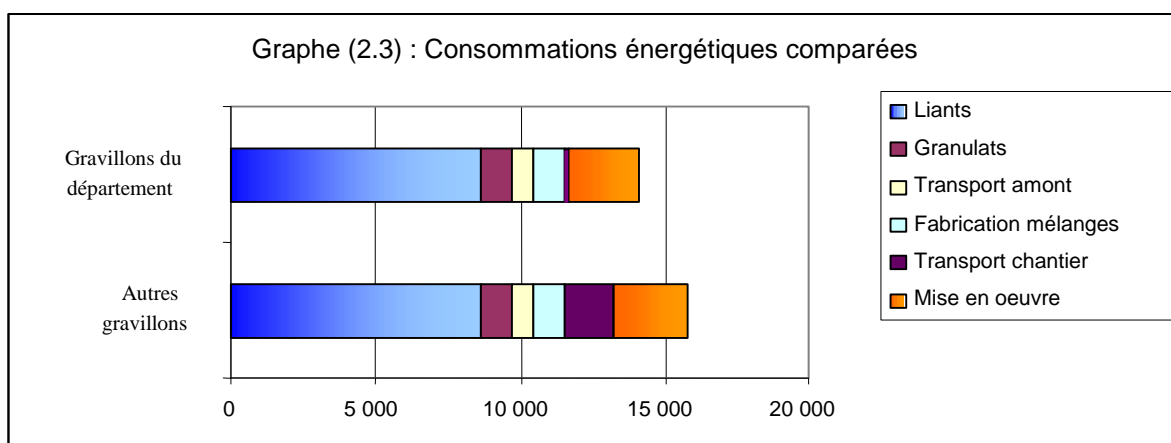
### 2.1.2. - CAMPAGNE DES REVÊTEMENTS EN ENDUITS SUPERFICIELS D'USURE.

L'étude compare un ESU (Enduit Superficiel d'Usure) de type monocouche 6/10 dosé à raison de 15 kg/m<sup>2</sup> de gravillons locaux (*gravillons du département*) et 2 kg/m<sup>2</sup> d'émulsion concentrée à 690 kg/t de bitume, avec un monocouche 6/10, de même dosages en liant et en gravillons extérieurs au département (*autres gravillons*).

La consommation énergétique est indiquée dans les tableau et graphe (2.3). L'utilisation de gravillons en provenance de gisements extérieurs au département entraîne une augmentation de 12 % de consommation énergétique, soit 1600 Giga Joules.

	Liants	Granulats	Transport amont	Fabrication mélanges	Transport chantier	Application	Total
<i>Gravillons du département</i>	8573	1131	776	1048	55	2527	<b>14110</b>
<i>Autres gravillons</i>	8573	1131	776	1048	1693	2527	<b>15748</b>

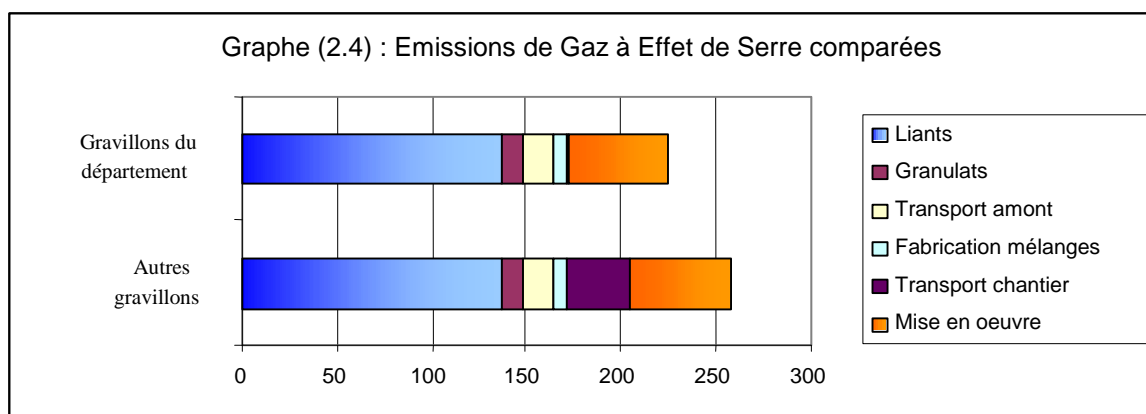
Tableau (2.3) : Consommation d'énergie, en Giga Joule.



Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont indiquées dans les tableau et graphe (2.4). L'utilisation de gravillons en provenance de gisements extérieurs au département entraîne une augmentation des émissions de GES de 15 % soit 30 tonnes de carbone

	Liants	Granulats	Transport amont	Fabrication mélanges	Transport chantier	Application	Total
Gravillons du département	137.1	11.2	15.6	6.9	1.5	53.0	<b>225.3</b>
Autres gravillons	137.1	11.2	15.6	6.9	34.0	53.0	<b>257.8</b>

Tableau (2.4) : Émissions de Gaz à Effet de Serre en tonnes de carbone.



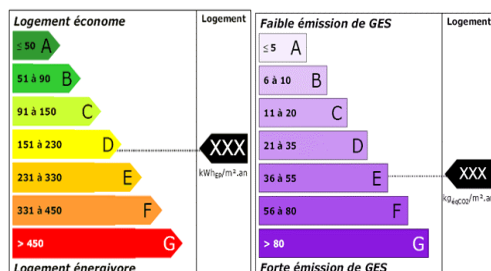
## 2.2. - BILAN ENVIRONNEMENTAL

L'étude environnementale montre que l'acheminement de 50 000 tonnes de gravillons de  $PSV \geq 50$ , en provenance de sites extérieurs au département, pour l'entretien et la construction des voiries, entraîne une dépense énergétique supplémentaire de 3 800 Giga Joules et émet dans l'atmosphère un supplément de 74 tonnes de carbone.

Ces dépenses énergétiques sont équivalentes au parcours de 1 500 000 km avec un véhicule léger d'une consommation de 6 litres / 100 km.

