

**TRAITEMENT A LA « FINE DE SCORIE BOF » POUR
L'AMELIORATION DES SOLS.
ETUDE TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTALE, RETOUR
D'EXPERIENCE.
YVES GOFFART
ArcelorMittal**

Résumé

Lors de l'affinage de l'acier carbone, la sidérurgie produit une scorie qui se délite lors du refroidissement. La chaux libre se concentre surtout dans la fraction fine du granulat.

Cette étude a pour but de démontrer que les propriétés de ces fines de scories étaient intéressantes pour leur valorisation dans le traitement et l'amélioration des sols : Propriétés hydrauliques, pouzzolaniques, et structurantes.

Les résultats donnaient un indice de portance immédiat de 10 jusqu'à des teneurs des sols en eau de 24%.

La facilité de mise en œuvre sans poussière, les résultats de lixiviation, l'économie de CO₂ et de ressources primaires font de cette solution une application écologique et de développement durable.

Samenvatting

Bij het zuiveren van het staal produceert de staalindustrie staalslakken, die zich "verslinteren" tijdens het afkoelen. De vrye kalk concentreert zich vooral in de fijne fractie van het granulaat.

Deze studie heeft tot doel te bewijzen dat bepaalde eigenschappen van deze slakken interessant zijn voor een toepassing als grondbehandelings en gondverbeteringsmiddel met name hun hydraulische, puzzolanische en structurende eigenschappen.

De resultaten van deze studie gaven een onmiddelijk draagsterkteindex van 10, voor een watergehalte van de grond gaande to 24%.

Het eenvoudig en stofvrij gebruik van dit product, de uitslagen van de uitloogproeven, de besparing aan CO₂ en primaire grondstoffen maken van deze aanwending een ecologisch en duurzame oplossing.

1 Introduction

Lors de l'affinage de la fonte en acier, le carbone est éliminé par de l'oxygène pur, une addition de chaux permet de capter les oxyde de silicium, de phosphore et de fer.

C'est cette phase qui, en refroidissant, se transforme en scorie.

A cause de ses propriétés hydrauliques, la scorie BOF a eu une image négative et justifiée dans des utilisations de granulats stables. Des efforts ont été entrepris pour en améliorer ses caractéristiques. Ici plutôt que de combattre ses points faibles, l'idée était d'en tirer parti et de les transformer en points forts. La chaux résiduelle peut en effet réagir avec un sol et en améliorer les caractéristiques, notamment la portance. Comment la scorie intervient-elle dans cette transformation des sols ? C'est ce que l'étude de CRR a voulu établir.

2 L'étude

2.1 Choix des matériaux

2.1.1 Des scories d'origines, de granulométries et d'analyse différentes ont été collectées.

2.1.2 Un granulats « inerte » de porphyre recomposé pour reconstituer le fuseau granulométrique de ces scories permettait de déterminer l'impact structurant des sols par la scorie mais aussi de faire apparaître l'effet de la chaux.

2.1.3 Différents limons et pour l'étude des limons de Rebecq et de Waremme.

2.1.1 Scorie 1

Calibre : 0/4mm ; < 63 μ m : 17,8% ; Teneur en eau : 15,3% ; Teneur en chaux libre : 5,2% ;
Densité compactée : 2,0

2.1.2 Scorie 2

Calibre : 0/10mm ; <63 μ m : 26,7% ; Teneur en eau : 7,9% ; Teneur en chaux libre : 3,2% ;
Densité compactée : 2,0

