

LAITIERS

sidérurgiques

N°100

octobre 2012



page 40

Guide SETRA,
à usage des maîtres
d'œuvre et des
maîtres d'ouvrage



page 8 | Le CTPL
un peu d'histoire



page 49 | Réalisations remarquables

page 28 | Valorisation des laitiers :
cadre juridique



page 18

Des chiffres et des lettres
(de noblesse) pour les laitiers

CTPL

CENTRE TECHNIQUE
ET DE PROMOTION
DES LAITIERS SIDÉRURGIQUES

ecart



Laitiers Sidérurgiques

Une belle vitalité !

Pour le 2^{ème} éditorial de la revue «Laitiers sidérurgiques» que j'ai le plaisir de signer, depuis mon arrivée à la présidence du CTPL, Centre Technique de Promotion des Laitiers Sidérurgiques, en avril 2009, j'ai le privilège de rédiger l'éditorial de son 100^{ème} numéro.

Un 100^{ème} numéro pour une revue technique, somme toute modeste comme «Laitiers sidérurgiques», avec la publication de 1 à 2 numéros par an, et un tirage à 3 500 exemplaires, constitue un événement tout à fait exceptionnel.

Cela signifie en premier lieu, et cela ne vous aura pas échappé, plus de soixante années d'existence pour la revue, certes pas sous cet dénomination depuis son origine puisque l'ancêtre de la revue a été créé en 1947 sous le titre évocateur de «Tarmacadam».

Le 100^{ème} numéro d'une publication donne l'occasion, en outre, d'en souligner la vitalité, en marquant l'événement par l'édition d'un numéro qui sort de «l'ordinaire». Pour ce faire, l'équipe de rédaction s'est quelque peu écartée de sa ligne éditoriale habituelle qui consiste à trouver un dosage équilibré entre des articles faisant le point de recherches destinées à développer et/ou faciliter l'emploi des laitiers sidérurgiques, des articles plus pratiques sur des cas concrets d'utilisation et de valorisation des laitiers et des articles faisant le point sur les réglementations ou les normes concernant ces produits, aux côtés bien sûr des actualités très appréciées des professionnels de la rubrique «Actualaitiers».

Ce numéro 100 donne l'opportunité de faire un point d'étape :

- un regard sur le passé proche en retraçant l'histoire du CTPL et en analysant les données de production et d'utilisation des laitiers au cours des dix dernières années ;

- un point des laitiers existants, de leurs usages et valorisations et sur le statut juridique et réglementaire des laitiers, et en abordant, bien entendu, les aspects environnementaux;

- une ouverture vers le futur, bien sûr, avec l'examen des développements potentiels et des perspectives, tant en ce qui concerne les processus de production des laitiers que leurs usages. Cet ensemble très complet est illustré, par ailleurs, par des fiches projet emblématiques mettant en exergue les succès récents d'utilisation de ces produits.

Sur le plan de la forme, vous aurez constaté que l'équipe de rédaction a délibérément choisi la sobriété et la mesure dans la présentation de ce numéro exceptionnel, qui se devait d'être en phase avec la conjoncture difficile que rencontre actuellement le secteur sidérurgique en France et en Europe.

Pour terminer cet éditorial, je voudrais souhaiter longue vie à la revue «Laitiers sidérurgiques», vecteur d'information technique du CTPL. Je n'ai nul doute que, dans les années à venir, l'équipe de rédaction de la revue, les rédacteurs d'articles et les équipes successives du CTPL sauront maintenir l'attrait de cette revue et l'intérêt de ses lecteurs.

Bernard Creton
Président du CTPL

page **6** **Actualaitiers**

page **8** **Le CTPL**
un peu d'histoire



Ecrire un article, aussi bref soit-il, sur la genèse du Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques (CTPL) ne peut se faire sans se référer à ce qui en justifie l'existence : la gestion des laitiers sidérurgiques en France...

JACQUES REYNARD

CTPL – Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques

page **18** **Des chiffres et des lettres**
(de noblesse) pour les laitiers



A l'heure des bilans, il en est un qui est incontournable : celui de l'évolution de la gestion des laitiers sidérurgiques au cours de ces dix dernières années, tant d'un point de vue des quantités produites que de celles valorisées.

Jérémie DOMAS

CTPL – Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques

page **28** **Valorisation des laitiers :
cadre juridique**

Le présent article a pour but de réaliser un état des lieux juridique, à mi-2012, des textes applicables aux laitiers sidérurgiques et à leur mise sur le marché. Afin de le rendre utile, une synthèse des textes est proposée. Toutefois celle-ci est faite dans le strict cadre des laitiers sidérurgiques (aujourd'hui considérés en France comme des déchets non dangereux) et des activités de nos adhérents (production de laitiers, fabrication de produits dérivés, installations classées, transport, etc.)...

JACQUES REYNARD

CTPL – Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques

page **40** **Guide SETRA,
à usage des maîtres d'œuvre et des maîtres d'ouvrage**



Du fait du renforcement de la législation environnementale (loi Royal de juillet 1992) et de l'interdiction de la mise en décharge des déchets non-ultimes depuis juillet 2002, le CTPL a mis en exergue, dès le début des années 2000, l'importance de la problématique de l'évaluation de l'impact environnemental des laitiers sidérurgiques...

Jérémye DOMAS

CTPL – Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques

page **49** **Réalisations remarquables**

page **62** **Les laitiers HF et d'aciérie :
quel avenir pour les 20 prochaines années ?**

Chacun sait que la prospective est un art difficile et hasardeux. C'est donc un redoutable exercice que d'imaginer et dessiner le futur de la valorisation des laitiers à 20 ou 30 ans, alors que le passé nous montre que les évolutions peuvent être considérables dans la durée, sans faire apparaître de ruptures brutales...

Jean-Marie Delbecq

ArcelorMittal – BSME

LAITIERS SIDÉRURGIQUES

66^{ème} année

Revue éditée à

4 000 exemplaires

et diffusée gratuitement
par le CTPL

Directeur de la publication

Jacques REYNARD,
Délégué Général

Rédacteur en chef

Jérémye Domas,
Directeur

Rédaction

CTPL

Immeuble Aristote

25, boulevard Victor Hugo

31770 Colomiers

Siège social du CTPL

6, rue André Campra

Immeuble Le Cézanne

93212 La Plaine Saint Denis
cedex

www.ctpl.info

Conception - Réalisation

BC Consultants :

01 30 74 09 00

Les articles publiés
n'engagent que
la responsabilité de leurs
auteurs.

Crédit photos :

ArcelorMittal, Cerege,

China Steel, CTPL,

Ecocem, Eurovia,

Fotolia, Screg, SGA,

Siemens, SLAG, Ugitech

Infographies :

Lorenzo Timon

Cette revue est imprimée
sur du papier recyclé.

N° ISSN 1166 - 3138

Dépôt légal :

3^{ème} trimestre 2012

Imprimerie :

IRIS Impression

(Saint-Ouen L'Aumône)

Fonctionnement du CTPL

► Réunions de l'AG et du CA du CTPL

Les réunions du Conseil d'Administration (CA) et de l'Assemblée Générale (AG) du CTPL se sont tenues le jeudi 12 avril 2012. A cette occasion, un état des lieux complet de l'avancée des travaux techniques réglementaires et normatifs a été présenté, ainsi que des perspectives pour 2013.

► 2 nouveaux Membres de plein droit au CTPL

Deux nouvelles demandes d'adhésion ont été reçues au début du mois d'avril 2012. Une de la part de la Société INDUSTEEL site du Creusot (filiale d'Arcelormittal), ainsi qu'une demande de la Société SAINT-GOBAIN, site de Pont-à-Mousson. Ces deux demandes ont été examinées et ratifiées lors des dernières réunions du CA et de l'AG du 12 avril 2012.



Nous souhaitons donc la bienvenue à nos nouveaux adhérents.

Réglementation nationale et européenne

Guide d'application pour l'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs fabriqués à partir de laitiers sidérurgiques et utilisés en technique routière

Ce guide vient d'être publié par le SETRA en octobre 2012, et devrait subir une mise en application sur les sites au cours de l'année 2013. Il constitue dorénavant la référence incontournable pour les prescripteurs de matériaux, maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage, publics et privés, qui souhaitent utiliser des laitiers en technique routière, en toute sécurité. Pour vous procurer ce guide, vous pouvez contacter directement le bureau de vente du SETRA (110 rue de Paris, 77171 Sourdun), et demander le guide sous la référence **1226**, au prix unitaire de **16,00 euros**.

Trois réunions de présentation de ce guide sont programmées à la fin de l'année :

- Une au CETE Nord (Lille) le mardi 13 novembre 2012,

- Une au CETE de Lyon (Bron) le jeudi 22 novembre 2012,

- Une au CETE de l'Est (Nancy) le jeudi 13 décembre 2012.

Une occasion pour tous de se familiariser avec l'utilisation des laitiers en technique routière et de découvrir, ou redécouvrir une filière responsable et des matériaux respectueux de l'environnement (pour plus d'information, voir aussi page 17 ou consulter notre site internet www.ctpl.info).

Publication du Décret «fin du statut de déchet»

Le Décret n° 2012-602 du 30 avril 2012 relatif à la procédure de sortie du statut de déchet a été publié par le Ministère en charge de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE).

Ce texte s'adresse aussi bien aux exploitants d'installations de traitement de déchets qu'aux préfets de département ou aux DREAL, afin de définir la procédure de sortie du statut de déchet.

Pour plus d'informations, cf. article sur le cadre juridique page 28.

Le CTPL suit cette problématique de très près concernant le statut juridique des laitiers sidérurgiques, en liaison avec les services de la DGPR du MEDDE.

Empreinte CO₂ des laitiers

Du fait de divergences de vues au sein du groupe d'experts EUROFER travaillant à la réflexion sur l'élaboration de la fiche EPD de l'acier et donc également des laitiers, le groupe de travail est maintenant réduit aux seuls «core actors». Le FEHS que le CTPL ne participe donc plus à ces travaux. Selon les informations actuellement disponibles, les laitiers, considérés comme co-produits, se verraient affectés d'une empreinte environnementale fondée sur une loi «physique». Dans le cas précis des laitiers HF, l'allocation fondée sur leur valeur économique semble pourtant être la méthode recommandée par la norme EN 15804. Ce choix est important car la méthode d'allocation retenue devra s'appliquer à tous les laitiers.

Si tel était le cas, une empreinte environnementale conséquente, particulièrement lorsque les produits concurrents (cendres volantes, cendres de boues de papeteries, granulats naturels, etc..) affichent une charge CO₂ nulle, ne va pas favoriser la promotion des laitiers ni leur commercialisation.

EUROSLAG

Assemblée Générale d'EUROSLAG

La prochaine réunion de l'Association européenne des producteurs et opérateurs des laitiers, EUROSLAG, se tiendra à l'institut du FEhS (Duisburg, Allemagne), le mercredi 5 décembre 2012. L'occasion pour le CTPL de faire le point avec l'ensemble des acteurs sur les problématiques normatives et réglementaires, et d'échanger sur les actions techniques en cours.

7^{ème} conférence EUROSLAG

Compte tenu des difficultés économiques rencontrées par le secteur de l'industrie sidérurgique, il a été proposé de repousser la tenue de la prochaine conférence EUROSLAG, prévue en octobre à Ijmuiden (Pays-Bas), à une date ultérieure sans doute au cours de l'automne 2013.

Nous ne manquerons pas de vous informer ultérieurement de la date précise de cette prochaine conférence, événement incontournable de la profession.

WoISS (World of Iron and Steel Slags)

Cette association d'organismes professionnels dédiés à la connaissance et à la valorisation des laitiers sidérurgiques a vu le jour il y a quelques mois à l'initiative de l'Australasian Slag Association (Australie et Nouvelle Zélande). EUROSLAG, sur l'avis de son conseil d'administration, a décidé d'en ratifier la charte.

La première réunion formelle des membres de cette Association, prémices d'une union mondiale des acteurs de la filière des laitiers, aura lieu le lundi 1er octobre à Charleston (USA) lors de la convention annuelle de la National Slag Association (NSA).

Normalisation

CEN/TC 51 – Ciment et liants hydrauliques

Les projets de normes prEN 13282-1 Liant hydraulique routier - Partie 1 : Liant hydraulique routier à durcissement rapide - Composition, spécifications et critères de conformité et prEN 13282-3 Liant hydraulique routier - Partie 3 : Évaluation de la conformité ont été soumis à la procédure de vote formel et ont été approuvés.

Par contre, la prEN13282-2 Liant hydraulique routier - Partie 2 : Composition, spécifications et critères de conformité des liants hydrauliques routiers à durcissement normal - concernant les laitiers HF et BOF a été rejetée lors de la procédure de vote en urgence UAP (l'enquête préliminaire avait été faite en 2010 !) du fait de l'inclusion tardive (après l'enquête !) de nouvelles demandes des cendres volantes (augmentation non justifiée du taux d'imbrûlés) ainsi que des cendres de boues de papeteries comme constituant principal (aucune justification produite). Le texte va donc être repris afin d'être à nouveau soumis au processus d'enquête et de vote formel. Le retard déjà pris et estimé à 2 ans va donc encore se trouver allonger de 6 à 12 mois.... Si tout va bien.

CEN/TC104 – Bétons

Le projet de norme prEN 206 a été soumis à l'enquête préliminaire et a fait l'objet de nombreuses remarques actuellement en cours d'examen par le comité éditorial. Il en est de même pour le projet de Rapport Technique élaboré par les experts du TC104/SC1/TG5 et qui est encore en cours de révision.

Au niveau français, et en dépit de quatre ans d'efforts soutenus, le texte NFEN206-1/CN proposé à l'homologation ne rend pas justice aux qualités des laitiers de haut-fourneau granulés moulus qui se voient traités de façon similaires aux cendres volantes. Le CTPL a donc saisi le Comité Stratégique «Construction» de l'AFNOR afin de faire entendre ses griefs et d'essayer d'obtenir le retrait (ou la modification) du texte actuel. Les experts ont été nommés et une première réunion de conciliation devrait avoir lieu en octobre. En cas d'échec de la conciliation, les experts auront un délai de deux mois pour instruire la demande du CTPL et rendre leur avis.

CEN/TC154 – Granulats

Au niveau européen, la principale problématique suivie par le CTPL concerne l'intégration dans les normes Produits de deuxième génération des prescriptions relatives aux émissions dans l'environnement de substances dangereuses réglementées (SDR). Ces travaux, portés par le CEN/TC351 (voir par ailleurs), sont suivis pour les granulats par le WG13 du Comité Granulats.

