

Paris (siège)  
58, boulevard Lefebvre  
75732 Paris Cedex 15

# RAPPORT D'ETUDE

LCPC / MSRGI / GMRGE

Guédon Sylvine

*IDTPE*

Chef de section

Téléphone : 33 (0)1 40 43 51 61

Télécopie : 33 (0)1 40 43 65 16

Mél : guedon@lcpc.fr

Site Web : www.lcpc.fr

<b>Demandeur :</b>	Coyne et Bellier
<b>Adresse :</b>	9 place des Barbanniers 92632 GENEVILLIERS Cedex
<b>Date de la demande :</b>	08/02/2007
<b>Référence de la demande :</b>	Bon de commande n°10178/315-1
<b>Intitulé de l'affaire :</b>	Etude pétrographique d'un échantillon de grès de Chavaria (Barrage de Taoussa)
<b>Responsable d'essais :</b>	Guédon Sylvine
<b>N° Activité :</b>	2007/33M07N56
<b>Affaire N :</b>	
<b>Rapport N :</b>	
<b>Page :</b>	1/1

Certification ISO 9001 - LRQA

*Etablissement public  
à caractère scientifique  
et technologique*

Nantes

Marne-la-Vallée

Satory-Versailles

**DETERMINATION DE LA REACTIVITE POTENTIELLE VIS-A-VIS DE  
L'ALCALI-REACTION SELON LA NORME FD P 18-542 (2004) POUR  
UN ECHANTILLON DE GRES DE CHAVARIA (BARRAGE DE  
TAOUSSA) (MALI)**

## I - PRESENTATION

➤ **Identification des échantillons:**

Les échantillons ont été réceptionnés au LCPC le 9 Janvier 2007, ils étaient sous la forme de deux blocs. Les échantillons ont été enregistrés et référencés sous le numéro figurant dans le tableau suivant.

Numéro du registre LCPC	Appellation Coyne et Bellier	Quantité reçue au LCPC
1020	Grés de Charavia	7642 g

➤ **Etude prévue au devis n°2006/334 du 09/01//2007 :**

Un étude pétrographique au microscope optique polarisant devra être menée en vue de déterminer la nature minéralogique des différents échantillons, et d'identifier les espèces susceptibles de réagir en milieu alcalin.

Cette investigation pétrographique devra être complétée selon la norme P18-542 par un essai rapide visant à déterminer la réactivité des granulats testés en observant leur variation dimensionnelle suivant la norme P18-590.