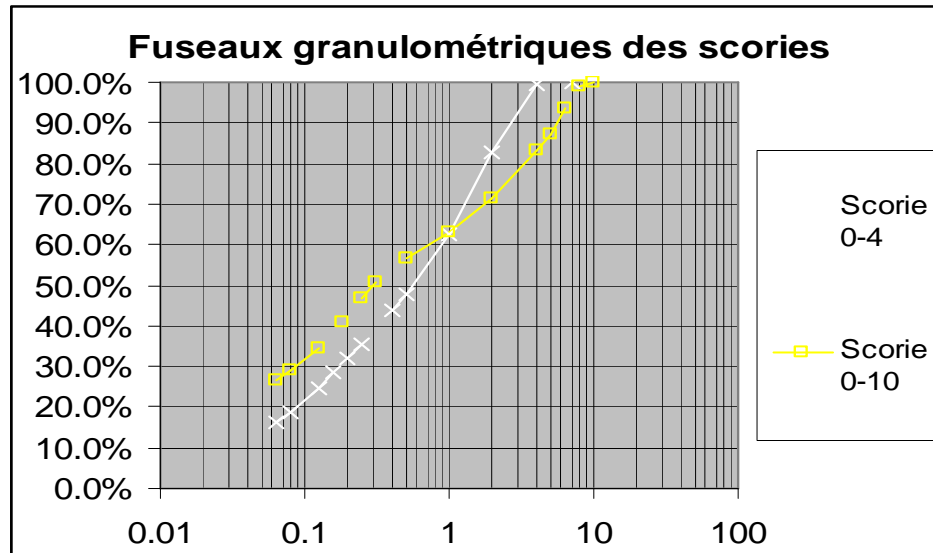


Figure 1

2.1.3 Limon de Rebecq

Teneur en eau : 20 à 27% ; Valeur au bleu de méthylène : 1,16 ; Limon de type A1 (suivant classification française).

2.1.4 Limon de Waremme

Teneur en eau : 20 à 27% ; Valeur au bleu de méthylène : 1,78 ; Limon de type A1/A2 (suivant classification française).

2.1.5 Porphyre

Deux sables de porphyres de fuseaux recomposés pour être de même granulométrie que les scories 1 et 2.

2.2 Essai Proctor normal (NF P94-093)

L'essai Proctor normal montre (figure 2) un optimum à 17% d'eau au lieu de 15% correspondant à un changement de structure plus ouverte. La densité plus élevée correspond au calcul théorique tenant compte des densités absolues des produits mis en œuvre.

Il faut remarquer qu'à fuseau granulométrique égal l'optimum de la scorie se situe à 17,0% d'eau au lieu de 14,3% à 16,0% pour le porphyre. Le résultat à la chaux est de 17,7%. (figure 3)