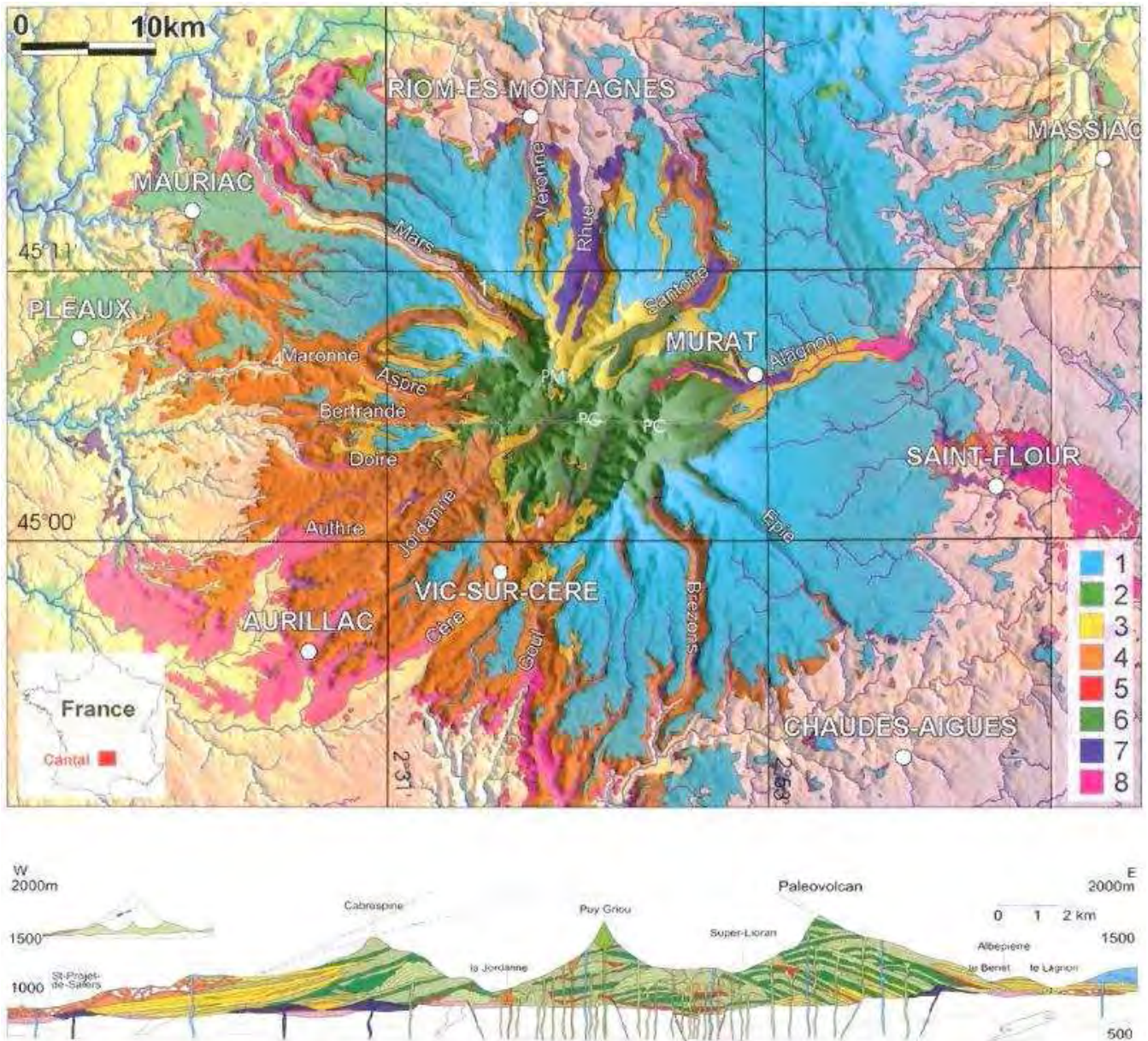


Elles sont aussi équivalentes au chauffage annuel de 85 appartements de 80 m<sup>2</sup> de catégorie C.



### 3 - RESSOURCES GEOLOGIQUES DU CANTAL

Le basalte, roche volcanique, est la principale ressource en matériaux pour la construction routière dans le département du Cantal. La carte et la coupe ci-dessous (Fig. 3.1) présentent le contexte géologique particulier de ce département.



(Fig. 3.1) : Carte et coupe géologiques simplifiées du strato-volcan du Cantal.  
Extrait de la notice de la carte géologique n° 788 – Murat - au 1/50 000<sup>e</sup> – BRGM

#### Légende

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1 – Basaltes supracantaliens     | 2 – Phonolites                            |
| 3 – Dépôts de coulées de débris  | 4 – Dépôts d'avalanches de débris         |
| 5 – Formations cendro-ponçueuses | 6 – Brèches et coulées trachyandésitiques |
| 7 – Basaltes infra-cantaliens    | 8 – Bassins sédimentaires oligocènes      |

### 3.1. - HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Le massif volcanique du Cantal est situé en sa quasi-totalité dans le département du même nom : il représente près de la moitié de la superficie du département. Ce massif s'est édifié pour l'essentiel entre moins treize et moins deux millions d'années (Ma) sur le substratum granitique et métamorphique du Massif Central.

Il est le plus grand des strato-volcans français et l'un des plus importants d'Europe avec une superficie de près de 2 500 km<sup>2</sup>. Il se présente sous la forme d'un cône surbaissé dont les dimensions à la base sont de 60 km du nord au sud et de 70 km d'est en ouest. Même si l'altitude maximale n'atteint que 1855 mètres au Plomb du Cantal, l'étendue des espaces au-dessus de 1000 mètres lui confère un caractère montagnard marqué.

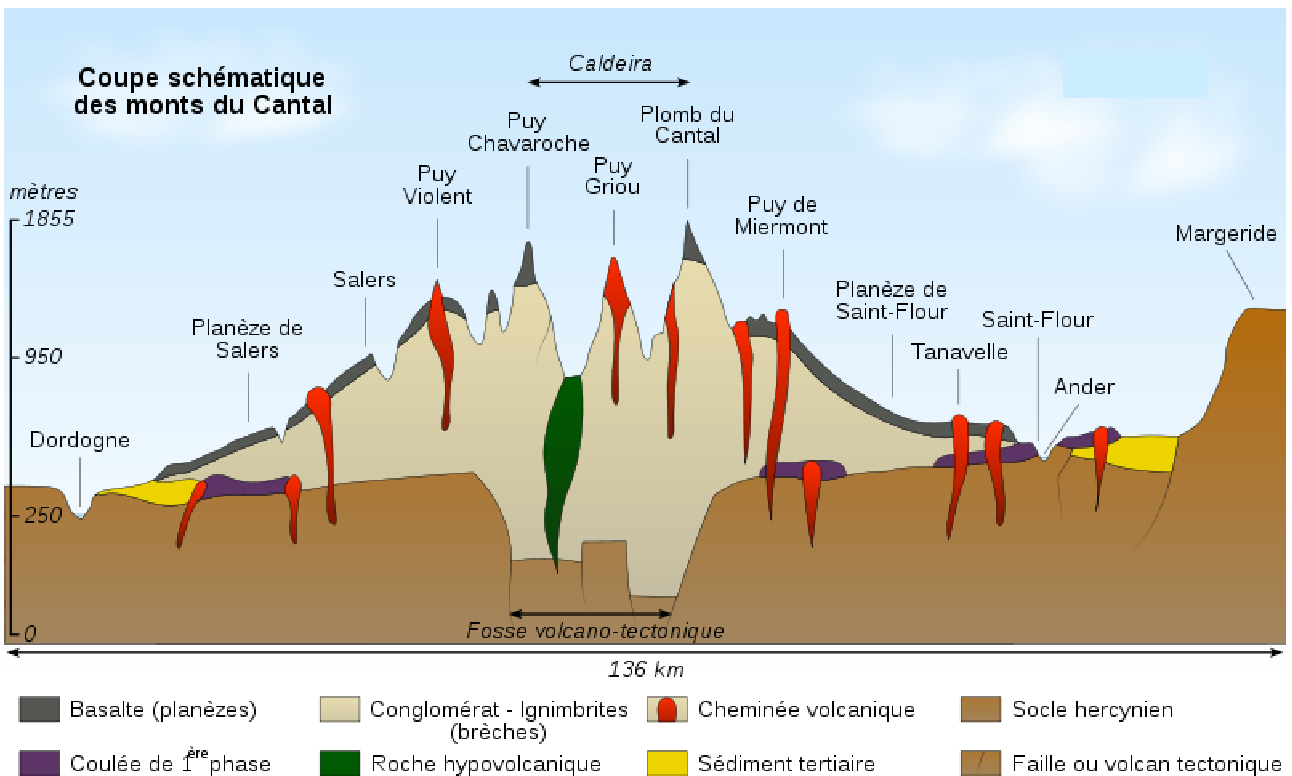


Fig 3.2 : Extrait de : Les Monts du Cantal - Wikipedia

#### Les premières éruptions basaltiques (moins treize à moins sept millions d'années).

Des épisodes volcaniques très variés ont contribué à la mise en place de cet édifice (fig. 3.2 ci-dessus). Diverses formations pétrographiques se sont mises en place tout au long de son activité :

- Volcanisme basaltique précurseur, sous forme de petits édifices dispersés et coulées, généralement masqués par les formations plus récentes.
- Volcanisme trachy-andésitique (entre -10 et -6.5 Ma) qui correspond au paroxysme de l'activité avec mise en place de laves, brèches et formations de cendres et ponces trachy-andésitiques pour l'essentiel. Des dômes phonolitiques se mettent en place à la fin de cette période.
- Avalanches de débris et remaniements associés (-7 Ma) issus de la déstabilisation de flancs.
- Coulées basaltiques (planèzes) couvrant plus de la moitié de la superficie du massif (entre -7 et -2 Ma) pouvant atteindre localement 250 mètres d'épaisseur dans la partie nord.