Au niveau français, l'entité en charge de ces travaux, le Bureau de Normalisation BNTRA Granulats, suit les principales révisions des normes en cours. A ce titre, elle va prendre en charge la révision de la norme cadre sur la classification des granulats, la NF P 18-545, publiée récemment (INDLR : janvier 2012 !!), afin de prendre en compte les nouvelles exigences apportées par la révision quinquennale des normes européennes EN 12620, EN 13139, EN 13242, EN 13043 et EN 13383-1 (parutions prévues pour le début de l'année 2013).

CEN/TC351 – Emission de substances dangereuses réglementées dans l'air ambiant, l'eau et les sols à partir des produits de construction

Les travaux du GT1 concernent les émissions dans les sols et les eaux (de surface et souterraines), et un programme a été lancé en 2011 pour tester la robustesse des procédures d'évaluation des émissions des produits de construction.

Les résultats de ce programme ont été présentés en septembre 2012. Ils doivent permettre de réajuster la rédaction des normes TS-1, TS-2 et TS-3 du WG1, qui seront alors soumises à l'enquête TC avant la réalisation à partir du second semestre 2013 de la validation (évaluation de la répétabilité et de la reproductibilité) des procédures.

Le CTPL

un peu d'histoire

Ecrire un article, aussi bref soit-il, sur la genèse du Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques (CTPL) ne peut se faire sans se référer à ce qui en justifie l'existence : la gestion des laitiers sidérurgiques en France.

Aussi, et sans entrer dans trop de détails, il nous paraissait incontournable de commencer cet article par l'évolution de l'usage des laitiers sidérurgiques en France, usage qui commence en fait dès la fin du XIX^{ème} siècle... mais en Angleterre.



Cylindrage de la couche de laitier (1954)
© photothèque Eurovia



Péniches des EAC
assurant le transport des
matériaux enrobés (1935)
– société Rol Lister
© photothèque Eurovia



Tarmacadam à Marville (1953)

Jacques REYNARD

CTPL – Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques

Les laitiers de haut-fourneau et le Tarmacadam

Si l'assemblage ordonné de trois couches de granulats de taille décroissante en vue de constituer des structures routières, appelé «Macadam» (*du nom de son inventeur John Loudon McAdam*), est connu depuis le début du XIX^{ème} siècle, il faut attendre la fin de ce même siècle pour qu'une solution soit apportée à ses défauts majeurs : faible résistance au trafic et à l'usure par ruissellement des eaux, création de poussières, etc.

Cette solution, surnommée Tarmacadam (brevet de E. Purnell Hooley 1901), met en œuvre un co-produit de l'industrie sidérurgique : le goudron de houille (Tar en anglais), généré par les cokeries, épandu à la surface de la route et compacté. Très vite, on y associe également en mélange le laitier de haut-fourneau concassé comme granulats. Le premier essai de ce matériau est effectué en 1903 sur une section de la route qui relie Nottingham à Radcliffe. Les résultats exceptionnels, tant en terme de performance que de durabilité (certaines de ces routes existent encore en Angleterre et dans l'est des USA), font que cette technique connaît un succès grandissant et s'exporte très tôt dans le nord de la France. La première route réalisée avec cette technique en France, est réalisée en 1903 dans le Bois de Boulogne.

La première guerre mondiale va interrompre le développement des travaux sur le réseau routier français pendant toute la durée du conflit mais dès 1919/1920, la reconstruction de ce réseau offre aux entreprises un marché considérable et très peu encadré par l'Etat. Le redémarrage simultané des industries charbonnière et sidérurgique, tant dans le Nord que dans l'Est de la France (région redevenue française), permet de fournir en quantité les matières premières nécessaires

à la mise en œuvre de cette technique dans les régions les plus touchées.

Les acteurs majeurs de la reconstruction routière sont, à l'époque, la société Rol, Lister et Cie¹ qui commercialise les laitiers de haut-fourneau depuis son site d'Isbergues dès 1924, la société Salviam (*créée par Charles Lefebvre et à l'origine de E.J.L.*) en 1927 et surtout Albert Cochery qui commercialise les laitiers de haut-fourneau à partir de 1926/1927 depuis son usine d'Athus.

Cette production est renforcée, dès 1928 par les usines de Saint-Dizier-Manaval (Haute-Marne) et, en 1929, de Neuves-Maisons en Meurthe-Moselle. La production ne parvenant toutefois pas à suivre la demande, Albert Cochery décide en 1931 de se lier à des groupes sidérurgiques lorrains : Pont-à-Mousson et de Wendel. La construction d'une nouvelle usine de concassage de laitier et de fabrication de tarmacadam est entreprise à Joeuf, en Meurthe-Moselle.

Cette situation florissante perdure jusqu'aux années 40 et au deuxième conflit mondial dont les conséquences vont être identiques à celles de la première guerre mondiale : la destruction du réseau routier français.

Le temps des graves-laitier et sables-laitiers

Cependant, le pouvoir politique décide, cette fois, que le marché de la reconstruction ne sera pas laissé à la seule initiative technique des entreprises et l'Administration s'implique de façon massive dans la définition tant des cahiers des charges que des techniques mises en œuvre et des matériels employés. En effet, entre la fin des années 30 et la fin du conflit, le trafic routier connaît un accroissement très rapide tant en nombre de véhicules qu'en charge à l'essieu et les règles de construction doivent s'adapter.

¹ - Cette société sera reprise par la Shell en 1933 puis revendue à Albert Cochery en 1948

Dès 1945, le centre expérimental des techniques routières (pas encore LRPC) de Blois, en association avec l'entreprise Albert Cochery, met en œuvre un chantier expérimental de tarmacadam afin de mieux identifier les paramètres nécessaires à l'obtention des performances souhaitées. Simultanément, la création d'un centre d'expérimentation des matériels de TP (CER de Rouen) permet également de mieux maîtriser les paramètres de compactage, point faible des granulats de laitier HF.

En 1946, et pour faire face à la demande croissante, Albert Cochery constitue la Société d'Exploitation des Laitiers de Longwy (SEXLAL), en association avec les Aciéries de Longwy. Cette création sera suivie par celle de la Société d'exploitation des laitiers

tiers qui sont souvent des mélanges de granulats concassés et de sables de laitier granulé, utilisés par ailleurs par les cimentiers. On s'aperçoit que ces produits présentent au bout de quelques mois des phénomènes de prise en masse. Conscient de l'intérêt de ce phénomène, le Laboratoire Régional d'Autun, animé par l'Ingénieur Erio Prandi qui arrive de Lorraine, décide de se pencher sur la question dès 1961.

En 1962, les premiers chantiers de renforcement avec la technique des graves-laitier sont réalisés en Saône-et-Loire sur la nouvelle route reliant Chalon-sur-Saône au Creusot. La couche de base est en grave-laitier 0/25mm avec 20 % de laitier granulé. L'entreprise Viasphalt, déjà rodée aux techniques innovantes en Afrique du Nord et en Corse, participe activement à ces chantiers expérimentaux où elle acquiert une véritable expertise. Par la suite, l'ensemble de la profession routière fera un effort considérable d'investissements pour acquérir les moyens et le savoir-faire nécessaires au développement de cette nouvelle technique, au cours des campagnes de renforcements coordonnés.

Les résultats obtenus sur ces chantiers conduisent le Laboratoire régional d'Autun à poursuivre les études et recherches, avec le concours des sidérurgistes - l'Institut de recherches sidérurgiques ou IRSID - qui sont amenés à étudier de façon de plus en plus approfondie les techniques de production, de préparation et de mise en œuvre des laitiers. À partir de 1968, est mis en place sur site un contrôle systématique et permanent des laitiers granulés des bassins sidérurgiques de l'Est et du Nord-Pas-de-Calais. La meilleure connaissance et la meilleure maîtrise de la qualité des laitiers de haut-fourneau granulés permettent de réaliser des progrès sensibles dans les performances obtenues avec les graves-laitier.



Photo 1

société Cochery, usine
d'Ebange (1950)
crédit photo :
photothèque Eurovia

d'Uckange (SEXLUCK) en 1954 qui met au point et produit du laitier expansé. Il se lance également en 1957 dans la production de ciment à partir de laitiers de hauts fourneaux en récupérant les cendres volantes de la centrale thermique de Gardanne.

Le tarmacadam poursuit sa carrière mais avec quelques difficultés : le goudron se fait rare car il est mieux valorisé par l'industrie chimique; du coup, le bitume, coproduit avec l'essence et dont la production s'accroît, le remplace peu à peu. Le laitier se replie sur les couches d'assises en graves non traitées, on commence à voir apparaître au milieu des années 1950, les graves de lai-



Photo 2

déversement de Laitier à
Escaudain (1949)
© photothèque Eurovia

Vers de nouvelles filières en ciments et liants hydrauliques ...

La technique des graves-laitier et sables-laitier va toutefois survivre encore quelques temps sous une forme moins rustique, avec la mise sur le marché d'un produit concurrent du laitier de haut-fourneau granulé pré-broyé: le liant hydraulique routier. C'est un produit industriel issu de l'industrie cimentière, constitué à hauteur de 80-90% de laitier granulé moulu très finement, et donc bien plus réactif. Il se présente sous une forme prête à l'emploi et permet d'obtenir, de façon régulière, de meilleures performances. Cette technique dispense également l'entreprise du pré-broyage en place du laitier granulé, tout en garantissant une meilleure constance des performances.

Tandis que la construction de l'Autoroute de l'Est, qui se déroule de 1974 à 1976 utilise encore de grande quantité de laitier de haut-fourneau, ce chantier marque la fin d'un produit qui a eu son histoire et ses heures de gloire. En effet, si les activités de concassage de laitiers restent compétitives, la crise de la sidérurgie change la donne quant aux quantités disponibles et à la pérennité de la ressource. De même, l'évolution des performances rendues nécessaires par les conditions de trafic et les conditions de réalisation des chantiers prévalant au début des années 80, s'accommodent de plus en plus mal de la faible vitesse de prise et des modestes performances autorisées par cette technique. Le pré-broyage du laitier granulé n'apportera qu'une réponse partielle à cette double problématique. Après ce chantier, la dernière unité de production de la SEXLAL cesse définitivement son activité en 1977, suite à la fermeture du haut-fourneau de l'usine Usinor de Thionville. L'entreprise Cochery se détourne alors complètement des laitiers sidérurgiques.

Peu de temps après, et faute d'entreprise(s) extérieure(s) pour s'en occuper, la sidérurgie se dote enfin de moyens propres pour commercialiser ses laitiers de haut-fourneau auprès de l'industrie cimentière et des entreprises de travaux publics encore intéressées, sans toutefois s'impliquer dans des activités de développement, largement laissées à ses clients (en particulier la société MECAROUTE). L'activité routière est alors un débouché peu profitable pour la sidérurgie en regard des débouchés offerts par l'industrie cimentière mais permet de ne pas être complètement assujéti à cette dernière et de réguler les aléas de production.

Après de nombreuses restructurations, la dernière entité spécifique de commercialisation des laitiers de haut-fourneau, Laitiers de France, cessera son activité à l'aube du XXI^{ème} siècle, la technique des graves-laitiers et sables-laitiers disparaissant complètement (*dernière réponse à appel d'offres faite pour les pistes de l'usine Aéro-constellation à Toulouse*). Les laitiers de haut-fourneau sont alors cédés, en quasi totalité, à l'industrie cimentière sous-forme granulée (les cimentiers prenant même des participations dans les granulateurs installés au pied

des hauts-fourneaux), les granulats de laitier cristallisés n'étant plus que la conséquence d'incidents de production.

A la même époque, et sous la pression du renforcement de la législation environnementale, la sidérurgie française doit se pencher en urgence sur la problématique de ses laitiers d'aciérie. En effet, la «Loi Royal²» prévoit l'interdiction de mise en décharge des déchets non-ultimes à l'horizon de Juillet 2002. Alors que la valorisation des laitiers de haut-fourneau n'est plus essentiellement qu'une question de valorisation commerciale, tout est à faire en ce qui concerne la valorisation des laitiers d'aciérie avec, en

sité de mettre, face à l'administration, des interlocuteurs représentatifs des professions concernées et capables d'apporter l'expertise et la connaissance des co-produits sidérurgiques et de leur production.

Dans le cadre de la réorganisation générale de l'activité routière après-guerre, le premier organisme professionnel impliquant les utilisateurs de laitiers sidérurgiques est le Syndicat des Producteurs de Tarmacadam de laitier, qui est créé dès 1947, en même temps que l'Association des Techniques Routières (ATR), à l'instigation principale de M. Albert Cochery. Cet organisme est mis en place pour assurer, face à l'Administra-

Photo 3

Société Vialit, atelier de mise en œuvre d'enduit composé d'une répandeuse à vapeur fabricant et pulvérisant simultanément le liant (fin des années 30)

Crédit photo : photothèque Eurovia



plus, une problématique de plus en plus prégnante concernant leur impact environnemental... et la sidérurgie ne peut plus compter sur des partenaires industriels de l'aval.

La mise en place des premiers organismes professionnels

Leur histoire va de pair avec les usages qui seront faits des laitiers sidérurgiques dans la route, et leurs missions vont découler des besoins créés par l'environnement technique et politique de l'époque et la néces-

sité française qui s'implique fortement dans le choix des techniques routières et la définition des produits et des conditions de mise en œuvre, un interlocuteur représentant l'ensemble des sociétés routières de tarmacadam, dont le nombre va croissant jusqu'au milieu des années 50. Cet organisme assistera l'administration dans ses travaux de développement de la technique du tarmacadam jusqu'à la veille des années 60.

Dès 1956, l'Association Technique pour le développement des Utilisations des Laitiers (A.T.U.L.) prend sa suite. En effet, l'essoufflement de la technique du tarmacadam, associé aux recherches couronnées de succès du laboratoire d'Autun, amène les

² - Loi n°92-646 du 13 juillet 1992 relative à l'élimination des déchets

entreprises routières à s'intéresser au développement des techniques de graves-laitier et sables-laitiers, et à s'impliquer ainsi aux côtés des services de l'Etat. Cette Association rencontre également l'agrément de l'Administration, qui y voit le moyen de développer les compétences des entreprises et d'assurer un marché concurrentiel.