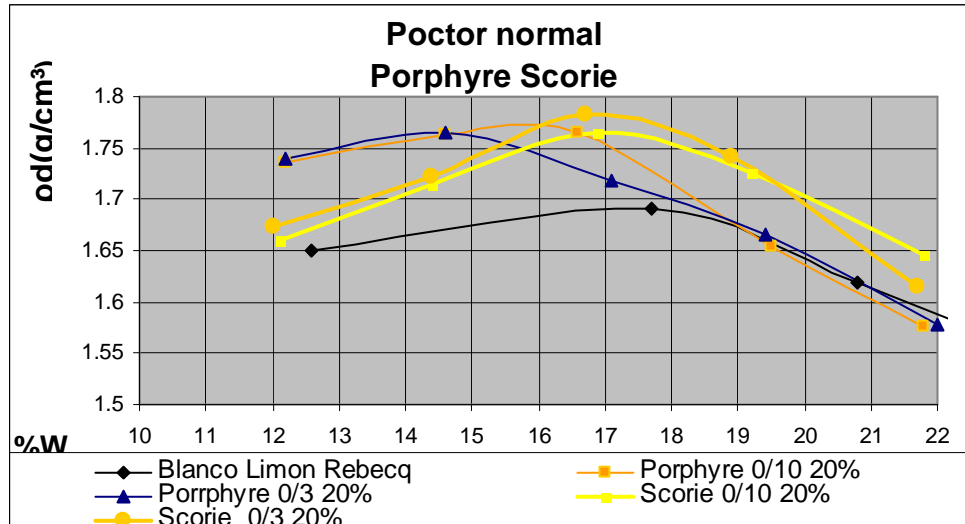


Figure 2

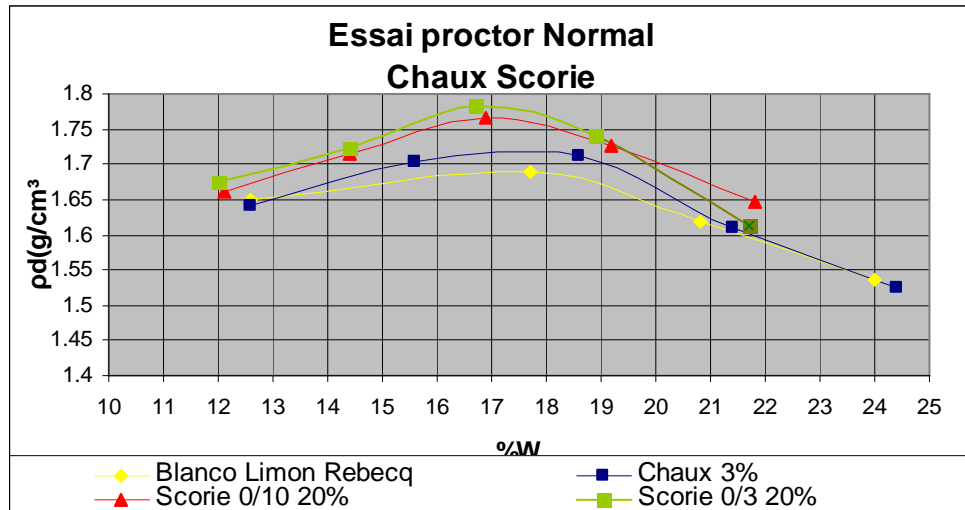


Figure 3

2.3 Mesure de l'indice de portance immédiat (NF P94-078)

Les diagrammes de l'IPI (figure 4) en fonction de la teneur en eau montrent l'effet structurant du porphyre dans le phénomène de portance. A cela s'ajoute le phénomène hydraulique de la chaux contenu dans la scorie. Une comparaison avec la chaux (figure 5) montre que les phénomènes s'additionnent. A cela s'ajoute un effet pouzzolaniques qui sera mis en évidence ultérieurement.