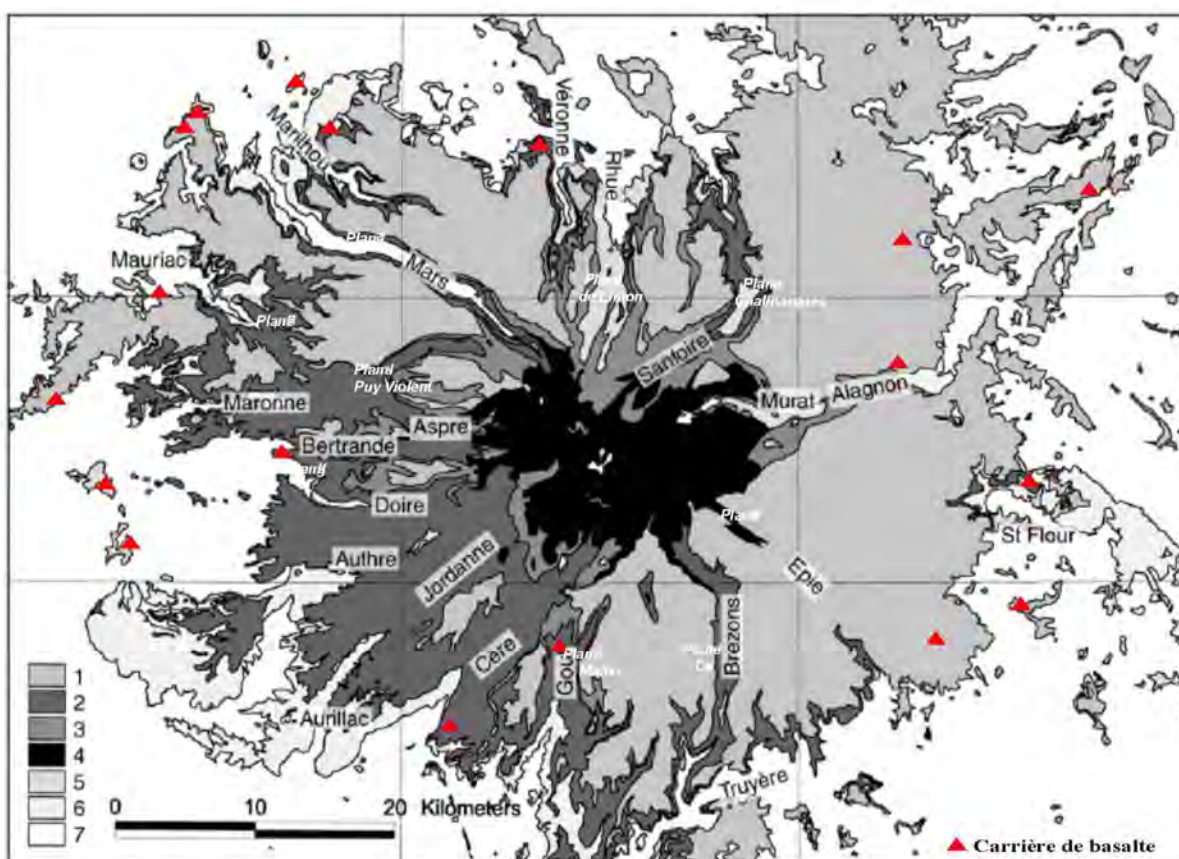
- Erosions glaciaire et post-glaciaire qui ont modelé l'édifice volcanique contribuant à la mise en place du réseau hydrographique radial actuel.

## 3.2. - LIENS AVEC LES GISEMENTS EXPLOITÉS SUR LE DÉPARTEMENT

### 3.2.1. - INTÉRÊT DES DIFFÉRENTES FAMILLES DE ROCHES DU DÉPARTEMENT

Ces données géologiques expliquent partiellement pourquoi la grande majorité des gisements exploités dans le département du Cantal concerne des matériaux de nature « basaltique ».

- Les formations granitiques et métamorphiques exploitables sont restreintes en superficie. Les matériaux ont, en général, des caractéristiques intrinsèques médiocres, hormis quelques massifs granitiques ou gneissiques singuliers (ouest du département), pour être utilisables en construction routière.
- Les bassins sédimentaires sont en général composés de dépôts détritiques et/ou marno-calcaires de faibles caractéristiques intrinsèques. Les seules carrières exploitées pour granulats concernent des gisements de sables (toujours à l'ouest du département).
- Les niveaux volcaniques sont, comme vus antérieurement, très représentés sur le département mais ne sont pas tous exploitables.



*Carte géologique simplifiée du Cantal. 1 : basaltes supracantaliens ; 2 : dépôts d'avalanches de débris ; 3 : dépôts de coulées de débris ; 4 coulées et pyroclastites trachyandésitiques et trachytiques ; 5 : basaltes infracantaliens ; 6 : sédiments oligo-miocènes ; 7 : socle hercynien. Le découpage rectangulaire correspond à celui des cartes au 1/50000.*

Fig. 3.3 : Cantal - Situation des carrières de basalte



Une grande partie de la couverture du massif, plus particulièrement dans la zone ouest et dans les vallées entaillant le massif, est représentée par des dépôts volcano-clastiques constitués principalement de brèches à matrice argileuse (cf. Fig 3.1 en jaune et orange sur la carte géologique). Ces derniers recouvrent souvent les autres niveaux géologiques sur des épaisseurs importantes.

Par contre, les basaltes supérieurs (planèzes) qui recouvrent sur quelques dizaines, voire centaines de mètres d'épaisseur ces précédents dépôts, sont les roches les plus couramment exploités dans le département (cf. Fig. 3.3).

### 3.2.2. - MORPHOLOGIE DES GISEMENTS PRINCIPAUX

Cette morphologie concerne les coulées qui représentent la grande majorité des exploitations basaltiques du département du Cantal (cf. Fig. 3.4 ci-après).

Cependant des niveaux peuvent être érodés et donc ne plus être observés de nos jours (par exemple, les fausses colonnades absentes si une autre coulée n'est pas venue recouvrir la première rapidement).

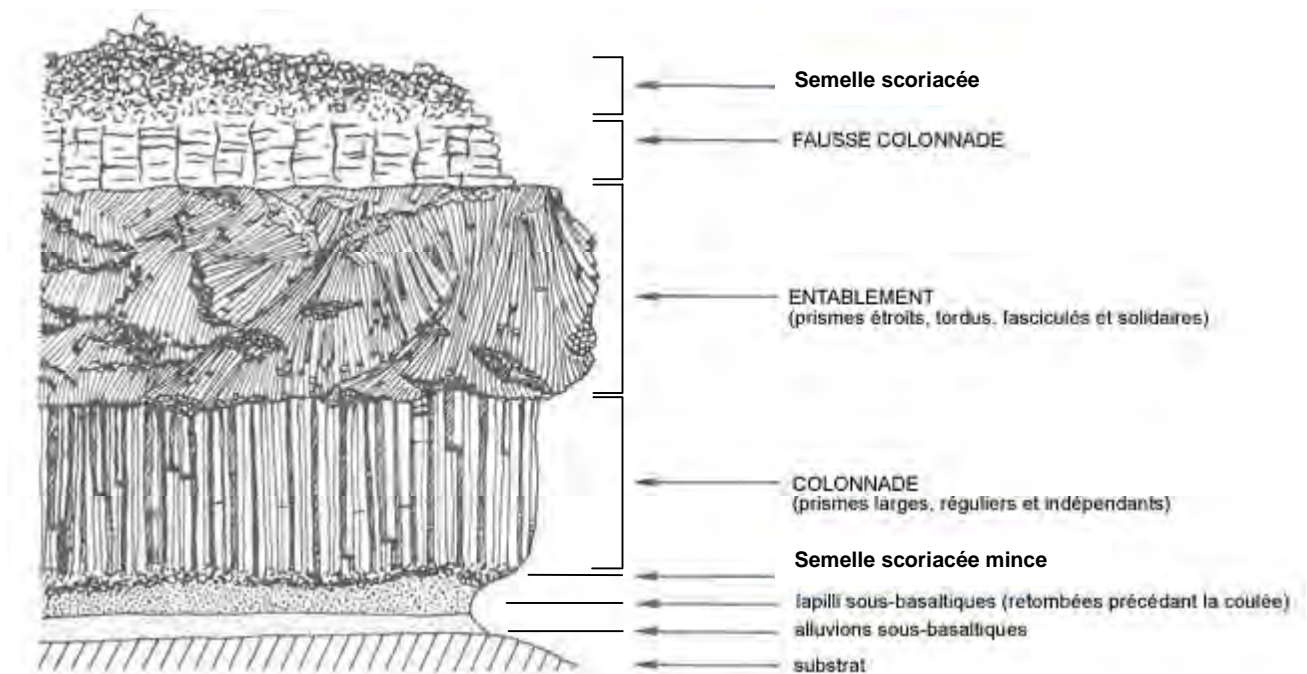


Fig. 3.4 : Coupe théorique complète d'une coulée basaltique de vallée d'après Le Volcanisme lexique, CRDP Clermont-Ferrand, 1985

Cette structure est liée au mode de mise en place et de refroidissement de la coulée dans un contexte d'épanchement en vallée, ce qui correspond au cas des coulées supérieures (ou supra-cantaliennes) en grande majorité. La structure et, généralement la qualité du basalte ne sont pas les mêmes selon la position dans la coulée :

- Dans la fausse colonnade, de puissance variable (1 à 3 mètres), le basalte est souvent altéré et se débite généralement en blocs pseudo-hexagonaux. La roche est bulleuse avec peu de verre, elle forme, par débit secondaire, des dalles de dimensions variables. L'altération favorise le développement de matériaux peu résistants.