Le développement de cette technique passe, entre autres, par l'amélioration de la qualité des produits mis en œuvre et donc par leur normalisation ainsi que par celle des techniques de mise en œuvre. Cette politique de normalisation rend indispensable l'existence d'une expertise couvrant l'ensemble de la filière, du procédé de génération des laitiers de haut-fourneau jusqu'aux techniques de refroidissement, de formulation des mélanges et de mise en œuvre. A la différence du Syndicat précédent, l'A.T.U.L. fournira donc des experts issus des entreprises routières qui, associés à ceux de la sidérurgie (IRSID), apporteront aux maîtres d'œuvre et aux maîtres d'ouvrages publics, les compétences nécessaires à la définition des caractéristiques pertinentes permettant d'assurer la qualité et les performances d'un laitier, mais aussi des procédés de production, de traitement et de contrôle permettant de la garantir. À partir de 1968, est mis en place sur les sites sidérurgiques de l'Est et du Nord-Pas-de-Calais un contrôle systématique et permanent des laitiers granulés qui y sont produits.

D'un site à l'autre, la qualité des laitiers peut, en effet, s'avérer variable. Les contrôles effectués dans les usines avant le départ des trains portent sur la mesure de la réactivité et de la teneur en eau. À partir de ces contrôles, sont établis chaque année des Catalogues de production décrivant les caractéristiques moyennes pour chaque usine, les fiches étant regroupées par bassin sidérurgique. Ce catalogue est réalisé par l'A.T.U.L. Après 1968, le développement de la technique des graves-laitier coïncide avec le lancement du programme national des renforcements coordonnés.

Créée par des entreprises routières pour apporter l'expertise technique relative aux graves et sables-laitiers, cette association va disparaître en 1975, en même temps que l'emploi massif de cette technique et du dessaisissement de la commercialisation des laitiers de haut-fourneau par les entreprises routières.

De nouvelles missions pour un nouvel organisme professionnel : le Centre Technique et de Promotion des Laitiers (CTPL) 1979/1999

La sidérurgie ayant décidé de reprendre la commercialisation de ses laitiers de haut-fourneau, va réaliser qu'elle a besoin d'un organisme technique capable d'en faire la promotion, d'aider à leur prescription, d'en défendre les intérêts au sein des commissions de normalisation et d'en développer de nouveaux usages. Ce seront les missions confiées au CTPL, créé à cet effet en Juin 1979.

Statutairement, ce dernier n'a que les laitiers de haut-fourneau pour objet d'intérêt et il va donc s'impliquer dans le développement des spécifications et des normes relatives au laitier de haut fourneau granulé et à ses usages, tant en liant dans les graves-laitier (pré-broyé) qu'en constituant de liant dans l'industrie des liants hydrauliques routiers et les ciments sidérurgiques. Le point d'orgue de cette époque est la parution de l'ouvrage «Le laitier de haut-fourneau», rédigé par MM. Jacques ALEXANDRE et Jean-Louis SEBILEAU, respectivement Ingénieur en Chef et Ingénieur au CTPL et publié en 1988. Cet ouvrage est, encore aujourd'hui, considéré comme l'ouvrage de référence dans ce domaine.



Photo 4

centrale de tarmacadam
à Paris (1925)



La coopération avec l'Administration perdure au travers de la Commission Nationale des Laitiers (C.N.L.) dont le rôle de coordination entre le Ministère de l'Équipement, maître d'ouvrage du réseau routier français, et la sidérurgie nationale dépendant de celui de l'Industrie va s'affaiblissant avec la privatisation des réseaux autoroutiers et celle de la sidérurgie en 1986. Cette commission, qui se réunit annuellement, n'a plus qu'un rôle formel de relai entre les producteurs de laitiers de haut-fourneau et la Direction des Routes, le Conseil Général des Ponts et Chaussées, le réseau technique des Ponts et Chaussées (CETE, LRPC, IFSTTAR³) ainsi que le SETRA. En effet, le rôle de l'État, tant comme prescripteur (particulièrement pour les graves-laitiers) que maître d'œuvre, va en diminuant et il ne leur reste bientôt plus, à ces organismes, qu'un rôle de garant et/ou de référent.

Parallèlement, la restructuration de la sidérurgie amène une réduction drastique du nombre d'intervenants dans ce secteur et du nombre de hauts-fourneaux, jusqu'à ce qu'en 1998, il ne reste plus que 3 adhérents au CTPL : les 3 sites SOLLAC du Groupe USINOR, qui devient ARCELOR quelque temps après. La stratégie d'externalisation des granulés de laitier de haut-fourneau par ce groupe, dont l'investissement est offert aux cimentiers, va confier la totalité de la production de laitier de haut-fourneau granulé à l'industrie cimentière et sceller définitivement le sort de la technique des graves-laitiers. Le seul laitier alors dirigé vers le secteur routier est le laitier de haut-fourneau cristallisé, utilisé comme granulat, et pro-

venant soit de la production d'un des rares hauts-fourneaux non équipé de granulateur, soit résultant d'un incident de production au niveau d'un granulateur. Le CTPL devient alors extrêmement discret.

La valorisation des laitiers d'aciérie : la nouvelle donne pour le CTPL – 2000/ ?

Avec l'imminence de l'interdiction de la mise en décharge pour les déchets non-ultimes, telle que stipulée en juillet 1992 dans la révision de la Loi cadre déchets⁴ (dite «Loi Royal»), qui doit prendre effet en juillet 2002, un constat s'impose : la sidérurgie n'est pas prête.

En 2000, c'est encore plus d'un million de tonnes de laitiers de convertisseurs, de laitiers issus d'aciéries de four électrique et de laitiers de métallurgie secondaire qui sont mis en stockages. Les commercialisations restent peu profitables et très aléatoires. Les membres (les 3 sites SOLLAC) du CTPL demandent alors aux experts du Centre de se saisir du problème et de tenter de trouver une solution pour les laitiers d'aciérie, comme cela avait été fait pour les laitiers de haut-fourneau... mais dans des délais beaucoup plus courts. La situation est grave et le temps presse !

Le 11 février 2000, le CTPL adopte de nouveaux statuts : il doit maintenant assurer la promotion, la défense et le développement des usages pour l'ensemble des laitiers sidérurgiques, et non plus seulement des laitiers de haut-fourneau. Par ailleurs, compte tenu du fait que la sidérurgie ne dispose pas de l'expertise nécessaire concernant les performances techniques à attendre et les moyens d'y parvenir, il est également décidé d'inciter les entreprises de traitement de mise en œuvre des laitiers («opérateurs») à y adhérer. L'objectif est d'assurer la conti-

³ - Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux., né de la fusion entre l'INRETS et le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (L.C.P.C.)

⁴ - Loi n° 92-646 du 13 juillet 1992 modifiant la Loi n° 75-633 du 15/07/75 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux

nuité des actions menées par le CTPL tout au long de la filière, depuis leur génération jusqu'à leur mise en œuvre.

Très vite, quatre freins majeurs à leur prescription sont identifiés :

- Leur statut de «déchet» qui induit un désintérêt de la sidérurgie avec, comme corollaire :
- Une relative méconnaissance des caractéristiques et spécificités des laitiers d'aciérie, hors aspect sidérurgique,
- Une gestion des gisements sur les sites sidérurgiques pas toujours adaptée à la production d'un «produit»,
- Un cadre réglementaire et normatif absent ou pas toujours adapté, ne permettant pas d'encadrer au plan national ni les performances techniques nécessaires et suffisantes, ni les paramètres d'acceptabilité environnementales,

Par ailleurs, les risques d'instabilité volumique, particulièrement aiguë pour les laitiers d'aciérie de conversion, effraie les utilisateurs potentiels.

Reprenant la recette qui avait fait ses preuves pour les laitiers de haut-fourneau, un vaste programme de caractérisation géotechnique et environnementale des laitiers d'aciérie est alors entrepris pour répondre au premier point. Les campagnes de caractérisation environnementale vont permettre d'être assez vite rassuré quant aux caractéristiques chimiques des laitiers d'aciérie.

Le manque de considération dont jouissent (ou jouissaient) les laitiers (encore souvent appelés «scories») au sein des aciéries est la conséquence directe de leur statut juridique de «déchet». Les sites de production, dont certains ne peuvent simplement plus les mettre en stock, prennent alors conscience que des opérations simples, comme le tri à la source ou le contrôle strict des opérations de traitement (pas seulement pour la récupération des parties métalliques mais également de la qualité des granulats fabriqués) peuvent favoriser leur valorisation.

L'instabilité volumique, elle, va faire l'objet de programmes de recherches menés au sein de la Commission Nationale des Laitiers, réactivée par le Ministère en 2005, avec une mission englobant tous les laitiers sidérurgiques, et avec l'aide active du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (maintenant IFSTTAR). Diverses études permettent de mesurer l'effet du vieillissement, de l'arrosage, de la vitesse de refroidissement, etc. sur le potentiel d'expansion des laitiers. Par ailleurs, une méthode d'inertage à chaud par injection de silice est mise au point en Allemagne afin d'apporter une réponse définitive à ce problème. Le LCPC met également au point une méthode de formulation de mélanges binaires stables comportant jusqu'à 50% de laitiers d'aciérie expansifs et dont les outils de modélisation nécessaires (RENE) sont directement accessibles en ligne.



Photo 5
Cochery/Rol lister -
Usine de Maxéville :
chauffeur et mélangeur
de goudron (1935)

Reste à mettre en place le cadre réglementaire environnemental, nécessaire à la prescription sans risque de laitiers d'aciérie. Plusieurs tentatives de l'Administration avortent successivement, en particulier, le programme dit «RPT» (pour Résidus de Procédés Thermiques 1999-2003). Le CTPL va alors prendre l'initiative et être force de proposition auprès du Ministère de l'Environnement en proposant sa propre méthode de caractérisation (Programme «Plots» 2004-2009). Ces propositions, reprises en partie et amendées par le Ministère à par-

tir de 2005, vont déboucher sur l'élaboration d'un guide méthodologique, au champ d'application plus large, pour l'Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – Evaluation environnementale (SETRA, mars 2011). La déclinaison pragmatique de ces réflexions pour les laitiers sidérurgiques conduira alors à la sortie du guide d'application pour la valorisation des laitiers sidérurgiques en technique routière (en cours de publication par le SETRA lors de la rédaction de cet article). Au niveau européen, le règlement REACH (2008-2010) permet également d'harmoniser les dossiers de mesures d'impact environnemental et sanitaire de toutes les substances mises sur le marché, et ainsi de disposer d'un dossier complet concernant les diverses typologies de laitiers sidérurgiques mises sur le marché en Europe.

Depuis peu, on entrevoit des solutions possibles pour l'évolution de leur statut juridique de déchet. En effet, la directive européenne 2008/98/CE, transcrite en France au travers de plusieurs textes réglementaires (en particulier de l'Ordonnance n°2010-1579), prévoit dorénavant dans les articles L.541-4-2 et L.541-4-3 du Code de l'Environnement la possibilité pour certaines matières co-générées de devenir, soit des sous-produits, soit de perdre leur statut de déchet sous certaines conditions, auxquelles les laitiers d'aciérie (et, a fortiori, de haut-fourneau⁵) satisfont. Ces possibilités d'évolution se fondent sur de nombreux cas de jurisprudence de la cour européenne de justice.

L'évolution progressive des missions et des thématiques prises en charge par le CTPL, ainsi que l'intérêt porté aux laitiers d'aciérie, ont conduit notre organisme au cours de ces dix dernières années, à une modification profonde de la visibilité et de l'attractivité de cet organisme vers une modification profonde du paysage. En particulier, les sidérurgistes de la filière électrique, non concernés jusqu'à présents par la problématique laitier de haut-fourneau vont rejoindre progressivement le CTPL. Ainsi le nombre d'adhérents de plein droit va aller croissant à partir de 2000, passant de 3 à 15 à fin 2011, avec, de surcroît, 12 membres associés.

Avec l'avènement du XXI^{ème} siècle, le CTPL est lui aussi rentré dans une nouvelle ère, mettant au service de ses adhérents ses compétences et permettant au travers des actions de l'association une mutualisation des moyens techniques, humains et financiers pour l'ensemble de la profession.

Si un certain nombre de succès est déjà à mettre au crédit du CTPL pour les laitiers d'aciéries, de nombreux challenges s'offrent encore à lui pour les prochaines années ... et c'est tout le bien qu'on peut souhaiter !!

REMERCIEMENTS

Cet article a largement puisé son inspiration dans l'étude de M. Arnaud BERTHONNET intitulée «La coopération des laboratoires des Ponts et Chaussées avec les entreprises routières, les constructeurs de matériels et les producteurs de granulats français de 1945 à 1980» - Paris-Sorbonne - Paris IV/ Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement - Comité d'Histoire du Ministère de l'Équipement – Juin 2003

Nous tenons également à remercier la société EUROVIA, héritière des sociétés ROL, LISTER & Co, SALVIAM et COCHERY, qui nous a gracieusement fourni les photographies illustrant cet article.

⁵ - Cf. document COM [2007]59 Final de la Commission européenne – DG Env.



Programme

- 09h00** Accueil par le Directeur du CETE
- 09h30** Présentation de la matinée
Jacques REYNARD, Délégué Général CTPL
- 09h45** La valorisation de matériaux alternatifs en technique routière : un objectif du Grenelle de l'environnement
Patrick VAILLANT, CETE de Lyon
- 10h10** La prescription de matériaux alternatifs en technique routière : mission, moyens et documentation disponible
Sophie CARIOU, Chef de la division environnement du SETRA
- 10h45** **Pause**
- 11h00** Le Guide d'application «laitiers» : une déclinaison opérationnelle du Guide Méthodologique d'acceptabilité environnementale
Jérémy DOMAS, CTPL
- 11h30** Quelles attentes et quelles responsabilités pour les producteurs de laitiers sidérurgiques ?
- 11h50** Quelles opportunités pour les fabricants et les vendeurs de matériaux alternatifs ?
- 12h10** Quels changements pour les prescripteurs ?
- 12h35** Conclusions
Jacques REYNARD, CTPL
- 12h45** **Déjeuner**

invitation

Le Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques (CTPL), avec le concours des CETE Nord-Picardie, de Lyon et de l'Est

ont le plaisir de vous convier
aux conférences de présentation du

Guide d'application SETRA relatif aux critères d'acceptabilité environnementale pour l'emploi des laitiers sidérurgiques en construction routière.