## II – ORGANISATION DE LA DEMARCHE PREVENTIVE

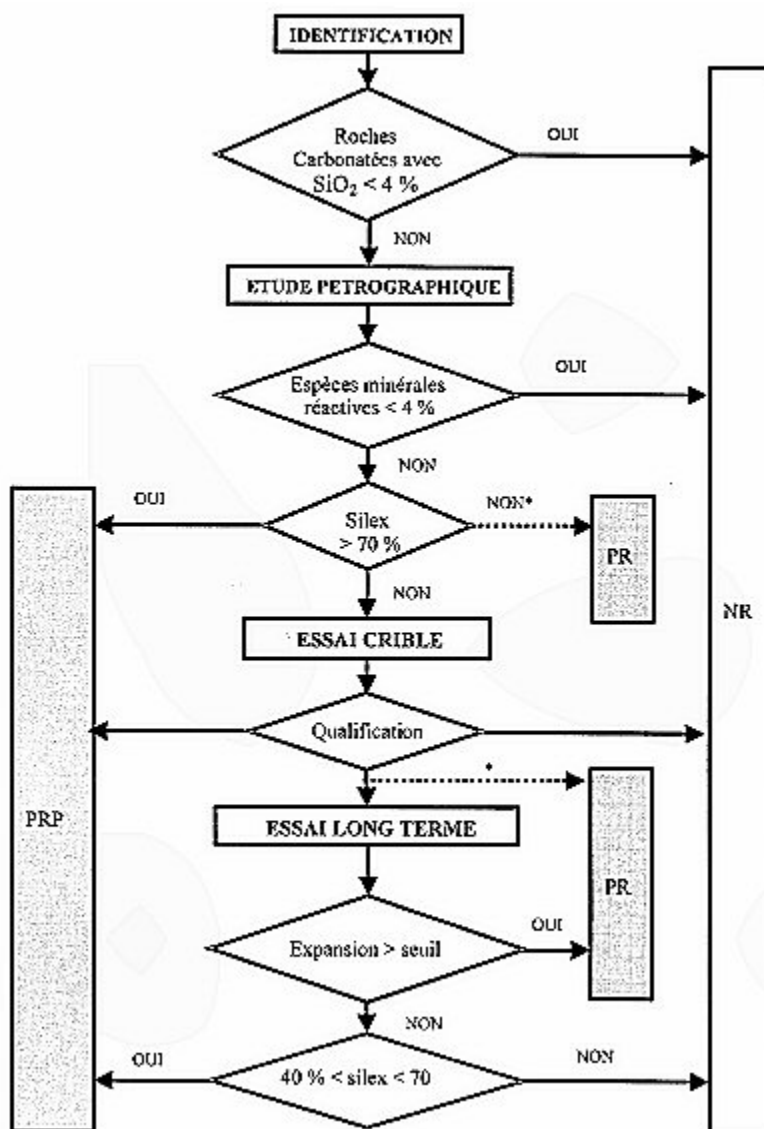
L'objet du fascicule de documentation P 18-542 (2004) « est de donner les moyens qui permettent de classer un granulat donné vis-à-vis de l'alcali-réaction »...

...« Il définit comment doit être conduite une opération de qualification d'un échantillon de granulat ou de roche vis-à-vis de l'alcali-réaction en s'appuyant sur des analyses et des méthodes d'essais normalisées. Il donne pour chacune des critères d'interprétation. Chaque méthode doit être utilisée strictement dans son domaine de validité. Ce dernier est défini pour chaque norme d'essai. »

Une fourniture de granulats peut être classée vis-à-vis de l'alcali-réaction, soit comme non réactive NR, soit comme potentiellement réactive PR, soit comme potentiellement réactive à effet de pessimum PRP.

Les déterminations conduisant au classement des granulats s'appuient sur des caractéristiques pétrographiques et sur des normes précisées dans le fascicule de documentation P 18-542 (2004). Le classement en non réactif NR, potentiellement réactif PR et potentiellement réactif à effet pessimum PRP doit être effectué pour chaque type de granulat (gravillon1, gravillon2, sable1, sable2...)

Le schéma suivant met en évidence l'ordre qu'il convient de suivre afin de qualifier un matériau vis-à-vis de l'alcali-réaction; premièrement une étude pétrographique puis éventuellement, un essai dont le choix dépend du diagnostic pétrographique. Ce schéma est extrait du fascicule de documentation P 18-542 (2004). Il convient de noter que la diagnose pétrographique, est soit suffisante et, dans ce cas, classe le matériau en non réactif NR, soit oriente vers un essai de qualification dont la nature dépendra des informations fournies par la diagnose (type de minéraux, répartition et nature de la matrice), paramètres qui permettent de préciser le domaine de validité des essais.



Le diagnostic pétrographique intervenant dans le cadre de la norme FD P 18-542 (2004) a pour but de déceler les espèces pétrographiques susceptibles d'entraîner des désordres lors de leur incorporation dans le béton. Comme tout diagnostic pétrographique, l'étude orientée vers l'alcali-réaction est grandement basée sur l'expérience de l'observateur, qui va pouvoir déceler les défauts, les modifications, et les indices susceptibles d'orienter son diagnostic vers la non réactivité ou la réactivité potentielle du ou des granulat(s) en question.

Plusieurs facteurs sont susceptibles de rendre certains minéraux réactifs ou non. La plus ou moins grande altérabilité de certains minéraux comme les feldspaths a une influence sur leur réactivité en milieu alcalin, par la re-mobilisation de certains ions comme  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ .