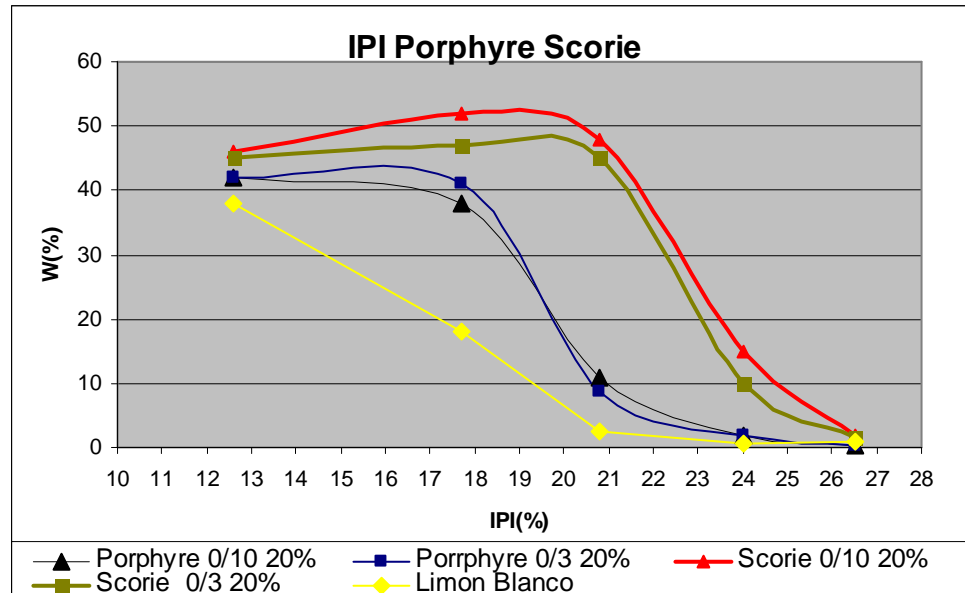


Figure 4

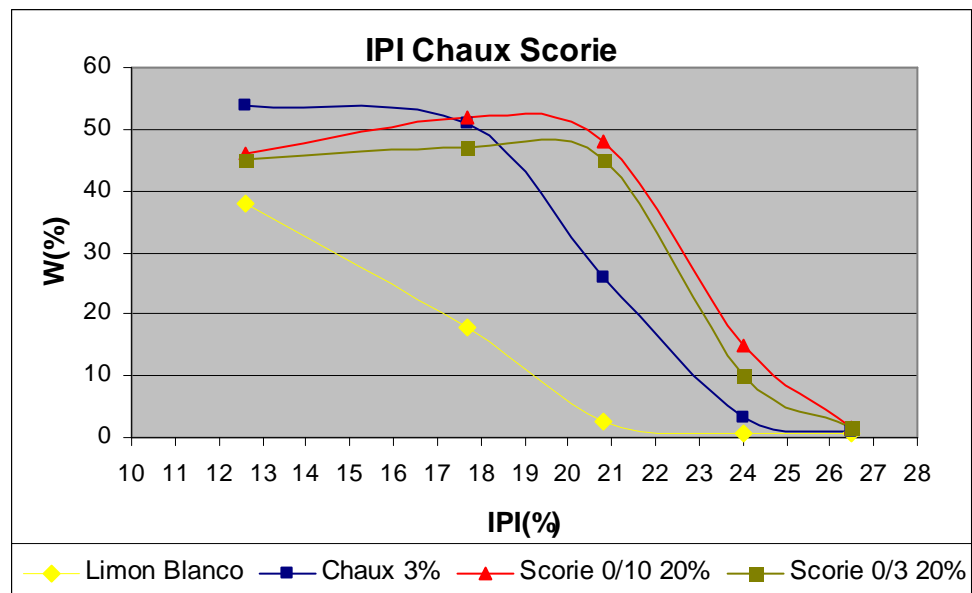


Figure 5

Ces trois actions additionnées l'une à l'autre étendent la plage de portance de manière significative pour rendre le sol praticable à 24 % d'eau.

2.4 Mesure de l'indice CBR après immersion (NF P94-078)

Le California Bearing ratio se situe à 45 et 50 à l'optimum Proctor. (figure 6)

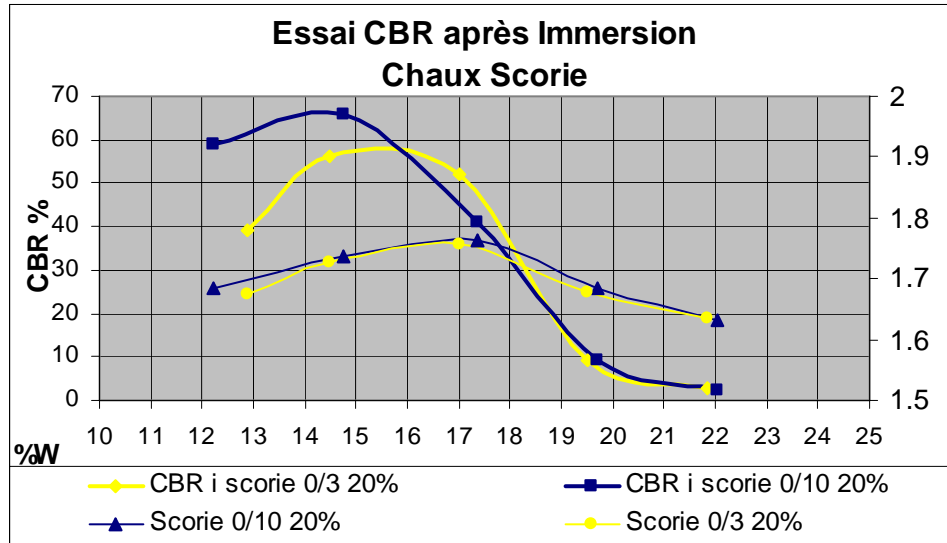


Figure 6

2.5 Essai de compression simple (CRR : Fascicule méthode d'essais 51.08)

Les essais de compressions ont été réalisés à 20 et 40°C (figure 7). L'effet pouzzolaniques se fait bien sentir par l'évolution de la résistance à la compression. L'essai accéléré à 40°C montre que cette évolution s'arrête à 2Mpa pour les deux scories.