Ces conférences se dérouleront
à partir de 9h30

le mardi 13 novembre 2012
au CETE Nord-Picardie à Lille (59)

le jeudi 22 novembre 2012
au CETE de Lyon à Bron (69)

le jeudi 13 décembre 2012
au CETE de l'Est à Tomblaine (54)

Frais d'inscription :

20,00 € pour les personnels de l'administration

35,00 € pour les personnels extérieurs.

**Inscription et règlement devront être adressés au plus tard
une semaine avant la date de la conférence concernée.**

Téléchargement de l'invitation
et du bulletin d'inscription
sur www.ctpl.info

CTPL

CENTRE TECHNIQUE
ET DE PROMOTION
DES LAITIERS SIDERURGQUES

Des chiffres et des lettres (de noblesse) pour les laitiers...



A l'heure des bilans, il en est un qui est incontournable : celui de l'évolution de la gestion des laitiers sidérurgiques au cours de ces dix dernières années, tant d'un point de vue des quantités produites que de celles valorisées.

Evolution de la gestion des laitiers sidérurgiques au cours des dix dernières années

La compilation de données issues des producteurs remonte à 2003 pour les chiffres de la production brute de laitiers, ainsi que pour les chiffres relatifs aux filières essentielles de valorisation, et à 2007 pour une analyse plus fine des usages finaux. C'est à cette époque que le Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques (CTPL), devant le peu de retours à ses enquêtes relatives aux laitiers sidérurgiques, s'est associé à l'Association Technique pour la Sidérurgie (ATS), puis à la Fédération Française de l'Acier (FFA) – à partir de 2009 –, afin de lancer une enquête commune pour déterminer les principaux flux de laitiers sidérurgiques ainsi que leurs destinations finales, que ce soit en termes de filières de valorisation (TP, liants hydrauliques, ...), de stockage interne sur les sites, ou encore de filières d'élimination réglementées (décharges).

Evolution des productions de laitiers sidérurgiques

Les laitiers de haut-fourneau

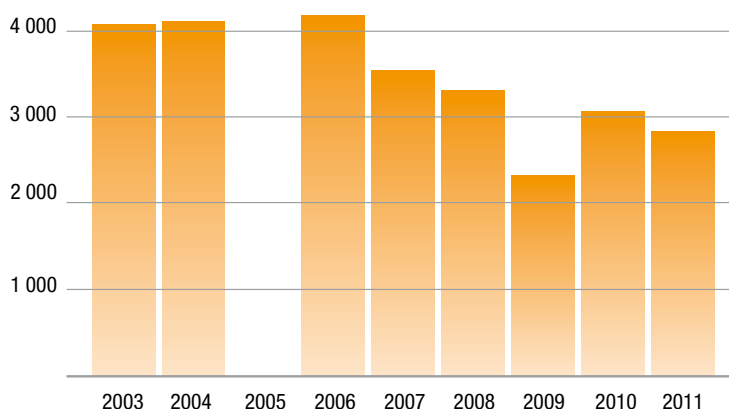
La production de laitiers de haut-fourneau par les sites dits «intégrés» (élaboration de fonte à partir de minerai de fer, puis transformation en acier), que ce soit sous forme de laitiers cristallisés refroidis à l'air ou de laitiers vitrifiés subissant une trempe à l'eau dans un granulateur, montre deux périodes distinctes :

- entre 2003 et 2006, années «fastes» pour la sidérurgie avec une production relativement stable et avoisinant les 4 millions de tonnes;
- à partir de 2007, où on constate une baisse régulière des flux jusqu'à osciller autour de 3 millions de tonnes.

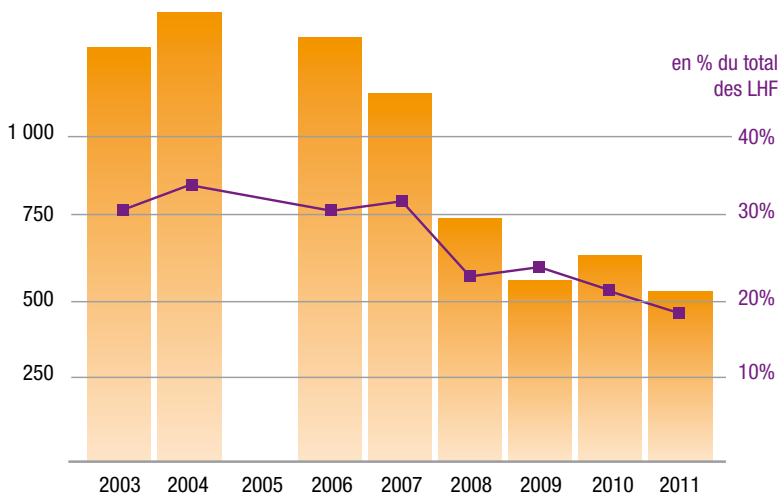
Cette seconde période peut, elle-même, être décomposée en trois parties :

- 2007 et 2008 qui restent des années propices à une production élevée, mais impactée par des travaux de réfection des installations, et donc d'arrêts de production, masquant le niveau réel de production;

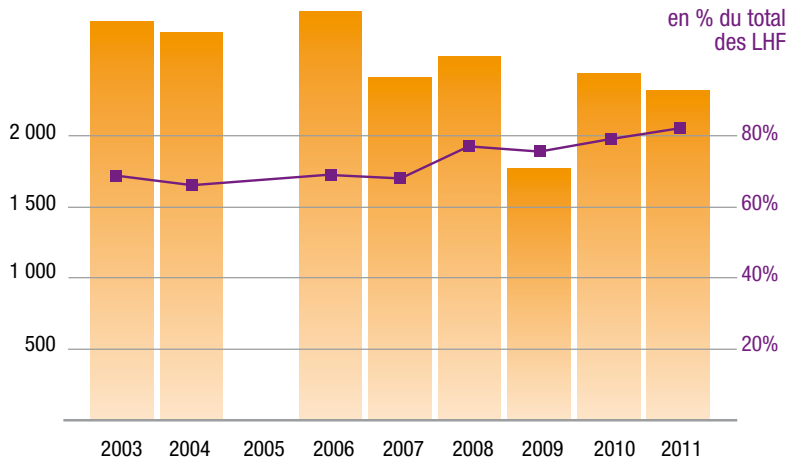
> Total LHF (en K tonnes)



> LHF cristallisés (en K tonnes)



> LHF vitrifiés (en K tonnes)



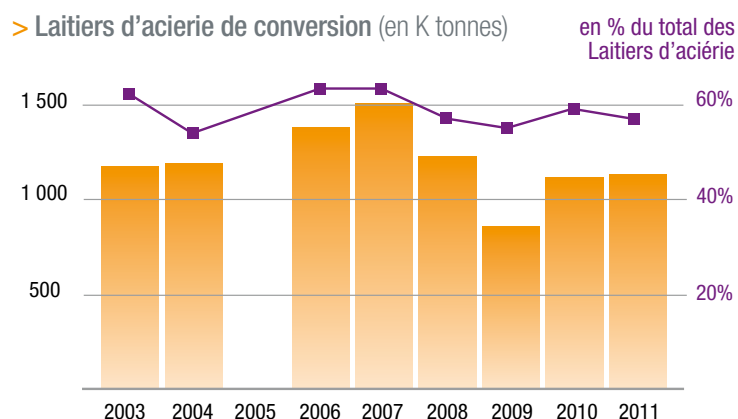
- le dernier trimestre 2008 et toute l'année 2009, correspondant à une baisse significative de la production en liaison avec la crise économique qui touche plus particulièrement les clients principaux des sites sidérurgiques produisant les aciers plats au carbone (-35% en 2009);
- puis enfin 2010 et 2011 où la situation s'améliore lentement sans toutefois retrouver les niveaux élevés de production des années 2004 à 2007.

L'évolution du taux de granulation des laitiers de haut-fourneau montre également une évolution tendancielle traduisant les investissements progressifs importants réalisés sur les sites français afin d'équiper les hauts-fourneaux de granulateurs : un granulateur installé sur le HF2 de Dunkerque au second semestre 2006, puis un granulateur sur le HF3 installé à Dunkerque à la fin de l'année 2007, ainsi que le renouvellement du granulateur du HF1 à Fos en 2008 lors de la

réfection du haut fourneau, améliorant ainsi le taux de granulation des laitiers de haut-fourneau générés. C'est surtout à partir de 2008 que l'on constate cette modification des pratiques, avec un ratio LHF vitrifiés / LHF cristallisés passant de 65/35 à 75/25, puis à 80/20 en 2011. Ceci est la conséquence directe de la valeur économique des LHF vitrifiés, en croissance régulière, (pour la fabrication de liants hydrauliques), et bien meilleure que celle des LHF cristallisés (pour la fabrication de granulats). Mis à part les quelques haut-fourneaux français dont les contraintes physiques liées à leur environnement respectif ne permettent pas l'installation de granulateurs sur tous les trous de coulée, le laitier cristallisé n'est plus que le fruit d'incidents de production. Le site de Saint-Gobain Pont-à-Mousson est une singularité car sa production, bien qu'importante, ne permet pas de retours sur investissements suffisants pour justifier l'installation d'un granulateur.

Les laitiers d'aciérie de conversion

De façon similaire à celle des laitiers de haut-fourneau, l'évolution des flux de production de laitiers issus des aciéries de conversion de la fonte en acier montre la même succession de périodes plus ou moins favorables :



de 2003 à 2007, la production de laitiers de convertisseur (LAC) évolue à la hausse de 1,2 million de tonnes pour culminer en 2007 à 1,5 million de tonnes; puis survient la crise qui impacte la fin de l'année 2008 et toute l'année 2009 pour tomber sous les 800 000 tonnes annuelles; et enfin un retour à des flux moyens depuis 2010 autour de 1,1 million de tonnes pour ces laitiers.

Là encore, on constate bien l'effet de la crise économique de 2009 sur les flux de laitiers d'aciérie de conversion générés dans les aciéries produisant des aciers plats carbone, utilisés principalement dans l'industrie automobile, la construction (bardages, planchers et profilés légers) et pour la fabrication de biens de consommations (packaging, produits électroménagers «blancs», ...).

Les laitiers d'aciérie issus de la filière électrique

L'évolution des laitiers d'aciérie issus de la filière électrique (LAFE) traduit une situation contrastée entre les sites produisant des aciers carbone et ceux produisant des aciers inoxydables ou fortement alliés. Globalement, les flux de LAFE montre une évolution assez similaire à celle des LHF ou des LAC, avec une montée en régime des sites jusqu'à la crise de 2009, puis depuis 2010, un retour progressif à la situation *ante*.

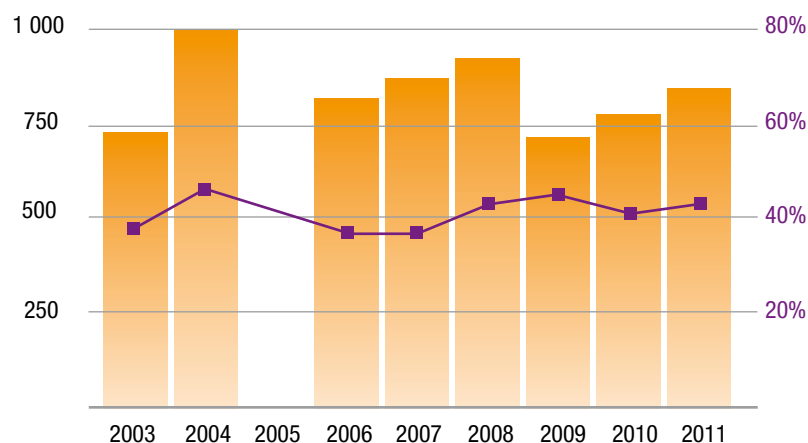
Néanmoins, les deux principales filières n'ont pas du tout été impactées de la même façon. Ceci doit être rattaché aux spécificités des marchés respectifs des diverses nuances d'aciers élaborés; en effet les aciers carbone ont bien résistés à la crise, de par un impact limité, voire inexistant des marchés clients de ces aciers, et principalement la filière BTP fortement soutenue par des investissements et des aides d'état pendant cette période. Ces incitations ont ainsi permis de maintenir une production quasi constante au cours de l'année 2009.

Par ailleurs, des sites étaient en plein développement à cette époque, ce qui se traduit dans les chiffres 2007, 2008, 2009 et 2010; c'est par exemple le cas du site de LME-Trith, qui a changé la technologie de son four électrique en 2007 (420 kT d'acier produit cette année là), ce qui a conduit à une amélioration significative des performances (508 kT d'acier en 2008), surtout à partir de 2009 (616 kT), 2010 (535 kT) et 2011 (682 kT) de production pour les marchés du BTP et de construction d'engins agricoles.

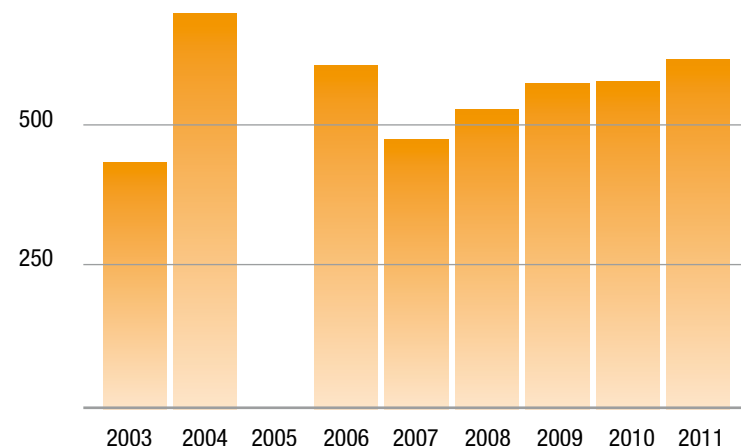
Au contraire, les aciers inoxydables et fortement alliés ont subi de plein fouet la crise économique, dès le début du quatrième trimestre 2008. Certains sites ont ainsi connus des périodes de fermeture et de chômage partiel qui ont durement affecté la production 2008, et aussi, évidemment, toute l'année 2009, en particulier les sites fournissant des aciers longs pour l'industrie automobile (Ascométal). Quant aux aciers inoxydables, les prix étant indexés sur ceux des matières premières (nickel et chrome en particulier), qui ont connu une très forte inflexion en 2009, le marché n'était pas favorable aux producteurs.