Le quartz, autre minéral abondant dans les granulats peut présenter certaines morphologies susceptibles de le rendre plus vulnérable aux attaques en milieu alcalin.

Enfin la silice peut être présente sous différentes formes cristallographiques et peut-être même amorphe .

La norme FD P 18-542 (2004) précise :

**Remarques :**

Les examens et comptages minéralogiques sur gravillons de roches alluvionnaires, se font sur chaque coupures commercialisées, de préférence après réduction à la granulométrie des sables.

Pour les sables de roches alluvionnaires, l'examen et le comptage minéralogique se feront sur lame mince.

Ces techniques de bases sont complétées si besoin est, par des méthodes telles que :

- diffraction des rayons X ;
- examen au microscope électronique à balayage de surfaces polies après attaque [4].

Les critères de non-réactivité :

L'identification des minéraux présents peut permettre de s'assurer de la non-réactivité de roches meubles ou massives ou de granulats élaborés.

Une roche ou un granulats est diagnostiqué par la pétrographie comme Non-Réactif (NR) si l'un des critères quantitatifs suivants est satisfait :

Cas des roches carbonatées :

- l'analyse révèle une teneur en silice (SiO<sub>2</sub>) inférieure à 4 % [5] et aucune concrétion siliceuse (silex, chailles) n'est identifiée dans le gisement.

Cas des roches siliceuses types quartzites ou grès :

- dans ces roches, la pétrographie doit montrer qu'il n'y a pas de microquartz de recristallisation souvent d'origine tectonique ; leur recherche peut être guidée par la présence de quartz à extinction ondulante qui leur sont généralement associés.

Cas des roches silicatées (granite, gneiss, andésite, basalte etc) :

- ces roches ont des compositions pétrographiques variées, les indices de réactivité doivent, comme dans le cas précédent, être recherchés dans la présence de microquartz de recristallisation mais aussi dans l'existence de phase vitreuse ou de variété de silice, comme la cristobalite et/ou la tridymite parfois en vacuoles.

Le tableau suivant regroupe les principaux indices de réactivité, issus d'une recherche bibliographique dans les principaux documents suivants.

Indices de réactivité : minéraux sensibles en milieu alcalin et indices texturaux	Présence ou absence Quantité
Quartz à réseau déformé présentant une extinction ondulante	
Quartz microcristallins à cryptocristallins	
Quartz polygonisés	
Quartz rhyolitique à bordure réactionnelle Textures sphérolitiques (réactionnelles)	
Micro-quartz de seconde génération (en général de bordure micro-quartz formés par recristallisation dynamique de quartz contraints).	
Verre siliceux dévitrifiés, microfissurés	
Verre siliceux	
Présence de tridymite, cristobalite, calcédoine, d'opale	
Minéraux feldspathiques et micacés altérés	
Oints de grains élargis ou bien ouverts	
Bordures digitalisées, issues d'une dissolution par pression	
Texture métamorphique litée	
Textures symplectiques	

Document « Recommandations pour la prévention des risques dus à l'alcali-réaction ». 1994 et FD P 18-542 (2004).

Document « Pétrographie appliquée à l'alcali-réaction » A.Le Roux, J.Thiébaud, S.Guédon, C.Wackenheim. 1999.

Document Habilitation à Diriger des Recherches S.Guédon « Pétrographie : de la Carrière à l'ouvrage ». Université Orsay Paris-Sud. Mai 2005.

### III – DETERMINATION PETROGRAPHIQUE AU MICROSCOPE OPTIQUE POLARISANT

Le microscope optique polarisant est l'outil essentiel nécessaire à la détermination pétrographique. Cette technique est basée sur la détermination des caractéristiques optiques des minéraux contenus dans les échantillons de roches.

➤ **Matériel :**

L'étude a été réalisée à l'aide d'un microscope optique polarisant NIKON Optiphot 2-pol.

➤ **Préparation des lames minces pétrographiques:**

Cette technique d'observation nécessite la confection de lames minces de 30 µm d'épaisseur, épaisseur nécessaire et suffisante pour rendre toute roche transparente aux rayons lumineux. Les lames minces pétrographiques sont obtenues à partir de blocs sciés et polis présentées dans le tableau 3.