- Dans l'entablement, qui représente la masse principale de la coulée : de 5 à 15 mètres, le matériau est trempé par infiltration d'eau de surface et refroidi rapidement (trempé à haute température), ce qui le rend riche en verre (25 à 40%). La roche est donc très dure mais ne procure pas vraiment « d'accroche » aux gravillons produits avec ce matériau (valeur PSV faible) car les minéraux cristallisés sont peu importants. Le débit s'effectue généralement en blocs de petites dimensions (< 150 mm).
- Dans la vraie colonnade, qui est, en général de faible épaisseur : 1 à 5 mètres, le basalte offre un débit en orgues le plus souvent grossières (40 à 80 cm de section). La roche est riche en minéraux cristallisés et est ainsi plus sensible à l'altération car à forte teneur en éléments alcalins (hydrolyse des minéraux). Ce matériau est intéressant pour sa rugosité quand les coulées sont récentes, donc à faible altération.



**Gisement de type  
coulée basaltique de vallée  
en cours d'Exploitation**

Au niveau des gisements de type coulée, les matériaux offrant les meilleures caractéristiques de PSV sont en général l'entablement et la vraie colonnade. Toutefois, en fonction des états d'altération des roches, ces caractéristiques peuvent s'avérer variables selon les sites. Dans les connaissances actuelles, il n'y a pas de certitude sur les résultats obtenus, seuls les essais permettent d'évaluer les qualités intrinsèques. La seule certitude est que la fausse colonnade (partie supérieure) est très souvent altérée et la roche présente n'offre pas de caractéristiques intrinsèques satisfaisantes.

Hormis les gisements de coulée, dans le département du Cantal, trois exploitations de carrières concernent des formations volcaniques particulières.

Deux de ces carrières sont ouvertes dans des formations intrusives dans le secteur nord ouest du département (Sauvat et Champagnac). Il s'agit de massifs plus ou moins importants en surface et volume qui se sont mis en place à la faveur de cassures de l'écorce terrestre, le sillon Houiller dans les deux cas présents.

**Carrière en activité  
ouverte au sein d'une  
intrusion basaltique**



La troisième exploitation est la carrière du Rocher de Laval, à Neussargues-Moissac, qui est ouverte sur un important massif résultant d'un ancien lac de lave mis en relief par les phénomènes d'érosion.



**Poste tertiaire d'une  
installation de  
concassage-criblage**

**Élaboration de granulats  
destinés aux couches de  
roulement des voies  
routières.**

# 4 - QUALITE DES GRANULATS DE CHAUSSEES ET ACCIDENTOLOGIE DANS LE CANTAL

## 4.1. - CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

L'adhérence d'une chaussée correspond à sa capacité à mobiliser des forces de frottement entre le pneumatique et la surface du revêtement de la chaussée sous l'effet des sollicitations engendrées par la conduite : accélérations, freinages, changements de direction, etc...

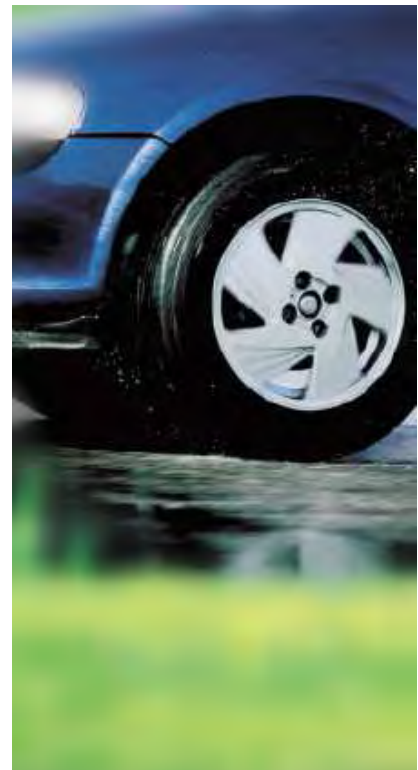
Pour que l'adhérence "existe", il faut un contact entre le pneu et la chaussée. Il est important de séparer deux cas liés à l'état de la chaussée :

- contact "sec": entre pneu et chaussée sèche,
- contact "humide": entre pneu et chaussée mouillée.

En contact "sec", le niveau d'adhérence est en général satisfaisant pour des conditions normales de conduite. En contact "humide", le niveau d'adhérence est inférieur à celui rencontré sur chaussée sèche du fait de la présence d'eau qui s'interpose entre le pneumatique et la surface de la chaussée. On s'intéresse à ces conditions défavorables pour évaluer la qualité antidérapante d'un revêtement.

L'adhérence des chaussées dépend non seulement des caractéristiques du revêtement de la chaussée mais également des facteurs liés au véhicule (suspension, vitesse, etc.), aux pneumatiques (pression de gonflage, profondeur de sculptures, etc.) à la géométrie de la route (profil en long, dévers, tracé en plan, etc.) et à l'état de la surface de la chaussée (déformations, épaisseur d'eau, pollutions, ...)

La qualité intrinsèque des granulats, et notamment la rugosité, concourent à l'adhérence des chaussées mais elles ne sont pas les seules. De plus, l'adhérence des chaussées n'est qu'un élément de la qualité de l'infrastructure vis-à-vis de la sécurité routière et la route n'est elle-même qu'un des éléments de la sécurité routière.



Les progrès spectaculaires enregistrés en France depuis les six dernières années en divisant quasiment par deux le nombre de tués sur nos routes démontrent que le facteur prépondérant en matière de sécurité routière est le comportement de l'utilisateur.

## 4.2. - LES INDICATEURS D'ACCIDENTOLOGIE LOCALE ( I.A.L.)

L'Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière (ONISR) publie un palmarès des départements, établi à partir d'un Indicateur d'Accidentologie Locale réalisé sur cinq années glissantes. Cet indicateur qui prend en compte les particularités des réseaux et des trafics respectifs permet d'apprécier, par rapport à la référence nationale, le risque d'accident mortel en fonction des parcours et des départements. L'I.A.L. est donc un indicateur qui permet des comparaisons du risque de circulation entre départements en s'affranchissant des données relatives au réseau routier, au trafic déjà pris en compte dans son calcul.

Par exemple, un département dont l'I.A.L. global pour la période 2002-2006 est de 1, peut être considéré comme représentatif du risque moyen de circuler en France. Pour la même période, l'I.A.L. de certains départements atteint 1,88. Pour cette période, il y avait donc 1,88 fois plus de risque d'être victime d'un accident mortel en circulant dans ces départements que dans un département dont l'I.A.L. est de 1.

En plus de l'I.A.L. global pour chaque département, l'ONISR publie des I.A.L. spécifiques à chaque type de réseaux par département, réseaux autoroutiers, urbains, routes nationales et départementales hors milieu urbain.

Pour la détermination de cet indicateur, sont considérées comme urbaines les zones agglomérées de plus de 5000 habitants.

Dans le cadre de la recherche du lien entre les caractéristiques intrinsèques des granulats de chaussées et l'accidentologie, l'I.A.L. le plus pertinent est celui représentant le réseau national (RN) et départemental (RD) non urbain.

En milieu urbain, le facteur lié à l'adhérence des chaussées est très rarement déterminant dans les accidents car les vitesses y sont généralement faibles.

L'I.A.L. autoroute dans le Cantal est peu significatif parce que, d'une part, le nombre de kilomètres concernés, de l'ordre de 50, est faible et que, d'autre part, l'A75 présente des caractéristiques particulières par rapport aux autres autoroutes (altitude, géométrie, nombre important de diffuseurs, absence de bandes d'arrêt d'urgence par endroit.)

L'I.A.L. RN-RD hors urbain dans le Cantal calculé sur plus de 400 km de routes et sur cinq ans est de 0,96. **Le risque de circuler dans le Cantal sur les routes départementales et la route nationale est donc inférieur au risque moyen en France.** Seuls une vingtaine de départements ont un risque inférieur au Cantal.

### 4.3. - L' ACCIDENTOLOGIE PAR TEMPS DE PLUIE ET MÉTÉO DÉGRADÉE

A titre indicatif, en 2007, en France, 23% des accidents corporels se sont produits sur des chaussées mouillées. Ces accidents représentent 18% du total des tués et blessés hospitalisés (source ONISER).