> Total LAFE (en K tonnes)

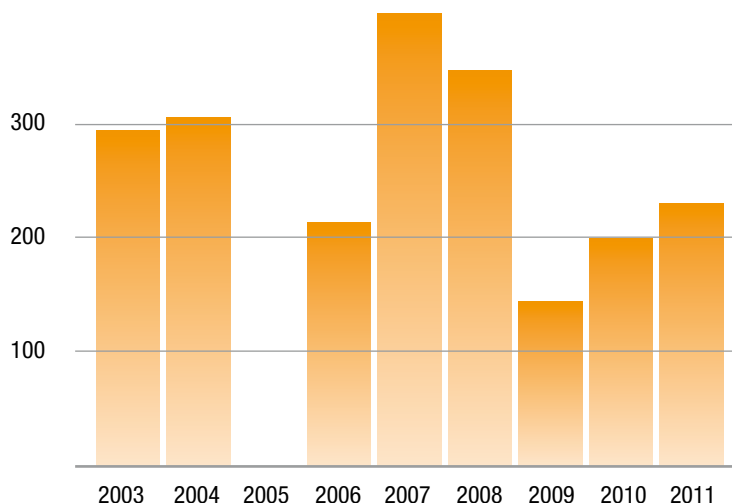
en % du total des
Laitiers d'aciérie



> LAFE carbone (en K tonnes)



> LAFE inox et alliés (en K tonnes)



Evolution des filières de valorisation des laitiers sidérurgiques

Pour les laitiers sidérurgiques, les filières de valorisation, correspondent majoritairement à des marchés liés, soit à la fabrication de liants hydrauliques (ciment, bétons, liant hydraulique routier, ...), soit pour des utilisations en travaux publics (granulats, graves traitées et non traitées, matériaux pour remblais...), soit historiquement pour les laitiers de haut fourneau phosphoreux, la valorisation comme amendement sidérurgique basique; cependant, depuis la fin de l'utilisation du minerai de Lorraine riche en phosphore,

cette utilisation a progressivement décliné (3 MT en 1983 à 60 kT en 2010) pour devenir de nos jours plutôt marginale.

Cependant, au gré des expérimentations des producteurs, des opérateurs et des progrès de la connaissance de ces matériaux et des travaux de R&D menés, d'autres filières sont en phase de développement ou de re-développement (fabrication de laine de roche, traitement du phosphore des eaux résiduelles, ...).

Les chiffres relatifs de ces évolutions (exprimés en pourcentage) ne sont disponibles et exploitables que depuis 2007, ce qui permet de tirer des enseignements de portée limitée car établis sur une période de 5 ans, entrecoupée par la crise économique mondiale de 2009. L'interprétation de ces chiffres doit donc être prise avec précaution.

Les laitiers de haut-fourneau (vitrifiés et cristallisés)

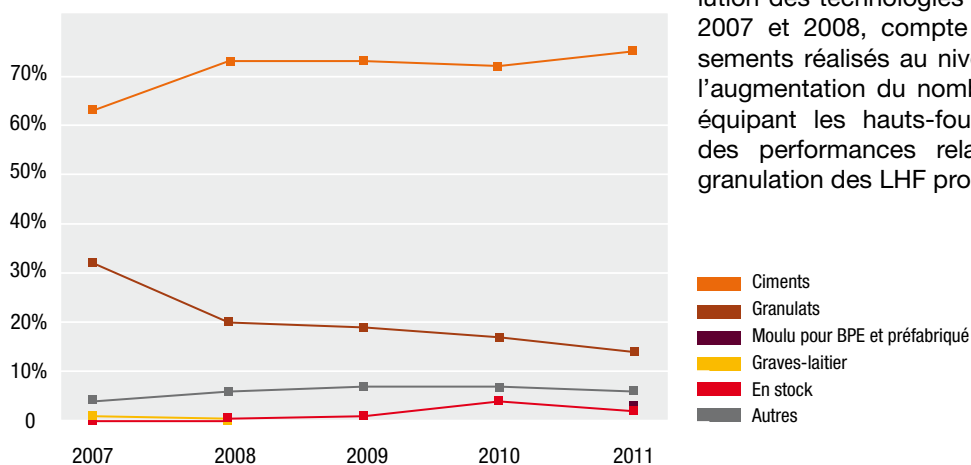
La répartition et l'évolution des filières de valorisation des LHF apparaissent assez simples à décrypter, dans la mesure où les destinations et usages sont bien distincts entre les laitiers LHF cristallisés, destinés à des usages de granulats dans le BTP, et les LHF vitrifiés orientés vers la fabrication de liants hydrauliques.

Ainsi, on constate l'utilisation quasi-exclusive et en augmentation constante des LHF vitrifiés pour la fabrication de ciments (CEM II et CEM III en particulier) et de liants hydrauliques routiers, atteignant en 2011 jusqu'à 75% des 80% disponibles, le reste étant utilisé sous forme de laitier granulé moulu pour la fabrication de BPE et en préfabrication.

Inversement, les quantités de LHF cristallisés disponibles diminuent et sont utilisées, soit pour la fabrication de granulats (15% en 2011), soit pour la fabrication de laine de roche (5% en 2011).

Ces deux courbes illustrent clairement l'évolution des technologies à partir des années 2007 et 2008, compte tenu des investissements réalisés au niveau des sites et de l'augmentation du nombre de granulateurs équipant les hauts-fourneaux, ou encore des performances relatives au taux de granulation des LHF produits.

> Les laitiers de haut-fourneau, vitrifiés et cristallisés (en %)



Les laitiers d'aciérie de conversion

L'évolution des différentes filières de valorisation des laitiers de convertisseur est assez hétérogène, traduisant des situations évolutives et contrastées en fonction des sites. Cette situation est également liée à la faible valeur marchande de ces laitiers dont les zones de chalandises restent concentrées autour des sites producteurs et sont donc soumises aux aléas de contextes micro-économiques (présence ou non de gros projets locaux).

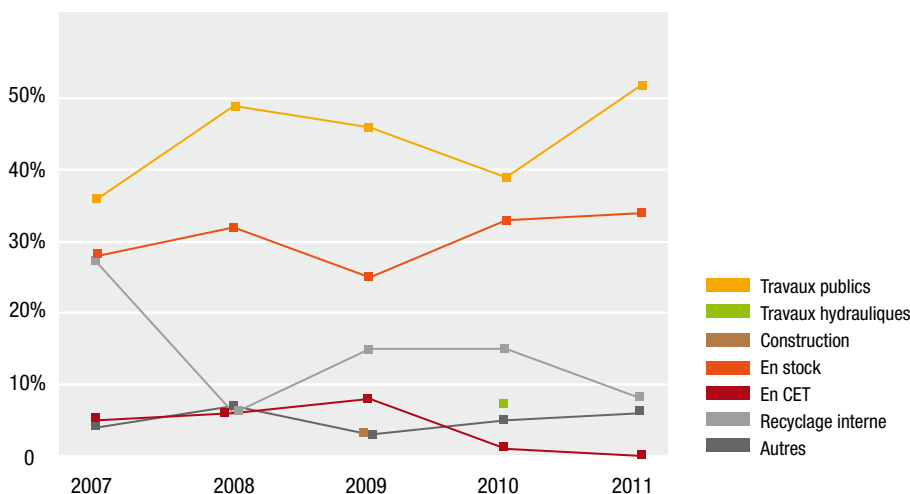
Le débouché principal pour ces laitiers reste l'utilisation sous forme de granulats en TP (35 à 50%). Néanmoins, elle se heurte à des réticences techniques liées à une possible expansion volumique suite à l'hydratation et à la carbonatation de la chaux contenue dans ces laitiers. La maîtrise de cette expansion reste le facteur clé d'une bonne valorisation de ces granulats, tant en termes économiques que de volumes, qu'elle soit réalisée par tri à la source en fonction de la composition chimique des coulées, par maîtrise du processus de refroidissement, par stabilisation par injection de silice ou encore par divers procédés de maturation des laitiers afin de libérer cette capacité d'expansion.

Ces difficultés et la réticence des marchés expliquent en partie que la mise en stocks internes (en attente de solutions de valorisation) reste malgré tout assez importante, autour de 30% pour ces laitiers.

Leurs usages sont souvent soit ponctuels et liés à des travaux locaux importants (construction de digues de protection à Dunkerque), soit exploratoires et pas encore à un stade pérenne, comme l'utilisation en recyclage interne au sein des sites sidérurgiques (à l'agglomération).

On citera néanmoins certaines expériences industrielles intéressantes pour ces laitiers, comme l'utilisation pour la fabrication de liants hydrauliques routiers (SIDMIX®), ou encore l'utilisation des laitiers pour la confection de filtres neutralisant le phosphore des eaux usées de stations d'épuration périurbaines. Même si les flux valorisés au sein de ces filières restent modestes (quelques milliers de tonnes), la valeur ajoutée est bien plus intéressante que pour la fabrication de granulats.

> Laitiers d'acierie de conversion (en %)



Les laitiers d'aciérie issus de la filière électrique

Les filières de valorisation des laitiers d'aciérie issus de four électrique sont très bien établies, compte tenu des performances techniques dont ces matériaux font preuve. En effet, ils ne présentent pas de problèmes d'expansion, mais, au contraire d'excellentes caractéristiques mécaniques en termes de résistance à l'usure, ce qui conduit à des zones de chalandises plus larges que pour les laitiers de convertisseur, et ce en dépit de leur densité.

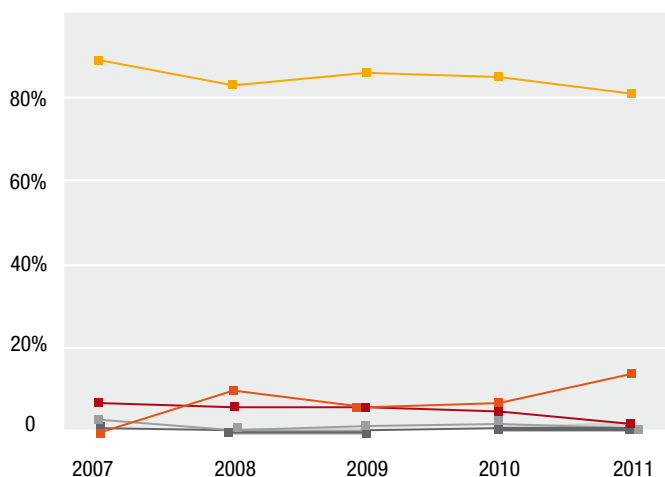
Ils constituent pour certaines régions pauvres en matériaux de qualité (Lorraine, Nord Pas-de-Calais) des gisements très prisés par l'industrie routière. Par ailleurs, les productions ponctuelles étant assez faibles (moins de 100 kT) en regard des laitiers de convertisseur (plus de 200 kT), ils peuvent être absorbés localement sans créer une véritable concurrence vis-à-vis des autres granulats.

En effet, ils sont très majoritairement valorisés sous forme de granulats pour la réalisation de graves traitées ou non traitées, de bétons bitumineux ou d'émulsions. Pour les laitiers issus de la filière carbone, c'est entre 80% et 85% des flux qui partent chaque année vers cette filière. Le reste des flux étant mis en stockage interne sur les sites. Pour les laitiers issus de la filière des aciers inoxydables et hautement alliés, c'est plus de 70% qui sont utilisés en TP.

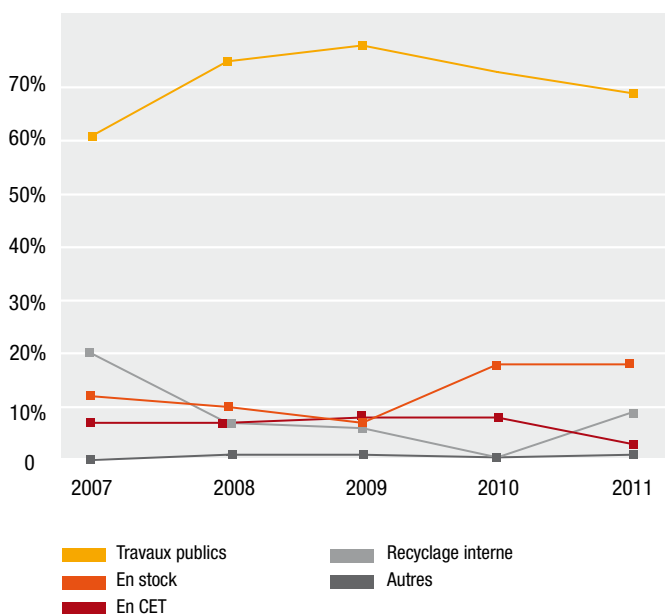
Le stockage reste un peu plus marqué pour les sites produisant des aciers alliés, compte tenu des spécificités chimiques des laitiers générés, et des volumes, parfois très faibles, produits par certains sites (< 5000 tonnes), qui n'ont pas permis la mise en œuvre de filières de valorisation dédiées, économiquement pérennes, et qui mettent leurs flux en stockage réglementé.

A noter également le développement récent de tentatives de recyclage interne au niveau des fours, en particulier pour les laitiers de métallurgie secondaire.

> Laitiers d'aciérie électrique carbone (en %)



> Laitiers d'aciérie électrique inox et alliés (en %)



La promotion de l'utilisation des laitiers sidérurgiques

La promotion de l'utilisation des laitiers sidérurgiques constitue une action centrale dans les missions du CTPL auprès de ses adhérents.

Le suivi des statistiques de production, et bien plus encore, des données relatives à la valorisation des laitiers sidérurgiques permet de disposer non seulement d'une information précieuse quant aux flux disponibles et circulant sur le territoire, mais aussi au fil du temps d'évaluer si les actions menées par le CTPL et ses adhérents sont pertinentes et suivies d'effet.

De ce point de vue, c'est évidemment sur le long terme l'amélioration des conditions de valorisation qui est attendue. Cela recouvre deux aspects :

- l'amélioration des flux écoulés, en termes de volumes,
- l'amélioration des conditions économiques des filières (prix de vente/tonne).

D'un point de vue statutaire, il n'est pas du ressort du CTPL d'influer sur les conditions économiques, d'une autre façon que par les actions techniques et de communication menées classiquement par l'Association afin de faire reconnaître à sa juste valeur ces matériaux. Les missions et les actions du CTPL doivent permettre au contraire d'influer directement sur les volumes potentiellement valorisés par les sites.