Ces sections polies sont collées sur des lames de verre. Compte tenu de la porosité des échantillons étudiés, une imprégnation préalable par une résine Epoxy a été nécessaire. Dans le cas précis des échantillons du dossier 33M07N56, un colorant bleu a été mélangé à la résine dans le but de mettre en évidence la porosité et la fissuration.

L'échantillon est ensuite usé, sur un plateau en fonte avec un abrasif de taille 9 µm, jusqu' l'épaisseur de 30µm. A ce stade la lame mince devient transparente aux rayons lumineux. Le contrôle de l'épaisseur est fait en utilisant les propriétés optiques des minéraux, en particulier le quartz.

➤ **Observations :**

L'observation se fait grâce à une lumière transmise et :

- en lumière polarisée non analysée (LPNA),
- en lumière polarisée analysée (LPA).

Pour des sections polarisant très peu, il y a intérêt à superposer au trajet du rayon lumineux une lame auxiliaire de retard connu (par exemple une longueur d'onde  $\lambda$ ), on emploie alors un quartz teinte sensible, la porosité prend alors une teinte rose vif (en abrégé LP+ $\lambda$ ).

➤ **Présentation des résultats :**

Les résultats sont présentés sous la forme d'images, légendées et expliquées.

Correspondance grossissement et échelle des images				
Grossissement	(x50)	(x100)	(x200)	(x400)
Echelle de l'image en horizontal	2,8 mm	1,4 mm	0,70 mm	0,35 mm

## IV – EXAMEN DES ECHANTILLONS

### IV-1 :1020 - Grés à tendance quartzitique de Chavaria (Mali)

Texture : grenue

Minéralogie : essentiellement composé de grains de quartz automorphes à sub-automorphes. Des cristaux de muscovite alignés soulignent une origine métamorphique donnant donc à cette roche une tendance quartzitique.

Indices de réactivité : minéraux sensibles en milieu alcalin et indices texturaux	Présence ou absence Quantité
Quartz à réseau déformé présentant une extinction ondulante	Présence à environ 30%
Quartz microcristallins à cryptocristallins	Présence
Quartz polygonisés	Présence
Quartz rhyolitique à bordure réactionnelle Textures sphérolitiques (réactionnelles)	Absence
Micro-quartz de seconde génération (en général de bordure micro-quartz formés par recristallisation dynamique de quartz contraints).	Présence
Verre siliceux dévitrifiés, microfissurés	Absence
Verre siliceux	Absence
Présence de tridymite, cristobalite, calcédoine, d'opale	Absence
Minéraux feldspathiques et micacés altérés	Absence
Joints de grains élargis ou bien ouverts	Présence
Bordures digitalisées, issues d'une dissolution par pression	Présence
Texture métamorphique litée	Présence
Textures symplectiques	Absence

Cette roche présente de nombreux critères de réactivité. D'après le schéma de la norme FD P 18-542 ce grés à tendance quartzitique est pétrographiquement considéré comme réactif.

## V- REALISATION D'UN ESSAI CRIBLE ET CONCLUSION

L'essai crible sélectionné est l'essai accéléré à l'autoclave sur mortier selon le mode opératoire décrit dans l'Article 5 de la norme XP P 18-594 (2004).

Cet essai rapide (durée 5 jours) porte sur des éprouvettes de mortier de 4 cm x 4 cm x 16 cm, avec une cure à l'autoclave selon les conditions opératoires définies dans la précédente norme.

Pression relative 0,15 MPa et température de 127°C pendant 5 heures.

Le critère de non réactivité est une expansion inférieure à 0,15% sur la moyenne des trois résultats.

Pour le grés de Charavia le résultat de cet essai rapide a été de 0,16% donc supérieur au seuil de 0,15%, il confirme le résultat de l'essai pétrographique.

Le diagnostic concernant ce granulats est donc POTENTIELLEMENT REACTIF.