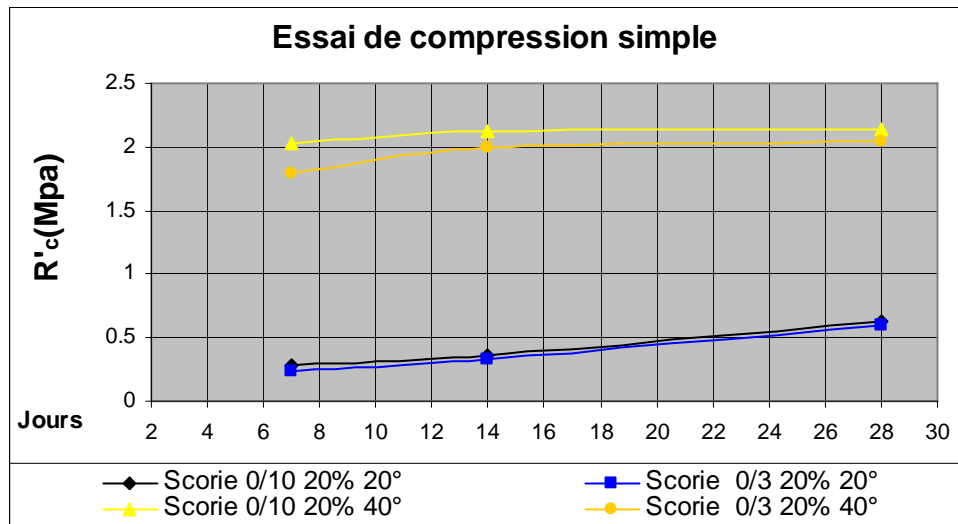


Figure 7

2.6 Essai de gonflement à 40°C (CRR: MF 67/93)

L'essai de gonflement a été réalisé avec la scorie et le porphyre de fuseau équivalent. (figure 8)

Le limon blanco donnait un résultat de gonflement de 3,32% après 28 jours à 40°.

La structure due à la présence de porphyre réduit légèrement ce gonflement à 2,79 et 2,44% respectivement pour les fuseaux de 0/10 et 0/3.

La réaction du limon avec la scorie réduit l'effet de gonflement à 0,36 et 0,04% la courbe durant cette période atteignait une asymptote quasi horizontale.

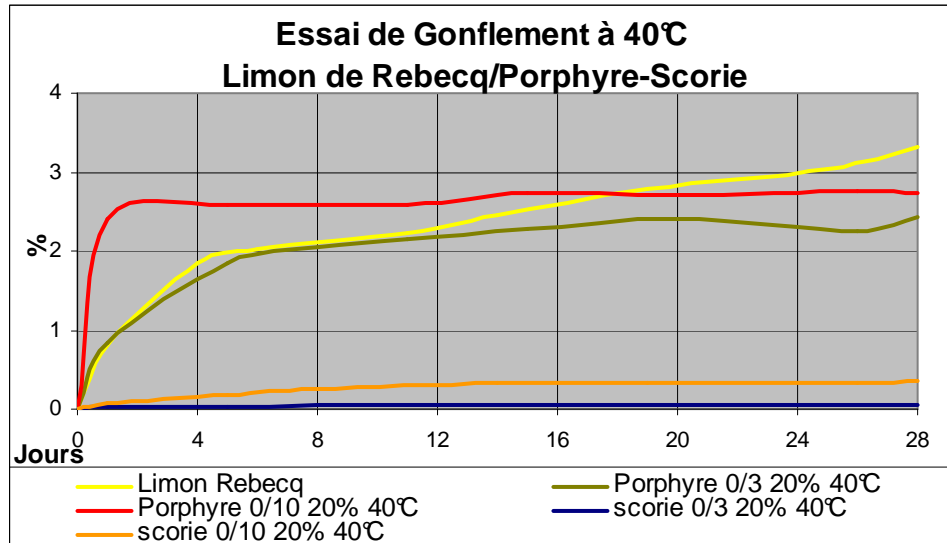


Figure 8

Afin de s'assurer de la stabilité du produit sur le long terme, un essai fut réalisé à 50°C et sur une période de 83 jours. Les résultats restaient stables à des niveaux de 1,53 et 0,55% de gonflement.