Concernant les laitiers de haut-fourneau, la valorisation de la totalité des volumes disponibles est rentrée depuis bien longtemps dans les pratiques usuelles, que ce soit sous forme de laitiers cristallisés, de laitiers bouletés, ou granulés et, plus récemment de laitiers granulés et moulus. Ainsi, l'ensemble des flux est valorisé et seules les conditions économiques - la nature de filières - peuvent encore faire l'objet d'améliorations.

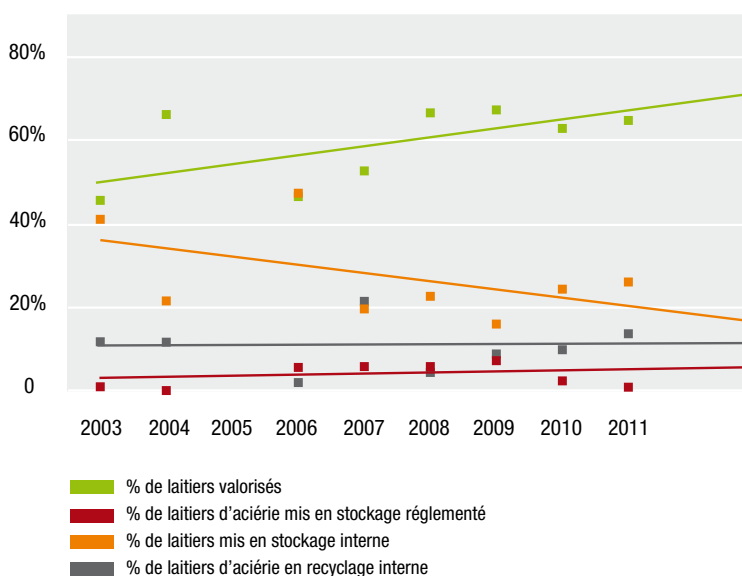
C'est pourquoi le CTPL, sans toutefois abandonner les laitiers de haut-fourneau, a mis l'accent depuis ces 10 dernières années sur les actions permettant de promouvoir la valorisation des laitiers d'aciérie. Il est par conséquent particulièrement intéressant de s'atta-

cher à l'évolution de ces flux sur cette même période, afin d'évaluer l'efficacité des actions engagées.

La figure suivante illustre, pour l'ensemble des laitiers d'aciérie (laitiers de convertisseur, laitiers d'aciérie électrique d'élaboration d'aciers carbone, et laitiers d'aciérie électrique d'élaboration d'aciers inoxydables et alliés), les évolutions des principales filières de gestion des laitiers :

- la valorisation externe (flux sortant des sites quelle que soit la filière de valorisation),
- le recyclage interne,
- le stockage interne, et
- le stockage réglementé en décharge (CET)

> Total Laitiers d'aciérie (en %)



Cette figure illustre les variations des différentes filières au cours de ces dernières années, et permet d'identifier trois principales tendances :

- l'augmentation progressive du taux de valorisation externe des laitiers d'aciérie, d'un taux moyen de 50% (1/2) entre 2003 et 2007, vers un taux moyen de 65% (2/3) entre 2008 et 2011,
- En parallèle, la diminution progressive du taux de mise en stockage interne, d'un taux moyen de 35-40% entre 2003 et 2006, vers un taux moyen de 20-25% entre 2007 et 2011,

- Une stabilisation du taux de mise en stockage réglementé qui oscille entre 2% et 7% de la totalité des flux gérés, et du taux de recyclage interne qui varie entre 3% et 12% de la totalité des flux générés.

Ces évolutions semblent indiquer une nette inflexion sur les années 2006/2007 au bénéfice des différentes filières de valorisation externe (essentiellement BTP), validant ainsi les actions entreprises par le CTPL et ses adhérents afin d'améliorer la gestion des flux de laitiers d'aciérie.

Quel avenir ? Quelle tendance ?

Les perspectives pour les industriels de l'acier, et par conséquent pour les productions de laitiers sidérurgiques, ne sont pas aussi bonnes pour l'année 2012 que pour 2010 et 2011. En effet, il est envisagé en France une baisse de la consommation d'acier, de l'ordre de quelques pourcents par rapport à 2011.

Malgré un premier trimestre satisfaisant, les derniers indicateurs économiques publiés, concernant les secteurs utilisateurs d'acier vont tous dans le même sens et annoncent une demande d'acier en retrait sur la seconde partie de l'année (*Données issues de la Fédération Française de l'Acier, <http://www.acier.org/>*).

Les moteurs internes de la croissance en Europe, et tout particulièrement en France, ont disparu. La consommation des ménages pâtit des plans d'ajustement budgétaire tandis que l'investissement est affecté par la dégradation des perspectives d'activité. Les entreprises ajustent leurs stocks depuis plusieurs trimestres. La dégradation des trésoreries des entreprises dans un contexte de durcissement du crédit par les banques sont autant de facteurs qui pèseront sur le développement futur des investissements (*Données issues de la Fédération Française de l'Acier, <http://www.acier.org/>*).

Ainsi, à cette date, il est bien difficile de pouvoir se projeter dans l'avenir en termes de volumes de production des laitiers sidérurgiques. Toutefois, en ce qui concerne leur taux d'utilisation, on peut espérer que la publication par le SETRA du guide d'acceptabilité environnementale des laitiers sidérurgiques en construction routière, ainsi que la possibilité d'instruire un dossier de sortie du statut de déchet vont permettre d'assurer le relai des différentes actions entreprises par le CTPL et ses adhérents à ce jour, et de maintenir la croissance de leur taux d'emploi dans des filières externes économiquement intéressantes.

C'est en ce sens déjà une véritable étape qui permet aux laitiers d'envisager l'avenir avec sérénité.

REMERCIEMENTS

Cet article a pu être rédigé grâce à la collaboration de l'ensemble des producteurs de laitiers sidérurgiques, ainsi que suite aux enquêtes conjointes menées année après année avec l'Association Technique pour la Sidérurgie (ATS), puis la Fédération Française de l'Acier (FFA).

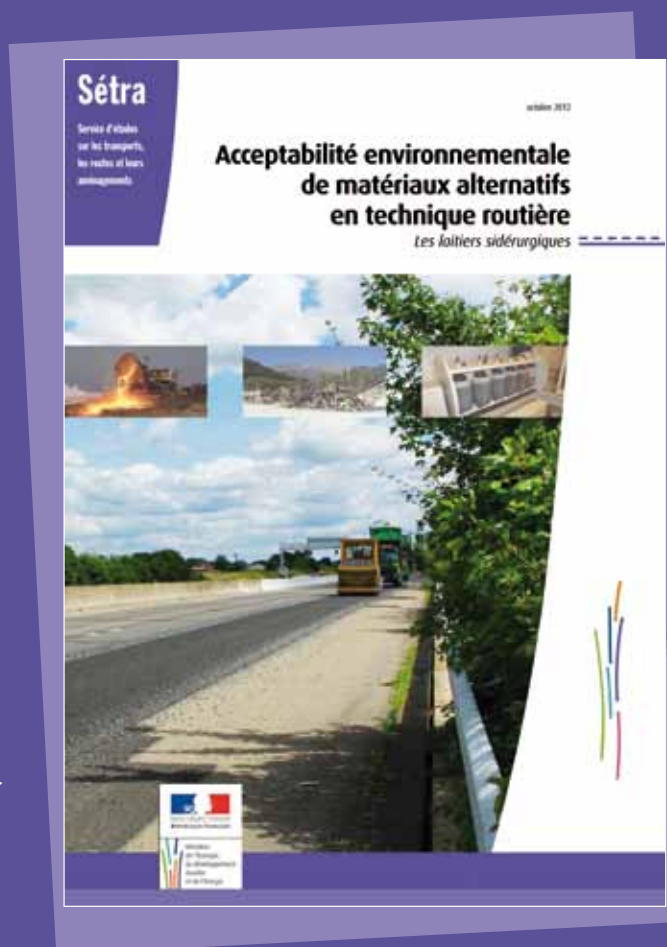
Nous tenons également à remercier Bernard Bertier (FFA, département Statistique) et Jean-Marie Delbecq (AM, BSME) pour leur collaboration et leur assistance.

PRESCRIRE DES LAITIERS SIDÉRURGIQUES, UNE ACTION ÉCO-CITOYENNE

Agissons ensemble pour l'environnement !

Des performances
techniques
recherchées
et reconnues...

- Respect de la norme produit granulats NF EN 18-545
- Caractéristiques mécaniques constantes et homogènes
- Performances géotechniques «haut de gamme»
- Coût de production très compétitif
- Une densité élevée pour les usages en pré-chargement ou pour les enrochements.



Dans le respect
du développement
durable !

La conformité aux
exigences du guide
SETRA garantissent

- La préservation accrue des ressources minérales naturelles
- Un impact environnemental minimal, maîtrisé et encadré
- La limitation de la mise en stockage et des emprises au sol
- La minimisation des coûts de transport et des nuisances associées par la valorisation de ressources locales.

Pour plus d'information, consultez-nous.
ou visitez notre site internet :

www.ctpl.info

CTPL, un organisme dédié à la valorisation
des laitiers sidérurgiques

CTPL

CENTRE TECHNIQUE
ET DE PROMOTION
DES LAITIERS SIDÉRURGIQUES

Valorisation des laitiers : cadre juridique



Le présent article a pour but de réaliser un état des lieux juridique, à mi-2012, des textes applicables aux laitiers sidérurgiques et à leur mise sur le marché. Afin de le rendre utile, une synthèse des textes est proposée. Toutefois celle-ci est faite dans le strict cadre des laitiers sidérurgiques (aujourd'hui considérés en France comme des déchets non dangereux) et des activités de nos adhérents (production de laitiers, fabrication de produits dérivés, installations classées, transport, etc.).

La deuxième partie de cet article prend en compte l'introduction dans le droit français des articles 5 et 6 de la *directive européenne 2008/98 CE* qui introduit la notion de «sortie du statut de déchet» (Art.6). La notion de «sous-produit» (Art.5) n'est pas encore, à l'heure de la rédaction, d'actualité puisque le décret prévu par l'ordonnance n° 2010-1579 du 17 décembre 2010 n'est pas connu ni publié.

LEGISLATION

Etat des lieux juridique
et statut des laitiers sidérurgiques

Déchet : définition

Sur le territoire français, les laitiers sidérurgiques sont encore, juridiquement, des déchets tels que définis par le Titre IV 1-1, Article L.541-1-1. du Code de l'Environnement (modifié par l'ordonnance 2010-1579 du 17 décembre 2010.

«Au sens du présent chapitre, on entend par déchet : tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire.»

Traitement des déchets et installations de traitement

Le décret n°2011-828 du 11 juillet 2011 prend en compte l'évolution de la problématique «déchet». Il transcrit la loi Grenelle II du 12 juillet 2010 dans le domaine de la gestion des déchets. Ainsi, on ne parle plus d'élimination mais de traitement ou de gestion, ni de déchets industriels spéciaux ou d'ordures ménagères mais de déchets dangereux et de déchets non dangereux.

Les laitiers sidérurgiques sont concernés par les seuls «traitements» suivants, lorsqu'ils ne sont pas mis sur le marché pour un usage ultérieur.

Mise en décharge

Les textes ci-dessous, généralement applicables au cas des laitiers sidérurgiques, établissent les critères et les procédures d'admission des déchets dans les installations de stockage de déchets industriels inertes ou non dangereux.

• Décharge de déchets non dangereux (Classe 2)

La mise en décharge des déchets ménagers et assimilés, considérés comme des déchets non dangereux, est encadrée par l'Arrêté Ministériel du 9 septembre 1997 dont les exigences ont été modifiées par l'Arrêté Ministériel du 18 juillet 2007.

• Décharge de déchets inertes (Classe 3)

La mise en décharge des déchets industriels inertes provenant d'installations classées est, elle, prise en compte par l'Arrêté du 31 décembre 2004, complété par le décret N°2006-302 du 15 mars 2006 relatif aux installations de stockage de déchets industriels. L'Arrêté Ministériel du 15 mars 2006 établit même une «liste positive des déchets inertes» dans laquelle, hélas, les laitiers ne figurent pas.



Photo 1
Installation SLAG à
Moyeuvre-Grande

Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

L'Article 541-2 du Code de l'environnement définit les contraintes juridiques et techniques d'exploitation d'une installation classée ICPE.

L'Ordonnance n° 2010-418 du 27 avril 2010 (JO n° 101 du 30 avril 2010) modifie les précédentes exigences relatives à la prévention des risques technologiques et naturels et

à la réparation des dommages en fondant cette politique de prévention sur l'évaluation des risques (formalisée dans l'étude de dangers, pour les installations classées) par rapport à 4 aspects essentiels :

- la réduction du risque à la source,
- les plans d'urgence (interne / externe),
- l'information / la concertation,
- la maîtrise de l'urbanisation.

Transport des déchets

Les entreprises productrices étant responsables de leurs déchets jusqu'à leur élimination finale, elles doivent faire appel à des sociétés dûment déclarées en préfecture pour leur activité de transport, négoce ou courtage de déchets (*Code de l'environnement article R 541-49 à R 541-64*).

Le décret n°2011-828 du 11 juillet 2011 portant diverses dispositions relatives à la prévention et à la gestion des déchets - JO du 12 juillet 2011 – en plus de modifier les dispositions relatives à la collecte, au transport, au négoce et courtage afin notamment de tenir compte des évolutions des traitements et de la terminologie en matière de déchets a également introduit dans le droit français les dispositions du *Règlement européen CE 1013/2006 du 14 juin 2006* relatif aux transferts de déchets, dangereux et non dangereux, entre États membres de l'UE. Il établit, entre autres, la procédure d'information pour les déchets non dangereux destinés à être valorisés.

Les entreprises de transport par route doivent déposer une déclaration auprès du Préfet du département où se trouve leur siège social dès lors que les quantités transportées sont supérieures à 0,5 tonne par chargement pour les déchets autres que dangereux. La préfecture délivre alors au déclarant un récépissé de déclaration, valable cinq ans et renouvelable. Une copie du récépissé de déclaration délivré par le préfet est conservée à bord de chaque véhicule.

Traçabilité des déchets

Obligations

Le décret n°2011-828 du 11 juillet 2011 a également étendu les dispositions relatives à l'obligation de traçabilité des déchets, initialement ciblée aux seuls déchets dangereux ou radioactifs, à tous les déchets gérés, dangereux ou non (*Article R. 541-43 du Code de l'environnement*).