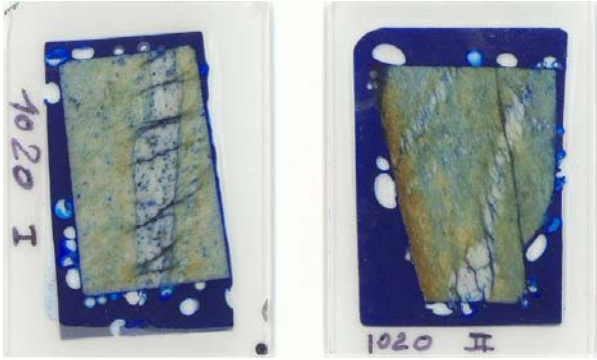
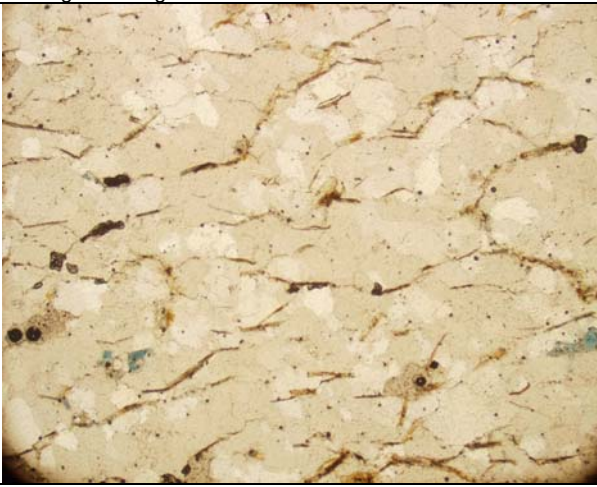
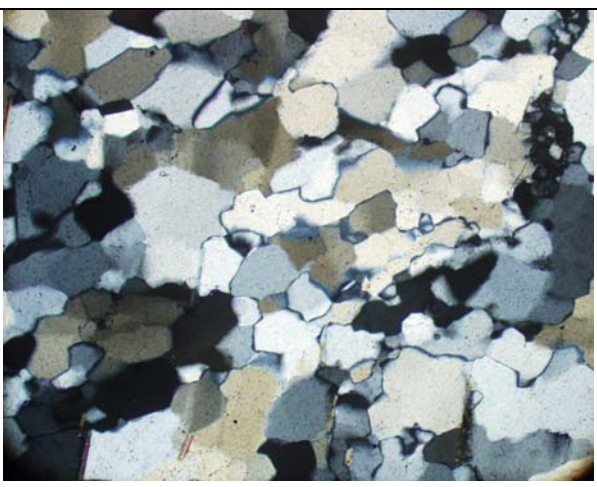
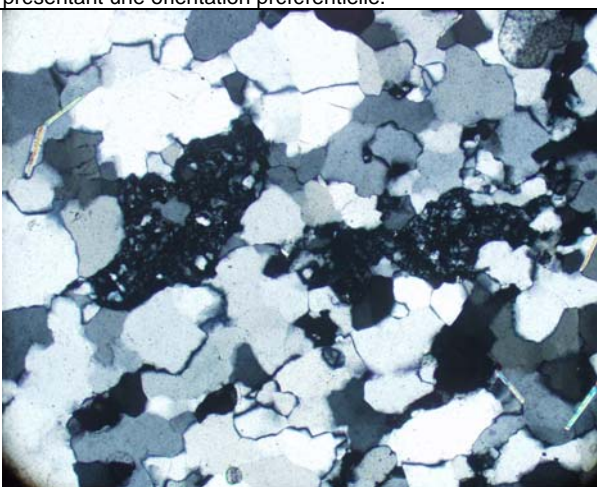
Compte-tenu du fait que le résultat est très proche du seuil il conviendrait de réaliser un essai à long terme sur la formulation qui sera réellement utilisée dans le chantier futur selon la norme NF P 18-454 « réactivité d'une formule de béton vis-à-vis de l'alcali-réaction- essai de performance ».