Dans le Cantal, une analyse récente effectuée par l'Observatoire Départemental de l'Accidentologie a montré que, sur la période 2003-2007, il y avait eu 101 accidents corporels sur routes mouillées faisant 17 tués et 76 blessés hospitalisés soit 20% des accidents et 21% des tués et blessés.

**On peut en déduire, en ce qui concerne les accidents corporels sur chaussée mouillée, qu'il n'y a pas d'écart significatif entre la situation observée dans le Cantal et celle observée sur l'ensemble du territoire national.**

**Cette observation prend encore plus d'importance quand on constate que :**

- les précipitations sont supérieures dans le Cantal par rapport à la moyenne nationale, tant en quantité qu'en nombre de jours de pluie.
- les météos hivernales sont plus rudes que sur la majorité des autres départements français du fait d'une altitude globalement supérieure du réseau routier.



#### **4.4. - CONCLUSION**

**La qualité des granulats des revêtements de chaussées en matière de sécurité routière n'est donc qu'un facteur parmi d'autres. Il n'est pas, le plus essentiel, ce qui signifie :  
" *qu'il n'y a pas que la résistance au polissage dans la vie* "**

**La micro rugosité des granulats des chaussées et son évolution dans le temps influe certes sur l'adhérence des chaussées et, pour autant, le lien entre la qualité des granulats et l'accidentologie reste à démontrer, tout du moins dans le Cantal.**

## 5 - RESISTANCE AU POLISSAGE DES GRAVILLONS BASALTIQUES

La résistance au polissage (PSV) est une des principales caractéristiques intrinsèques du granulat qui participe au maintien de l'adhérence au même titre que la formule et la dimension maximale "D" du revêtement, sous trafic.

Le présent chapitre analyse la résistance au polissage de gravillons basaltiques en effectuant des essais d'abrasion en laboratoire et en mesurant le comportement du polissage sur chaussée.

### 5.1. - PLANCHES EXPÉRIMENTALES NATIONALES : ADHÉRENCE DES GRANULATS.

Des planches nationales réalisées en 1992 et 1998 dans les Deux Sèvres, en Vendée, dans l'Allier et le Puy de Dôme ont permis d'apprécier l'évolution de l'adhérence de plusieurs types de mélanges granulaires.

Ces planches permettent aussi d'analyser la contribution des caractéristiques intrinsèques des granulats à l'obtention et au maintien de niveaux d'adhérence satisfaisants.

Les formules expérimentées sont des BBTM 0/10 discontinus et continus, des BBTM 0/6 discontinus et des BBDr 0/10 discontinus. (Béton Bitumineux Très Mince et Béton Bitumineux Drainant)

Les caractéristiques intrinsèques normalisées des granulats qui composent les différents types de BBTM et de BBDr sont définies dans le tableau (5.1) en termes de résistance :

- A la fragmentation, évaluée par l'essai Los Angelès (LA)
- A l'usure, estimée par l'essai micro-deval en présence d'eau (MDE)
- Au polissage, apprécié par l'essai de CPA : (la résistance au polissage était appréciée à l'époque par l'essai CPA, aujourd'hui elle l'est par l'essai PSV dont la relation entre les 2 coefficients est :  $PSV = 100 CPA + 2$ ).

N°	Nature des granulats	LA	MDE	CPA	PSV
1	Microdiorite	12	10	0.50	52
2	Amphibolite	20	14	0.50	52
3	Tuf rhyolitique	12	5	0.51	53
4	Basalte	15	18	0.51	53
5	Granite grain fin	20	9	0.54	56
6	Granite grain moyen	25	15	0.58	60
7	Schiste	20	25	0.59	61

Tableau (5.1)



Mesure du PSV

Le classement des granulats employés vis-à-vis des niveaux d'adhérence est résumé à la figure (5.2) qui illustre les résultats de CFT (Coefficient de Frottement Transversal) et CFL 40 (Coefficient de Frottement Longitudinal mesuré à 40 Km/h). Pour les BBTM 0/10 discontinus ce niveau d'adhérence reste globalement le même quels que soient les types d'enrobés testés après un trafic cumulé de deux millions de poids lourds.

Ce suivi permet de montrer qu'un fort contraste en PSV amène un gain en CFT et CFL mais plus faible que celui espéré (résultats des granulats 6 et 7 par rapport aux granulats 2 et 3).

On observe également des incohérences entre les niveaux d'adhérence obtenus et les valeurs de PSV des granulats utilisés (Courbes des granulats 4 et 5 par rapport aux autres granulats).

Les constatations réalisées sur les séries de planches expérimentales en question ne permettent pas de conclure sur les contributions effectives et respectives des caractéristiques intrinsèques des granulats en termes de résistance à la fragmentation, de résistance à l'usure et de résistance au polissage.

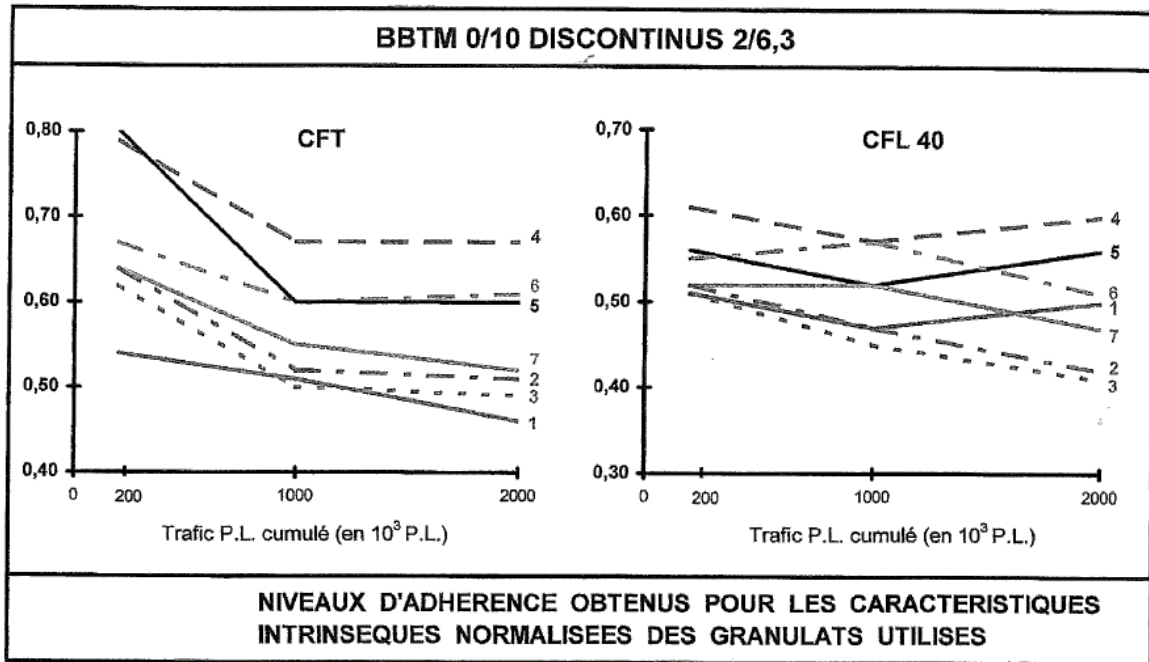


Figure (5.2).

*Il s'avère qu'un fort PSV ne se concrétise pas forcément par un niveau d'adhérence plus élevé que celui relevé avec un PSV faible.*



SCRIM  
Mesure du C.F.T.



Remorque ADHERA  
Mesure du C.F.L.



## 5.2. - ÉVOLUTION DU POLISSAGE EN LABORATOIRE D'UN GRAVILLON BASALTIQUE DU CANTAL.

L'évolution du polissage est examinée en faisant varier la durée d'abrasion du gravillon suivant 5 cycles consécutifs de polissage. La méthodologie de chaque cycle est analogue à celle de l'essai PSV.

La recherche compare le comportement du gravillon basaltique, de PSV 45, à un gravillon Gneiss, de PSV 56. L'évolution est résumée par le tableau (5.3) et graphique (5.4), elle montre que la valeur de PSV évolue beaucoup plus lentement avec le gravillon basaltique.