La tenue d'un registre chronologique de suivi des déchets pendant trois ans est également étendue à tous les acteurs de la gestion des déchets, sans exclusion : producteur, collecteurs, transporteurs, négociants, exploitants d'installation de transit, de regroupement ou de traitement de déchets.

L'Article R541-46 soumet également à la tenue d'un tel registre, les exploitants des installations visées à l'Article L214-1 soumises à autorisation ou à déclaration ou des installations visées à l'Article L511-1 soumises à autorisation, à enregistrement ou à déclaration qui traitent des substances ou objets qui sont des déchets afin qu'ils cessent d'être des déchets. Ce registre chronologique retrace la nature, le traitement et l'expédition de ces substances ou objets.

Contenu des registres chronologiques de la production, de l'expédition, de la réception et du traitement de déchets (obligatoires à partir de juillet 2012)

L'Arrêté du 29 février 2012, fixe le contenu des différents registres, tenus obligatoirement dans un document papier ou informatique à compter du 1^{er} juillet 2012 :

- Les informations contenues dans les registres 1° et 2°, tenus par les personnes exploitant des installations réceptionnant et réexpédiant des déchets, doivent assurer la traçabilité entre les déchets entrants et les déchets sortants.
- Les informations contenues dans les registres visés aux 1° et 5°, tenus par les personnes qui traitent des substances ou objets qui sont des déchets afin qu'ils cessent d'être des déchets, permettent d'assurer la traçabilité entre les déchets entrants et les substances ou objets ayant cessé d'être des déchets.

Utilisation des laitiers (statut déchet) en construction routière

Afin d'harmoniser, au plan national, les exigences environnementales applicables aux laitiers sidérurgiques utilisés, sous leur statut de déchet, en construction routière, le CTPL a commencé à mettre en place dès 2005 les bases de données environnementales et à évaluer les comportements en place, caractéristiques des laitiers sidérurgiques produits en France.

Ainsi, dès la publication par le SETRA en mars 2011 du Guide Méthodologique d'acceptabilité environnementale des matériaux alternatifs en construction routière, il était signalé que ce guide ne s'appliquerait pas aux laitiers sidérurgiques, puisque ceux-ci allaient bénéficier d'un guide spécifique (dit guide d'application).

Publié par le SETRA à l'automne 2012, ce guide d'application précise dans ses annexes les critères environnementaux auxquels les granulats issus de laitiers doivent satisfaire selon les 3 types d'usages envisagés :

- Usages routiers revêtus d'une hauteur <3 m.
- Usages routiers recouverts d'une hauteur <6 m.
- Usages routiers non revêtus, non recouverts.



Photo 2

Guide d'application publié par le SETRA en octobre 2012

De même, le plan de suivi de la qualité environnementale des matériaux alternatifs fabriqués est décrit en détail. Pour plus d'information, un article de ce numéro de la revue est dédié à la présentation de ce guide¹.

«Sous-produit» et perte du statut de «déchet»

Les critères

La Directive européenne 2008/98 CE a été transposée en droit français par l'Ordonnance n° 2010-1579 du 17 décembre 2010 portant diverses dispositions d'adaptation au droit de l'Union européenne dans le domaine des déchets. Cette directive introduit deux notions essentielles :

- Art. 5 la création d'un **statut de sous-produit**,
- Art.6 la **sortie du statut de déchet**.

L'Article L. 541-4-2. introduit la notion de sous-produit comme suit :

Une substance ou un objet issu d'un processus de production dont le but premier n'est pas la production de cette substance ou cet objet ne peut être considéré comme un sous-produit et non comme un déchet au sens de l'article L. 541-1-1 que si l'ensemble des conditions suivantes est rempli :

- l'utilisation ultérieure de la substance ou de l'objet est certaine ;
- la substance ou l'objet peut être utilisé directement sans traitement supplémentaire autre que les pratiques industrielles courantes ;
- la substance ou l'objet est produit en faisant partie intégrante d'un processus de production
- la substance ou l'objet répond à toutes les prescriptions relatives aux produits, à l'environnement et à la protection de la santé prévues pour l'utilisation ultérieure ;
- la substance ou l'objet n'aura pas d'incidences globales nocives pour l'environnement ou la santé humaine.

Les opérations de traitement de déchets ne constituent pas un processus de production au sens du présent article.

Les modalités d'application du présent article sont fixées par décret.

¹ - Se référer à l'article sur le Guide d'application en page 40

A défaut de critères détaillés fixés au niveau de l'UE, il est prévu que les Etats membres y pourvoient au cas par cas.

L'Article L. 541-4-3 du code de l'environnement prévoit qu'un déchet cesse d'être un déchet après avoir été traité dans une installation visée à l'article L. 214-1 soumise à autorisation ou à déclaration ou dans une installation visée à l'article L. 511-1 soumise à autorisation, à enregistrement ou à déclaration et avoir subi une opération de valorisation, notamment de recyclage ou de préparation en vue de la réutilisation, s'il répond à des critères remplissant l'ensemble des conditions suivantes :

- la substance ou l'objet est couramment utilisé à des fins spécifiques;
- il existe une demande pour une telle substance ou objet ou elle répond à un marché;
- la substance ou l'objet remplit les exigences techniques aux fins spécifiques et respecte la législation et les normes applicables aux produits;
- son utilisation n'aura pas d'effets globaux nocifs pour l'environnement ou la santé humaine.

Ces critères sont fixés par l'autorité administrative compétente. Ils comprennent le cas échéant des teneurs limites en substances polluantes et sont fixés en prenant en compte les effets nocifs des substances ou de l'objet sur l'environnement.

Les modalités d'application du présent article sont fixées par décret.

Les principales différences entre un «sous-produit» et une matière ayant perdu le statut de déchet est que le sous-produit offre une certitude d'usage **dès sa génération** et n'est à **aucun moment** un déchet²

Reconnaissance du statut de «Sous-produit»

La transposition en droit français de l'article 5 de la Directive 2008/98 CE dans l'*Article L541-4-2 du Code de l'environnement* prévoit la mise en place d'un décret précisant la procédure à appliquer au plan national en l'absence de procédure communautaire.



Photo 3

Laitier de haut fourneau
granulé moulu

Le projet de décret n'a toujours pas été communiqué aux parties prenantes à la date de la rédaction de cet article.

Sortie du statut de déchet : Procédure nationale ou départementale

Le décret n° 2012-602 du 30 avril 2012 fixe les modalités d'application des dispositions législatives relatives à la sortie du statut de déchet. Il définit la procédure de sortie de statut de déchet ainsi que l'autorité administrative compétente, et crée une commission consultative sur le statut de déchet. Ce décret entrera en vigueur au 1^{er} octobre 2012, sauf pour son article premier relatif à la commission consultative sur le statut de déchet qui est à effet immédiat afin de permettre sa mise en place dans les meilleurs délais.

L'article D. 541-12-6 du code de l'environnement permet à un exploitant d'une installation mentionnée aux articles L. 214-1 ou L. 511-1 ou au mandataire de son choix de demander que les déchets qu'il détient cessent d'avoir le statut de déchets. Cela peut se faire, à titre individuel (déchet d'un site spécifique), au niveau départemental ou conjointement (catégorie de déchets) avec d'autres exploitants auprès du ministre chargé de l'environnement. Ces critères peuvent être fixés pour une durée déterminée.

² - Avec toutes les conséquences de cet état (voir en fin d'article la problématique de l'empreinte environnementale).

Lorsque c'est le préfet qui est compétent, les critères de sortie du statut de déchets sont fixés par arrêté complémentaire suivant la procédure applicable à l'installation, suivant qu'elle relève du régime de l'autorisation, de l'enregistrement ou de la déclaration, après avis conforme du Ministre de l'Environnement.

Ainsi que précisé ci-dessus, obligation est faite aux personnes qui traitent des substances ou objets qui sont des déchets afin qu'ils cessent d'être des déchets, de tenir des registres et à y entrer les informations permettant d'assurer la traçabilité entre les déchets entrants et les substances ou objets ayant cessé d'être des déchets.

Contenu du dossier

Le demandeur doit produire un dossier³ prouvant que le déchet satisfait aux conditions fixées par l'Article L. 541-4-3, et doit proposer :

- les critères permettant le respect de ces conditions,
- le modèle et le contenu de l'attestation de conformité exigée des lots de produits sortants, et
- le système de gestion de la qualité qui doit couvrir le processus de contrôle des critères de sortie du statut de déchet³.

Règlement européen n°1907/2006/CE REACH

En vigueur depuis le 1^{er} juin 2007, le Règlement REACH est la nouvelle Réglementation européenne en matière d'Enregistrement, d'Autorisation et de restriction des produits CHimiques. Ce Règlement traite notamment de l'évaluation et du contrôle des risques présentés par les substances mises sur le marché, de leurs éventuelles limitations, ainsi que de l'emballage et de l'étiquetage des substances et préparations, ainsi que des informations à fournir aux clients de l'aval. REACH vise toute matière, préparation ou article présent sur le marché et introduit de nouvelles notions ayant un impact significatif sur la gestion de nos laitiers :

- Une substance, définie comme un élément chimique et ses composés à l'état naturel ou obtenus par un processus de fabrication,
- Une préparation, définie comme un mélange ou une solution composés d'au moins deux substances. (ex : alliage),
- Un article, défini comme un objet auquel est donné, au cours du processus de fabrication, une forme, une surface ou un dessin particulier qui sont plus déterminants pour sa fonction que sa composition chimique.

Au titre de REACH, les laitiers sont des substances UVCB (*Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials*).

Les acteurs de REACH

Toutes les entreprises sont concernées par REACH. Néanmoins elles le sont à des degrés divers et sont alors fabricants, importateurs, distributeurs et/ou utilisateur. Il est essentiel de déterminer son statut pour chaque substance afin de satisfaire aux obligations liées à ce statut.

Identification des rôles dans le cadre de REACH

REACH fait une distinction, parmi les différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement, entre :

- Fabricant de substances ou de préparations,
- Producteur d'articles,
- Fournisseur d'une substance ou d'une préparation (tout acteur de la chaîne d'approvisionnement qui met sur le marché une substance, telle quelle ou contenue dans une préparation, ou une préparation),
- Fournisseur d'un article (tout acteur de la chaîne d'approvisionnement qui met un article sur le marché),
- Utilisateur aval (personne physique ou morale qui, dans ses activités, utilise une substance, telle quelle ou contenue dans une préparation),
- Distributeur (personne physique qui n'exécute que des opérations de stockage et de mise sur le marché d'une substance, telle quelle ou contenue dans une préparation, pour le compte de tiers).

³ - Le contenu détaillé du dossier et les principes du système de gestion de la qualité doivent encore être précisés par des arrêtés ministériels attendus avant la fin de l'année 2012.

Obligations des Producteurs et Importateurs face à REACH

Les obligations des fabricants (et importateurs) de substances au sens de REACH sont les suivantes :

- **Substance :**

- Enregistrement si > 1t./an , avec Rapport de Sécurité Chimique (Chemical Safety Report) si > 10t.an,
- Vérification de l'absence de substance dans l'Annexe XIV (sinon régime d'autorisation) ou Annexe XVI (Régime de Restriction),
- Transmission à l'aval des mesures préconisées de gestion des risques éventuels (Fiche de Données Sécurité).

- **Préparation :**

- Considérées comme mélange de substances, mêmes obligations que ci-dessus pour toutes les substances incorporées dans la préparation concernée.

- **Article :**

Obligation d'enregistrer les substances contenues dans l'article et qui réunissent les conditions suivantes :

- Les substances sont présentes dans l'article en quantités > 1t./an,
- Elles sont destinées à être rejetées dans des conditions normales d'utilisation.

Obligations des utilisateurs en aval

Il y a des obligations de REACH qui ne s'appliquent qu'à certaines catégories spécifiques d'utilisateurs en aval, en fonction de l'activité menée. Les obligations éventuelles liées aux différentes activités sont les suivantes :

- **Formulateurs :**

- Vérification de l'enregistrement des substances qu'ils mettent sur le marché, lorsque pertinent,
- Fourniture de la Fiche de Données Sécurité (FDS) à leurs clients ou de toute autre information si celle-ci n'est pas exigible.

- **Producteurs d'articles :**

- Fourniture d'informations aux utilisateurs aval si l'article contient plus de 0,1% d'une substance inscrite à l'Annexe XVI et, sur demande, aux consommateurs de cet article.

- **Utilisateurs de l'aval :**

- Conformité avec les conditions de l'autorisation lorsque pertinent,
- Respect d'éventuelles restrictions, lorsque pertinent,
- Application des mesures préconisées dans la FDS ou autres,
- Vérification de la conformité de l'usage avec les scénarii d'exposition de la FDS,
- Faire remonter au fournisseur toute nouvelle information (dangerosité, insuffisance des mesures préconisées par la FDS, etc.).

Règlement Produits de Construction (RPC)

Publié le 4 avril 2011, le Règlement Produits de Construction (RPC 305/2011/UE) remplace la Directive Produits de Construction (DPC 89/106/CEE).

A partir du vingtième jour suivant sa publication, le Règlement entre progressivement en vigueur. Les guides d'agrément technique européens existants (ETAG) peuvent être utilisés comme documents d'évaluation européens (EAD) même après la période de transition et les agréments techniques européens (ETA) délivrés restent valables jusqu'à leur date d'expiration. **A partir du 1^{er} juillet 2013, le règlement Produits de construction sera pleinement d'application.**

Le règlement RPC remplace la directive DPC

La transposition de la Directive DPC ne s'est pas faite de façon homogène dans tous les pays. Or, un Règlement est automatiquement et totalement d'application dans l'ensemble des états membres de l'UE. Le RPC sera donc appliqué de la même façon dans tous les pays de façon à créer un cadre harmonisé pour la commercialisation des produits de construction (marquage CE).

Pour les laitiers sidérurgiques, ce texte constitue une des références législatives incontournables, dans la mesure où la plupart des usages concernent les produits de construction, que ce soit sous forme de liants hydrauliques, pour la fabrication de bétons, ou encore de granulats.

A ce titre, les spécifications techniques des ouvrages incorporant les produits de construction doivent satisfaire aux exigences fondamentales suivantes pendant une durée de vie raisonnable du point de vue économique :

1. Résistance mécanique et stabilité
2. Sécurité en cas d'incendie
3. Hygiène, santé et environnement⁴
4. Sécurité d'utilisation et accessibilité
5. Protection contre le bruit
6. Économie d'énergie et isolation thermique
7. Utilisation durable des ressources naturelles⁵

Le respect des exigences essentielles n°3 et n°7 est par conséquent particulièrement important en vue de promouvoir l'usage des laitiers sidérurgiques dans les différentes filières de valorisation sous forme de produits de construction.