Paris le 5 Avril 2007  
S.GUEDON

*La reproduction de ce rapport, sans aucune modification d'aucune sorte est seule autorisée. Il comporte 5 pages et 2 pages d'annexe.*

*Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur des échantillons prélevés dans certaines conditions et envoyés au LCPC. La représentativité des échantillons ne peut être étendue à une population dont ils sont issus que si l'homogénéité de celle-ci peut être vérifiée.*

## VI – FICHE ECHANTILLON

Nom de la carrière : Chavaria (Mali)	Nom de la roche : <b>GRES à tendance quartzitique</b>
Nom de l'étude : Coyne et Bellier	Numéro de dossier : 33M07N56
Année : 2007	Ouvrage : Barrage de Taoussa
	
1020 : les deux échantillons 1020-I et 1020-II sont macroscopiquement proches et très fissurés.	1020-II-1 (x50) (LPNA) : cette roche est constituée majoritairement de quartz et de cristaux de muscovite présentant une orientation préférentielle.
	
1020-II-2 (x100) (LPA): les quartz présentent des extinctions ondulantes, et les limites de grains sont larges et parfois digitalisées.	1020-I-2 (x100) (LPA): entre les grains de quartz présence de zones siliceuses micro à crypto-cristallisées. A (x400) il s'agit de silice fibro-radiée.
Description minéralogique sommaire : texture grenue composée très majoritairement de quartz et de muscovite dont les baguettes s'orientent dans une direction préférentielle conférant probablement à cette roche une origine métamorphique néanmoins peu marquée (les quartz ne sont pas allongés).	
Nom de la roche : grès à tendance quartzitique	Diagnostic pétrographique : <b>PR</b>

### Résultats des essais alcali-réaction :

Normes	NF P 18-585	NF P 18-587	NF P 18-588	NF P 18-589	NF P 18-590	NF P 18-454	Autres
Résultat					<b>0,16</b>		
Critère de non réactivité	< 0,10% à 6 mois	< 0,04% à 8 mois	< 0,11%	Selon schéma	< 0.15%	< 0,02% à 3 mois + critère de pente	
Qualification	X	X	X	X	<b>PR</b>	X	X

### Diagnostic final :

Potentiellement réactif



Laboratoire Central  
des Ponts et Chaussées

**ESSAI NF P 18-594**  
**Eprouvette de mortier 4x4x16**

Division MSRGI  
Section GMRGE



N° d'essai: 43

Réf de l'échantillon: 1020 Mali

Nature: Grès

Forme: Concassé 0-5

Responsable d'essai: M. Laulom

Date: 26/01/2007

Sable: 1,2 kg de 0,16 mm - 5 mm

Ajout: Aucun

Ciment: 600 g de CPA CEM I 42,5 CP2 Héming

Eau: 300 ml

E/C:

C/G: 0,5

Sonde: 74,8 g/l

Gonflements

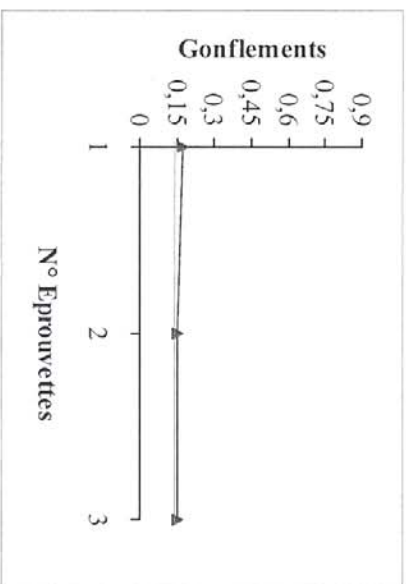
delta L1 (%): 0,171

delta L2 (%): 0,152

delta L3 (%): 0,156

delta L moyen (%): 0,16

Seuil de réactivité : 0,15 %



Potentiellement réactif

Variations de masses

delta M1 (g): 0,30

delta M2 (g): -0,20

delta M3 (g): -0,10

delta M moyen (g): 0,0