2.7 Comparaison de différents sols

L'essai a également été réalisé sur un sol plus argileux, celui de Waremmes. Comme pour d'autres liants, les résultats ne sont pas récurrent et on le voit à la (figure 9), à 18% d'eau le sol devient moins stable. Il est donc nécessaire d'effectuer une étude à chaque fois.

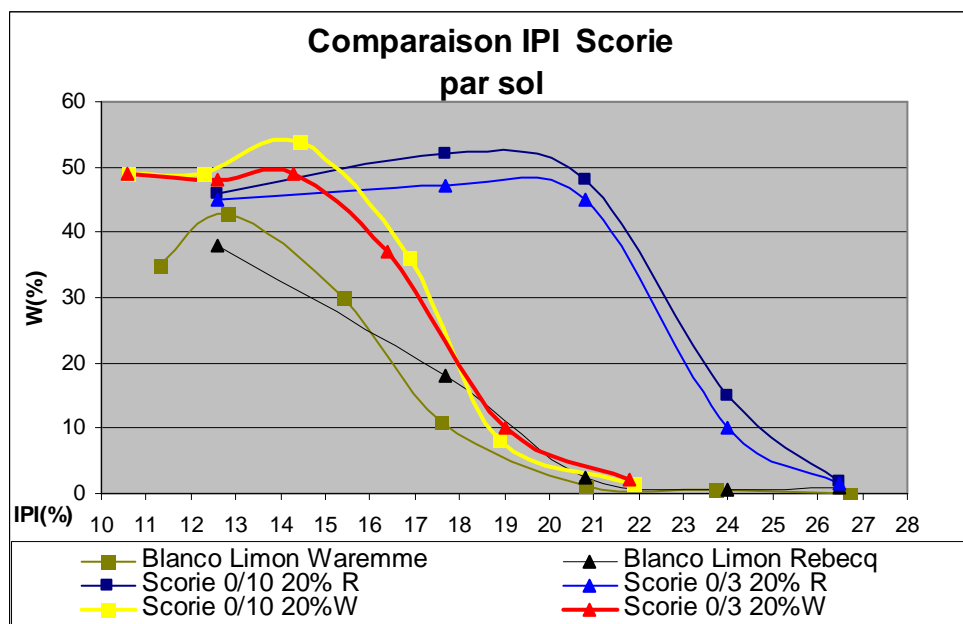


figure 9

3. Etude environnementale.

3.1 Lixiviation

La scorie est un coproduit de la sidérurgie dont le procédé de fabrication est stable. L'administration a cependant toujours été sensible au risque éventuel que se produit pourrait engendrer. Dès lors des tests de lixiviation sont effectués pour s'assurer de l'absence de dérive. Bien que les exigences des administrations se soient resserrées, la scorie reste en deçà des limites autorisées.

En fait le caractère basique (pH 10-12) permet même de réduire le caractère polluant de certains sols. Par son passage à 1550°C lors de l'affinage de l'acier cette scorie ne contient aucun élément organique et cela est démontré à chaque test. Restait à savoir si des métaux lourds pouvaient être présents sous forme lixiviable. Les tests sont réalisés suivant les normes NEN 7343 et DIN 38414-S4.

A la figure 10 nous reprenons les résultats suivant NEN 7343 (essai par percolation en colonne-flux ascendant) qui est la mesure la plus sévère en comparaison avec les valeurs seuils agréées par la région Wallonne. L'échelle logarithmique en mg/kg ms montre que le résultat des tests est 10 à 1000 fois plus faible que la valeur seuil selon l'AGW du 14 juin 2001.