L'équation de la droite d'évolution du PSV donne une pente de coefficient:

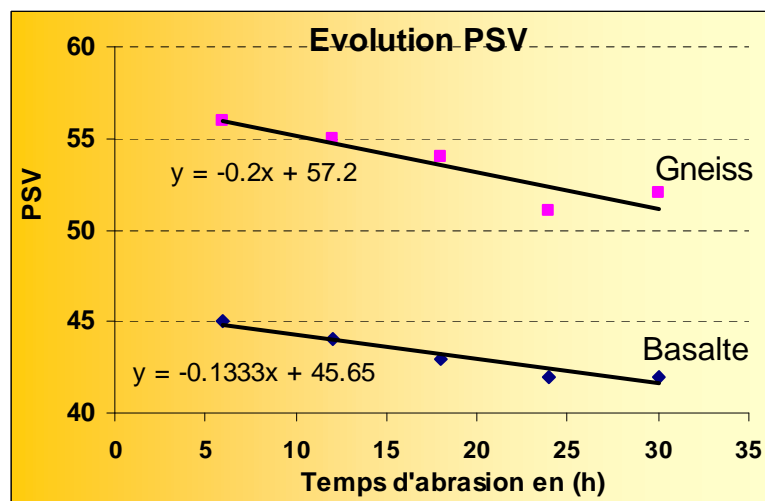
0.133 pour le basalte.

0.200 pour le gneiss.

Soit une variation de plus de 50% entre les deux matériaux.

	abrasion 6h	abrasion 12h	abrasion 18h	abrasion 24h	abrasion 30h
PSV gneiss	56	55	54	51	52
PSV basalte	45	44	43	42	42

Tableau (5.3)



Graphique (5.4)

***Cette étude montre que la résistance au polissage paraît évoluer plus lentement avec les matériaux basaltiques par rapport à des matériaux grenus.***

Cf : Etude réalisée dans le cadre de l'élaboration du présent guide, par Jessica Bertrand (Master Professionnel - Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand - rapport stage - COLAS Sud Ouest).

### 5.3. - COMPORTEMENT DU POLISSAGE SUR CHAUSSÉE D'UN BASALTE DU CANTAL.

La démarche compare l'évolution du polissage d'un gravillon situé en surface de la chaussée, en contact avec le pneumatique, et d'un gravillon situé dans la matrice de l'enrobé à plus de 20 mm de la partie supérieure de la couche.

La recherche est menée sur des échantillons prélevés sur deux sections droites et plates de la RN 122, situées en moyenne altitude, et de classe de trafic T1 - .

Chaque section est composée d'un enrobé BBSG 0/10 formulé avec des matériaux basaltiques issus d'un gisement local dont le PSV est compris entre 47 et 49 d'après l'historique des données recueillies.

Les sections sont intéressantes pour cette recherche car elles présentent un bon niveau de CFT (Coefficient de Frottement Transversal – mesures réalisées en 2003).

Section 1	
Date réalisation	: 1998
CFT	: 69
Section 2	
Date réalisation	: 2001
CFT	: 71

L'enrobé est prélevé par des carottages de 300 mm de diamètre, réalisés au droit de la bande de roulement coté rive de la chaussée.

Les gravillons 6/10 en contact avec le pneumatique sont marqués avec une solution indélébile. Chaque carotte est sciée à 20 mm de la partie supérieure pour faciliter la récupération des gravillons par extraction avec un solvant.

Le tableau (5.5) résume les valeurs de PSV obtenues sur les gravillons prélevés en surface et les gravillons prélevés dans la masse de l'enrobé.

On constate que quel que soit le lieu de prélèvement du gravillon celui-ci présente par section une même valeur de PSV.

	Gravillons en surface	Gravillons dans l'enrobé
Section 1	47	47
Section 2	48	48

Tableau (5.5).

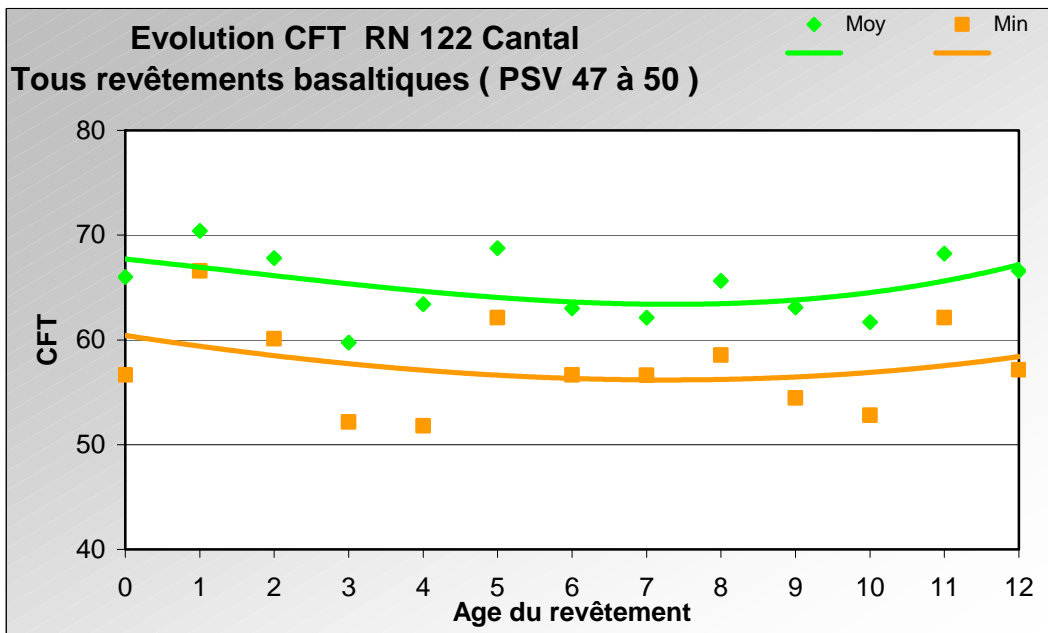
***Si l'on admet que le PSV du gravillon prélevé dans la masse est susceptible d'être identique au PSV initial, on observe que le PSV n'évolue pas dans le temps sous un trafic type TC4<sub>20</sub> après plus de 0.5 million de passage de poids lourds (section 1).***

Cf : Etude réalisée dans le cadre de l'élaboration du présent guide, par Jessica Bertrand (Master Professionnel - Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand - rapport stage - COLAS Sud Ouest).

## 5.4. - ÉVOLUTION DU NIVEAU D'ADHÉRENCE DANS LE CANTAL DE CHAUSSÉES FAISANT APPEL À DES BASALTES DE PSV < 50 .

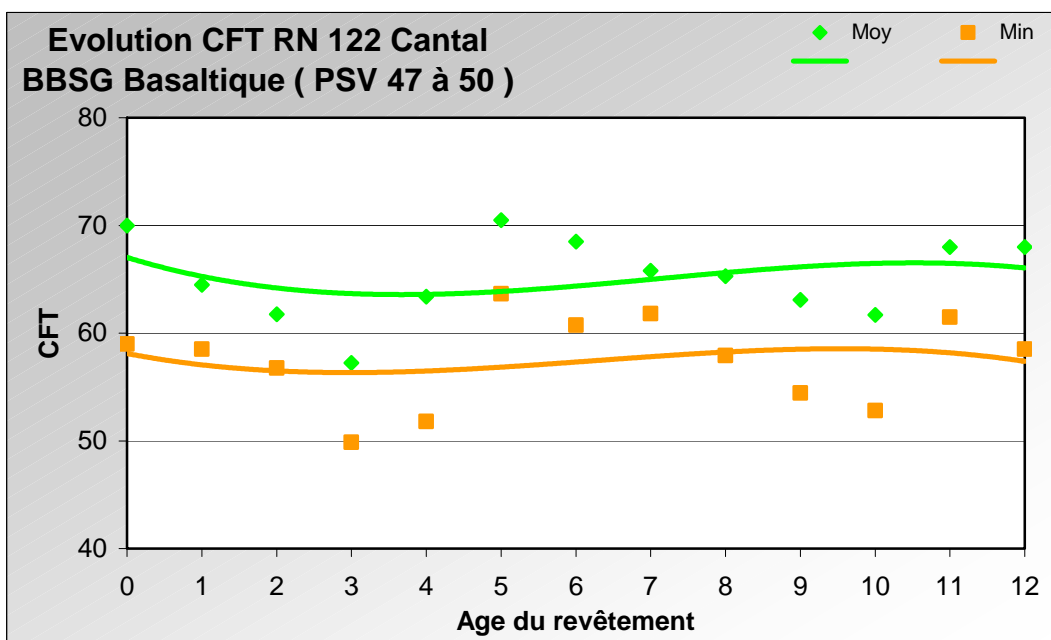
Le suivi de l'adhérence des chaussées du réseau routier national dans le département du Cantal (relevés IQRN – Indice Qualité Routes Nationales) est donné sur les graphiques (5.6) et (5.7) suivants.