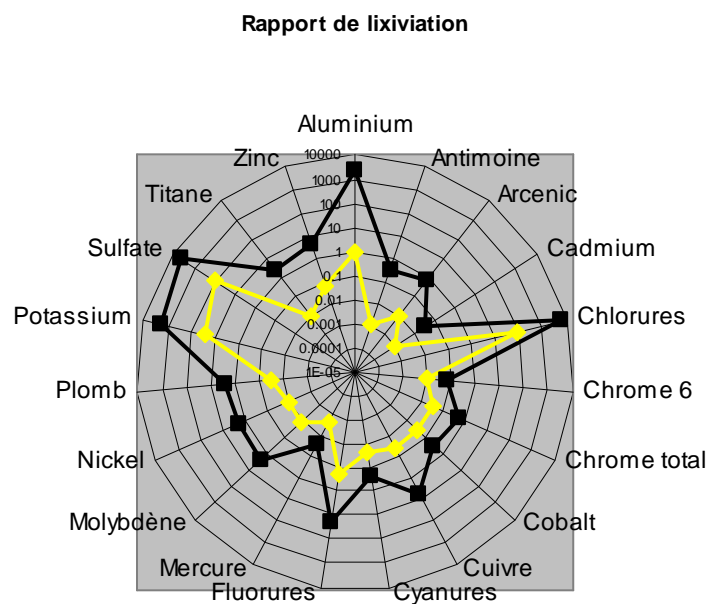


Figure 10

3.2 Effet CO2

La scorie se substitue à la chaux pour l'amélioration des sols à raison de 5 pour 1 puisqu'il faut 15% de scorie pour un équivalent de 3% de chaux. Sachant que la production de chaux consomme au minimum 900 kg de CO₂/tonne de chaux on peut considérer une économie de 180 kg/tonne de scorie. D'autre part la scorie est une matière première secondaire à comparer avec une ressource naturelle.

4 Mise en œuvre

La mise en œuvre pour le traitement des sols in situ peut se résumer comme suit :

4.1 Préparation du sol à traiter

Le remblai est exécuté par couches successives dont l'épaisseur est adaptée aux moyens d'exécution.

4.2 Conditions d'utilisation

Pour le traitement in situ, les camions peuvent benner en bordure de zone à traiter, l'épandage doit s'effectuer au moyen d'une niveleuse. L'épaisseur de la couche est réglée en fonction du dosage déterminé sur base de l'étude de formulation et de la teneur en eau du sol à traiter.

4.3 Malaxage

Le malaxage s'exécute de façon à obtenir un mélange homogène dans toute la couche traitée qui présente une couleur uniforme. L'épaisseur de la couche traitée est déterminée dans le Cahier Spécial des charges. A défaut, cette épaisseur est fixée à 30 cm.

4.4 Compactage

Le compactage doit s'effectuer en fonction des conditions météo et au plus tard en fin de chaque journée.

4.5 Conditions Météorologiques

Le traitement du sol ne peut être réalisé qu'à des températures supérieures à 4°C. En cas de gel, les couches éventuellement décompactées lors du dégel sont raclées jusqu'au sol dur et sont enlevées. Ces matériaux peuvent être utilisés dans des zones non portantes.

4.6 Prescriptions complémentaires pour travaux en site sensible

L'application des fines de scorie n'entraîne pas d'émission de poussières.

5 Retours d'expériences

L'usage de la scorie comme agent pour l'amélioration des sols a déjà été testé depuis 2002. Des chantiers ont été entrepris en 2005 et nous pouvons prendre à titre d'exemple :
Le chantier de bois Saint Jean réalisé par S.A. AB TECH et TERRA NOVA.

Les chantiers de la C.I.L.E rue de Renory à Angleur, rue Foche à Liège, rue du Moulin à Beyne Heusay, rue Mabotte à Jemeppe et place des Guillemins à Liège.

Les chantiers de l'A.I.D.E. rue de la Légia à Ans, rue de Visé à Jupille.

Le Country Hall du Sart Tilman : Traitement des terres et fourniture de la sous fondation.

Chantier SPI zone 3 du parc industriel des Hauts Sarts.

6 Conclusions

L'étude a pu montrer une bonne amélioration de la portance avec une addition de 15 à 20 % de scorie 0/3 ou 0/10. Le gonflement ne pose pas de problème. L'effet de la chaux libre apparaît bien lors des tests de compression. La comparaison entre un granulat inerte (porphyre) et la scorie montre à nouveau l'impact positif sur la portance due à la chaux libre. Des limons plus argileux n'ont pas le même comportement et dès lors un essai spécifique à chaque sol se révèle, comme pour les autres additifs, indispensable. Enfin la facilité de mise en œuvre fiabilise encore le résultat sur chantier.

Enfin, mais non la moindre, l'utilisation de la scorie réduit la consommation de nos ressources naturelle et d'une production de CO₂ de 180 kt par tonne utilisée.