Ces deux graphiques donnent les CFT mesurés (Coefficient de Frottement Transversal) sur les chaussées de la Route Nationale 122 dans le Cantal pendant ces 12 dernières années sur les seules sections traitées avec des enrobés utilisant des basaltes dont le PSV est compris entre 47 et 50, sous des trafics T1 et T2.



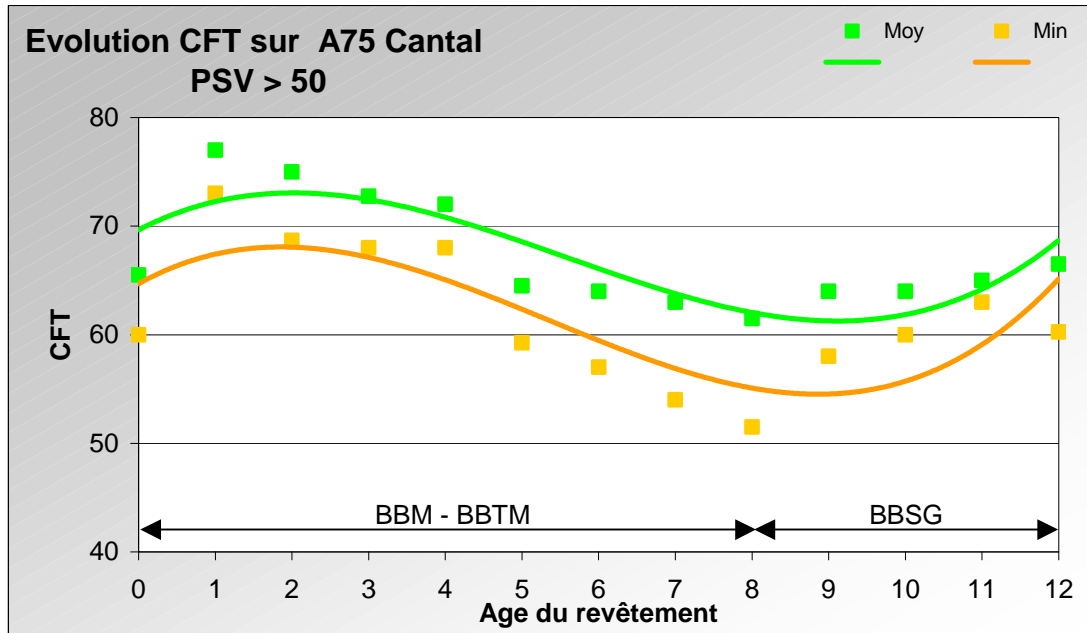
Graphique (5.6)

Il n'est pas observé de chute significative du CFT. A partir de la 3<sup>e</sup> année la valeur de CFT augmente sensiblement. Cette tendance est comparable à celle caractérisée sur les planches expérimentales nationales avec les granulats de même nature minéralogique.



Graphique (5.7)

Ces mesures sont peu différentes des valeurs relevées sur les revêtements de l'autoroute A 75 (trafic de classe T0), revêtements qui sont formulés avec des basaltes de PSV compris entre 50 et 52, graphique (5.8) avec un niveau d'adhérence meilleur au jeune âge (cinq premières années) et ensuite des valeurs voisines de celles trouvées sur les graphiques précédents.



Graphique (5.8)

### 5.5. – INFLUENCE DE LA FORMULATION SUR LE NIVEAU D'ADHÉRENCE.

L'adhérence des revêtements de chaussées peut aussi être améliorée durablement en agissant sur la formulation des bétons bitumineux : Dimension maximale D, courbe granulométrique, choix des constituants.

L'optimisation de cette formulation permet de compenser une résistance au polissage insuffisante des granulats.

Associée à une courbe granulométrique continue, la faible granularité d'un béton bitumineux augmente notablement le nombre de points de contact anguleux avec le pneumatique. Cette composition conduit à un accroissement de la microtexture du revêtement, la macrotexture devant toujours être suffisante. L'adhérence résultante des véhicules sur la chaussée est alors nettement améliorée quelle que soit leur vitesse de circulation.

Cf : article de la Revue Générale des Routes n°868 de Juillet/Août 2008 : Valorisation des granulats locaux de Michel Ballié (Directeur Technique Colas) et Pierre Dupont (SETRA)

**A ce titre, il sera préférable de privilégier les revêtements de chaussées dont la dimension maximale D des gravillons est inférieure ou égale à 10 mm.**

## **5.6. – INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DE LA CHAUSSÉE.**

L'obtention d'un bon niveau d'adhérence nécessite de respecter les exigences en termes de macrotecture, de microtexture, mais aussi de respecter les caractéristiques géométriques de la chaussée.

Les caractéristiques géométriques à respecter sont l'uni longitudinal et l'absence d'accumulation d'eau sur la chaussée.

- L'uni longitudinal est une condition préalable à la recherche de caractéristiques d'adhérence. Les seuils à respecter sont fixés par la circulaire n°2000-36 du 22 mai 2000 de la Direction des Routes.
- Les risques d'accumulation d'eau sont traités lors de la conception par le respect des pentes transversales, des changements de dévers et pendant l'entretien avec la suppression des déformations sur la chaussée ou des défauts de drainage latéral. On se reportera aux recommandations des documents suivants pour éliminer ces risques :
  1. Guide technique concernant l'aménagement des routes principales.
  2. Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines.
  3. Recommandation pour l'assainissement routier.
  4. Guide pratique concernant l'entretien courant de l'assainissement de la route.

## 6 - REGLES D'UTILISATION DES BASALTES EN COUCHE DE ROULEMENT DANS LE DEPARTEMENT DE CANTAL

Les règles d'utilisation définies aux articles 6.2 et 6.3 ci-après, ont été établies à partir d'expérimentations réalisées sur des routes du département du Cantal dont la classe de trafic n'excède pas T1, avec des matériaux de PSV supérieur à 47 provenant de ce département.

### 6.1. - 1<sup>er</sup> CAS : PSV $\geq$ 50

#### PSV supérieur ou égal à 50

Ces gravillons basaltiques ne posent pas de problème (dans la mesure où ils sont conformes aux autres spécifications normatives), et notamment ceux provenant de carrières du Cantal en cours d'exploitation et recensées dans le tableau (6.1) ci-dessous.

<i>Commune</i>	<i>Nom de la carrière</i>	<i>Entreprise</i>
Arches	Chabannes et Roches Cornaires	Bergheaud Jean-Pierre
Lavastrie	La Devèze	Carrières Prat
Saint Flour	Les Cramades	Marquet S.A.S.
Sauvat	Puy l'Abbé	Persiani et fils S.A.
Neussargues Moissac	Rocher de Laval	Carrières Monneron S.A.

Tableau (6.1)

### 6.2. - 2<sup>ème</sup> CAS : 47 $\leq$ PSV < 50

#### PSV supérieur ou égal à 47 mais inférieur à 50

Ces gravillons basaltiques provenant de gisements du Cantal en cours d'exploitation, recensés dans le tableau (6.2) pourront être utilisés en couche de roulement sur routes **dont la classe de trafic n'excède pas T1**, sous réserve d'application des critères d'acceptation ci-après.

<i>Commune</i>	<i>Nom de la carrière</i>	<i>Entreprise</i>
Arches	Chabrespy	RMCL
Carlat	Lachaud	Vergne Frères S.A.
Saint Santin Cantalès	Carrière et Le Bru	Vergne Frères S.A.
Saint Chamant	La Breisse	Vergne Frères S.A.
Saint Clément	Curebourse	Vergne Frères S.A.

Tableau (6.2)

Ces gravillons sont acceptés en couche de roulement s'ils répondent aux exigences suivantes.

- Gravillons faisant l'objet d'un marquage CE 2+
- Gravillons conformes aux textes en vigueur pour les caractéristiques autres que le PSV: Normes NF EN 13043, XP P18-545 et note d'information CFTR n° 10.
- Une FTP est communiquée au Maître d'Ouvrage tous les ans, elle mentionne les valeurs LA (Los Angeles), MDE (Micro-Deval) et PSV obtenues durant l'année en cours (les 3 essais étant réalisés sur le même prélèvement).
- Le Maître d'Ouvrage peut, s'il le juge nécessaire, faire exécuter à sa charge, par un organisme agréé, des essais complémentaires. En cas de litige seuls, les résultats de l'organisme mandaté seront retenus.

**Rappel : Si le PSV est inférieur à 47, le gravillon ne peut être utilisé en couche de roulement.**

### 6.3. - 3<sup>eme</sup> CAS

Ce cas traite des gravillons d'un nouveau gisement ou de gravillons n'ayant, à la date d'élaboration du présent guide, jamais été utilisés en couche de roulement.

Les gravillons basaltiques provenant de ces gisements, dont le

#### **PSV supérieur ou égal à 47 mais inférieur à 50,**

pourront être utilisés en couche de roulement sur routes **dont la classe de trafic n'excède pas T1**, sous réserve d'application des critères d'acceptation ci-après.

La présente règle ne concerne que les matériaux basaltiques destinés à être utilisés en couche de roulement dans le département du Cantal.

#### 6.3.1. – ACCEPTATION PROVISOIRE

Ces gravillons sont **acceptés provisoirement** en couche de roulement s'ils répondent aux exigences suivantes :

- Les matériaux sont bien issus de roches basaltiques.
- Les données géologiques et pétrographiques du gisement sont connues.
- Les gravillons sont marqués CE 2+.
- Les matériaux sont conformes aux textes en vigueur pour les caractéristiques autres que le PSV : Normes NF EN 13043, XP P18-545 et note d'information CFTR n°10.
- Une FTP est communiquée au Maître d'Ouvrage, elle reprend les principales caractéristiques intrinsèques de la dernière production annuelle avec un minimum de 3 résultats pour les critères LA (Los Angeles), MDE (Micro-Deval) et PSV (les 3 essais étant réalisés sur le même échantillon). Ce document et le contrôle extérieur se doivent d'être conformes aux règles et spécifications du fascicule 23 du CCTG.
- Le Maître d'Ouvrage peut, s'il le juge nécessaire, faire exécuter à sa charge, par un organisme agréé, des essais complémentaires. En cas de litige, seuls les résultats de l'organisme mandaté seront retenus.

**Rappel : Si le PSV est inférieur à 47, le gravillon ne peut être utilisé en couche de roulement.**

### 6.3.2. – ACCEPTATION DÉFINITIVE

La couche de roulement formulée avec ces gravillons fera l'objet d'une évaluation des caractéristiques de surface.

Cette évaluation sera réalisée sur un enrobé de type BBSG 0/10 (Béton Bitumineux Semi Grenu de granularité 0/10).

Il sera notamment vérifié les conformités des valeurs de CFT (Coefficient de Frottement Transversal) réalisés conformément aux normes d'essais en vigueur (NF P 98 220-4), au point zéro (après décapage du film de liant), puis à 1 an, et 3 ans.

La moyenne de chaque série de mesures devra être conforme à la valeur de référence (valeur moyenne obtenue au point zéro) avec une baisse moyenne maximum de :

- 5 points à 1 an.
- 11 points à 3 ans.

Avec une valeur minimale supérieure à :

- 60 au point zéro
- 50 à 3 ans.

L'acceptation définitive en couche de roulement d'un gravillon issu d'un nouveau gisement s'effectue la 3<sup>ème</sup> année, après validation in situ des caractéristiques d'adhérence de la chaussée.

Cette acceptation est alors obtenue pour tous les types de formulation (de  $D \leq 10$  mm).

Le nouveau gisement est alors inséré dans le tableau (6.2) du 2<sup>ème</sup> cas.



# 7 – REDACTION DES DOSSIERS DE CONSULTATION DES ENTREPRISES

## C.C.A.P.

### ARTICLE : DEROGATIONS AUX DOCUMENTS GENERAUX

Indiquer les dérogations aux normes produits concernées pour la réalisation des travaux concernés par le D.C.E.

## C.C.T.P.

### ARTICLE : PROVENANCE DES MATERIAUX

Les matériaux et liants seront présentés dans le SOPAQ que l'entreprise soumettra dans son offre.

Toutefois, il sera accepté pour les matériaux

de code B, (  $LA_{20}$ ,  $M_{DE15}$ ,  $PSV50$  ),

ou de code C, (  $LA_{25}$ ,  $M_{DE20}$ ,  $PSV50$  ),

des gravillons basaltiques provenant de carrières du Cantal

- dont le PSV est supérieur ou égal à 47 et inférieur à 50,
- qui répondent aux exigences du « Guide Technique Départemental pour l'Utilisation de Gravillons Basaltiques en Couche de Roulement dans le Cantal ».

# 8 – BIBLIOGRAPHIE, REFERENCES NORMATIVES

## 8.1. - BIBLIOGRAPHIE

- Validation des guides Techniques Régionaux – Comité Français pour les Techniques Routières : CFTR Info n°9 – Décembre 2004
- Aide aux choix des granulats pour chaussées basée sur les normes Européennes - Comité Français pour les Techniques Routières : CFTR Info n°10 - Janvier 2005
- Aide au choix des Couches de Roulement vis-à-vis de l'Adhérence - Comité Français pour les Techniques Routières : CFTR Info n°7 - Juillet 2002
- Mesure de l'Adhérence des Chaussées Routières - Comité Français pour les Techniques Routières : CFTR Info n°11 - Mars 2005
- Adhérence des couches de roulement neuves et contrôles de la macrotecture – Circulaire 2002-39 de Mai 2002 de la direction générale des routes du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement – NOR : EQUR0210090C
- Utilisation des Normes Enrobés à Chaud : Guide Technique – Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes – Janvier 2008
- Planches Expérimentales Adhérence Granulats – P. Dupont, Y. Ganga, J. Bellanger et G. Delalande – Revue Générale des Routes et des Aéroports – RGRA n°788, Octobre 2000, pages 41-44
- Formulation des bétons bitumineux et résistance au polissage des granulats – M. Ballié et P. Dupont - Revue Générale des Routes et des Aéroports – RGRA n°868, Juillet-Août 2008, pages 93-97
- Fascicule 23 du CCTG : Fournitures granulats employés à la construction et à l'entretien des chaussées – Fascicule spécial n° 2008-1 du 31 août 2007 – Ministère de l'Écologie du Développement et de l'Aménagement Durables - NOR : ECEM0762360A
- Adhérence – Basalte – Etude de cas (Rapport) », en date de Mars 2007 – par Jessica BERTRAND - Master professionnel « géologie de l'aménagement » 1<sup>ère</sup> année – Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand II - COLAS Sud Ouest.

## 8.2. - RÉFÉRENCES NORMATIVES

- Norme NF EN 13043 – Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aéroports et d'autres zones de circulation – Août 2003 – AFNOR Éditions
- Norme XP P 18-545 – Granulats - Éléments de définition, conformité et codification – Mars 2008 – AFNOR Éditions
- Norme NF EN 1097-1 - Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats - Partie 1 : détermination de la résistance à l'usure (micro-Deval).- Novembre 1996 et Avril 2004 - AFNOR Éditions
- Norme NF EN 1097-2 - Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats - Partie 2 : méthodes pour la détermination de la résistance à la fragmentation. – Octobre 1998 et Novembre 2006 - AFNOR Éditions

- Norme NF EN 1097-8 - Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats - Partie 8 : détermination du coefficient de polissage accéléré – Mars 2000 - AFNOR Éditions
- Norme NF P 98-220-2 - Essais relatifs aux chaussées - Essais liés à l'adhérence - Partie 2 : méthode permettant d'obtenir un coefficient de frottement longitudinal (adhérence longitudinale). Novembre 1994 - AFNOR Éditions
- Norme NF P 98-220-3 - Essais relatifs aux chaussées - Essais liés à l'adhérence - Partie 3 : méthode permettant de mesurer le coefficient de frottement transversal entre un pneumatique de véhicule et la chaussée (adhérence transversale). – Juillet 1995 - AFNOR Éditions
- Norme NF P 98-220-4 - Essais relatifs aux chaussées - Essais liés à l'adhérence - Partie 4 : méthode permettant d'obtenir un coefficient de frottement transversal avec un appareil SCRIM. – Décembre 1996 - AFNOR Éditions
- Norme NF EN 13036-1 - Caractéristiques de surface des routes et aéroports - Méthodes d'essai - Partie 1 : mesurage de la profondeur de macrotexture de la surface d'un revêtement à l'aide d'une technique volumétrique à la tâche – Janvier 2002 – AFNOR Éditions
- Norme NF P 98-216-2 - Essais relatifs aux chaussées - Détermination de la macrotexture - Partie 2 : méthode de mesure sans contact. – Novembre 1994 - AFNOR Éditions