⁴ - Les ouvrages de construction doivent être conçus et construits de manière à ne pas constituer, tout au long de leur cycle de vie, une menace pour l'hygiène ou la santé et la sécurité des travailleurs, des occupants ou des voisins et à ne pas avoir d'impact excessif sur la qualité de l'environnement, ni sur le climat tout au long de leur cycle de vie, que ce soit au cours de leur construction, de leur usage ou de leur démolition.

⁵ - Les ouvrages de construction doivent être conçus, construits et démolis de manière à assurer une utilisation durable des ressources naturelles et, en particulier, à permettre :

- a) la réutilisation ou la recyclabilité des ouvrages de construction, de leurs matériaux et de leurs parties après démolition;
- b) la durabilité des ouvrages de construction;
- c) l'utilisation, dans les ouvrages de construction, de matières premières primaires et secondaires respectueuses de l'environnement.



Déclaration des performances

Une déclaration des performances (Declaration of Performance – DoP) est obligatoire lorsqu'il existe pour le produit concerné une norme harmonisée (hEN) ou un agrément technique européen (European Technical Assessment – ETA).

Approbation Technique Européenne (ETA)/Agrément Technique Européen (ETA)

Les procédures alternatives actuelles (European Technical Approval – ETA sur base d'une European Technical Approval Guideline – ETAG ou d'une Common Understanding of Assessment Procedure – CUAP) disparaissent. En cas d'absence de norme harmonisée ou de méthode d'évaluation adéquate, le fabricant peut alors demander un agrément technique européen (European Technical Assessment).

Un ETA s'appuie sur un document d'évaluation européen (European Assessment Document – EAD). Un EAD est établi par un organisme d'évaluation technique - OET (Technical Assessment Body – TAB) et décrit les méthodes d'évaluation pour les caractéristiques essentielles du produit.

Marquage CE

Le marquage CE devient également obligatoire pour les produits disposant d'une déclaration des performances. En apposant ce marquage, le producteur s'engage à ce que son produit présente les performances mentionnées dans la déclaration.

Déclaration environnementale

- Norme NF P 01-010 :2004 - Qualité Environnementale des produits de construction - Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction.

- Projet de norme pr NF EN 15804 :2008⁶
- Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits
- Règles régissant les catégories de produits de construction



Photo 4

Test de lixiviation sur
laitiers sidérurgiques.
Laboratoire ARDEVIE

La finalité de ces deux normes est d'établir une méthodologie fondée sur l'analyse du cycle de vie (ACV) permettant la comparaison objective des performances environnementales (impacts) de différents produits de construction. A cette fin, elles définissent ce qu'est la DEP (Déclaration environnementale des produits). La catégorie de produits concernée par les présentes normes comprend tous les produits et services de construction relatifs aux bâtiments et autres ouvrages de construction.

Pour ce qui concerne les laitiers (dans leurs usages en tant que constituant de liants, bétons et granulats), et selon leur statut, les modes de prise en compte des émissions polluantes générées lors de leur production peuvent différer.

On considère donc :

- **Le co-produit** : Tout matériau, produit ou combustible faisant partie d'un groupe d'au moins deux matériaux, produits ou combustibles commercialisables issus du même processus élémentaire, mais qui n'est pas l'objet de l'évaluation. Dans cette norme, et en contradiction avec la valeur juridique de ces termes, «co-produit», «sous-produit» et «produit» ont le même statut et sont utilisés pour l'identification de plusieurs flux distincts de produits issus du même processus élémentaire. Par rapport à un «co-produit», un «sous-produit» et un «produit», les «déchets» constituent le seul extrant devant être distingué comme autre qu'un produit. Pour apprécier le statut de la matière considérée, l'arrêté préfectoral d'exploitation couvrant le processus de production est un élément déterminant pour qualifier la matière concernée.

- **Le déchet** : Toute substance ou objet que le détenteur abandonne ou a l'intention ou l'obligation d'abandonner (Définition adaptée de celle donnée dans la *Directive européenne 2008/98/CE*).

Selon les cas, les laitiers sidérurgiques auront donc, vis-à-vis du système «production de l'acier» soit un statut de déchet, soit un statut de co-produit (dans le sens de la norme).

En conséquence, et en tant qu'intrant dans un système de fabrication d'un ouvrage ou d'un produit de construction, les laitiers auront donc soit un statut de «matière secondaire» (lorsqu'issus de déchets provenant du système de production de l'acier), soit comme «produit» (lorsque déjà considérés comme co-produit dans le système de production de l'acier).

Dans ce dernier cas, la détermination des frontières du système impose le principe du «pollueur-payeur» : les processus de traitement des déchets doivent être affectés au système de produits qui génère les déchets jusqu'à ce que le statut de fin de déchet soit atteint.

⁶ - Ce projet de norme devrait être approuvé et remplacer la NF P 01-010 :2004 au troisième trimestre 2012

Méthodes d'allocation des émissions aux matières secondaires et aux co-produits.

• Matière secondaire

La charge environnementale de la matière secondaire est calculée sur les émissions des seules opérations de traitement qu'elle subit à partir du moment où elle cesse d'être un déchet

• Co-produit

La charge environnementale doit, de préférence, être calculée sur la base des émissions générées par la seule génération du co-produit, lorsque ce process peut être isolé.

Dans le cas contraire, et par ordre de préférence, on peut fonder l'allocation environnementale sur la base :

- De relations physiques entre le produit et le co-produit, dans le cas où les valeurs économiques sont peu différentes.

Sinon :

- Des valeurs économiques respectives du produit et du co-produit.



Photo 5

Tests de lixiviation.

Laboratoire PROVADEMSE

Conclusion

Il est apparent, après ce bref aperçu de la législation relative aux laitiers sidérurgiques que, si jusqu'à présent, et du fait de leur innocuité sanitaire et environnementale, un certain degré de «flou» pouvait être toléré en relation avec le statut d'un produit dérivé de laitiers (granulat, liant, etc.), l'introduction de la notion de «sortie du statut de déchet» et de «sous-produit», avec toutes les conséquences qui y sont attachées (contraintes administratives, déclaration environnementale) vont obliger les producteurs à faire des choix stratégiques.

L'important pour le CTPL, et cela figurait déjà en bonne place dans son «livre blanc» de 2009, est que, quel que soit le statut choisi, un laitier sidérurgique puisse être employé dans des conditions transparentes et harmonisées sur tout le territoire national. Cela est maintenant possible avec la publication du guide SETRA pour l'acceptabilité environnementale des laitiers sidérurgiques en technique routière.

Afin de faciliter ce choix, l'annexe ci-après reprend de façon synthétique et non exhaustive, les conséquences administratives du choix de statut.

ANNEXE

Tableau synoptique des obligations légales relatives aux laitiers sidérurgiques selon leur statut juridique, en pages suivantes.

		DECHET
		Non dangereux
Ord. 2010/1579 du 17 déc. 2010 et Décret 2012-602 du 30 avr. 2012	Perte du statut déchet	Quand le déchet est éliminé ou au terme du processus de valorisation
Conditions de mise sur le marché	Prérequis avant commercialisation	Pas d'inscription à REACH
		Caractérisation du déchet : composition, dangerosité, phrases de risques et moyens de prévention
		Pas d'obligation de fiche technique : l'utilisateur est responsable sur le plan technique
		Pour application en ouvrages routiers : Conformité au Guide d'Application SETRA
	Accès au marché	Uniquement filières autorisées à traiter LE déchet concerné. Possibilité d'emploi hors normes techniques (guides locaux)
	Démarche réglementaire préalable auprès du client	Obligation d'information
Décret n°2011-828 du 11 juillet 2011	Documents réglementaires d'accompagnement marchandise : en France	
	Documents réglementaires d'accompagnement marchandise : vers l'étranger	Copie du contrat
	Règles de transport	Pour déchets non dangereux, procédure simplifiée : annexe VII («BSD international»)
		Déchet non dangereux : déclaration de transport de déchet en préfecture
Arrêté du 29 fév. 2012	Registres / déclarations	Obligation de traçabilité
	Archivage	3 ans
Pr NF EN 15804	Empreinte environnementale	A priori, pas de charge environnementale

NON-DECHET

Matériau secondaire (perte du statut de déchet)	Sous-produit
Sur décision écrite des autorités compétentes après instruction d'un dossier assez lourd, soit au plan national (CTPL) soit au plan local/départemental (site producteur ou transformateur)	N'est JAMAIS un déchet - La reconnaissance du statut de sous-produit est du seul domaine de la CE après procédure en comitologie
Déchet chez le producteur, devient produit après une ou plusieurs étapes de transformation	
Certificat de conformité aux critères Art.6 et décision européenne ou, à défaut, nationale	Certificat de conformité aux critères Art.5
Conformité à REACH (Règlement n°1907/2006/CE) : enregistrement (ou exemption) selon le cas et obligation d'information (voir ci-dessous)	
Conformité au Règlement Produit de Construction (RPC 305/2011/UE) : Déclaration de performance(s) et marquage CE	
Elaboration fiche technique produit (FTP)	
Plan contrôle qualité	
Sans restriction réglementaire autres que la conformité aux normes en vigueur	
Selon la dangerosité de la substance : Fiche d'information ou Fiche de Données Sécurité (FDS)	
Pour le producteur initial : statut déchet donc traçabilité du déchet jusqu'à l'opération qui lui fait perdre ce statut. Certificat de conformité par la suite.	
ADR pour produit dangereux	
Obligation de déclaration et de traçabilité	
3 ans	3 ans
Comptabilisation des émissions seulement à partir de la fin du statut de déchet (donc uniquement étapes de transformation)	Comptabilisation des émissions polluantes de la totalité du système de production : produit principal et sous-produit. Allocation sur critère physique ou sur critères économiques. Si pas possible, autre système à proposer et à justifier.

Guide SETRA,

à usage des maîtres d'œuvre et des maîtres d'ouvrage



Du fait du renforcement de la législation environnementale (loi Royal de juillet 1992) et de l'interdiction de la mise en décharge des déchets non-ultimes depuis juillet 2002, le CTPL a mis en exergue, dès le début des années 2000, l'importance de la problématique de l'évaluation de l'impact environnemental des laitiers sidérurgiques.

Depuis 2007, le CTPL et ses adhérents ont lancé un ambitieux programme de caractérisation environnementale, en étroite collaboration avec le Ministère en charge de l'Environnement. Articulés autour d'essais en laboratoire et de plots environnementaux instrumentés sur chantiers pilotes, ces travaux ont abouti à la rédaction et la publication d'un guide d'application, publié par le SETRA, détaillant les critères d'acceptabilité environnementale des laitiers sidérurgiques en techniques routières. Cet article en présente les principaux enseignements.

BIBLIOGRAPHIE

Le guide SETRA pour l'acceptabilité environnementale
des laitiers sidérurgiques en technique routière

Introduction

La production française annuelle de laitiers sidérurgiques représente plus de 5 millions de tonnes¹, répartie en trois grandes catégories : les laitiers de haut-fourneau (environ trois millions de tonnes), les laitiers d'aciérie de conversion (environ un million de tonnes), et les laitiers d'aciérie issus de la filière électrique de fabrication des aciers carbone, inoxydables et hautement alliés (environ un million de tonnes). Environ 60% des flux sont utilisés pour la production de liants hydrauliques (principalement les laitiers de haut-fourneau), le reste étant majoritairement dévolu à la filière des travaux publics.

Les spécifications techniques pour l'utilisation des laitiers sont fournies par les «normes produits» nationales et européennes harmonisées, soit pour les liants hydrauliques (EN 13282), les bétons (EN 206-1, EN 15167), les granulats (EN 12620, EN 13043, et EN 13242), ou encore pour les matériaux routiers (EN 14227-2). Cependant, jusqu'à présent, ni les spécifications incluses dans les normes, ni un texte réglementaire national ou européen ne donnait d'indications claires quant aux spécifications environnementales à respecter pour l'usage de matériaux alternatifs.



Photo 1
Vue générale de deux hauts-fourneaux d'une installation sidérurgique (site ArcelorMittal de Fos-sur-Mer)

C'est pourquoi depuis 2007, le CTPL et ses adhérents, en étroite collaboration avec les services (SETRA, CETE de Lyon et ADEME) du Ministère en charge de l'Environnement (MEDDE), ont lancé des travaux afin d'aboutir à la rédaction et la publication de lignes directrices nationales officiellement reconnues pour l'encadrement environnemental de l'utilisation de laitiers sidérurgiques pour leur utilisation en technique routière.

Cet article présente le contenu du guide d'application, publié en octobre 2012 par le SETRA, et détaillant les critères d'acceptabilité environnementale des laitiers en fonc-

Petit rappel

Les «normes produit» relatives au secteur de la construction

Une norme européenne harmonisée est une norme européenne (ou partie de cette norme identifiée comme telle par l'annexe Z de cette norme) élaborée sous mandat du CEN pour répondre aux besoins de la Directive Produits de Construction. Elle définit les caractéristiques et performances que doivent présenter les produits mis sur le marché pour pouvoir être considérés conformes aux exigences de la Directive Produits de Construction. Elle comporte toutes les indications nécessaires au marquage CE des produits. La numérotation de la norme harmonisée «NF EN xxxx» ne se différencie pas d'une quelconque autre norme élaborée dans la filière européenne, mais cette norme comporte une annexe spécifique et sa référence est publiée au Journal Officiel de l'Union Européenne (informations complémentaires dans la fiche D).

Pour plus d'information sur la Directive Produits de Construction, vous pouvez consulter le site : <http://www.dpcnet.org/>

¹ - Revue Laitiers Sidérurgiques n°98, octobre 2011, éditée par le CTPL

tion des usages routiers envisagés. Il intègre également les limitations associées compte tenu de l'environnement de l'ouvrage incorporant ces laitiers, ou encore celles liées au stockage temporaire de ces matériaux. Le guide fournit enfin la procédure d'assurance qualité permettant de garantir la conformité des flux lors de leur production, ainsi que les prescriptions permettant d'en assurer la traçabilité et la mémorisation des chantiers associés.

L'objectif de ce guide d'application est de fournir un cadre technique aux maîtres d'oeuvre et aux maîtres d'ouvrage, publics et privés, sur lequel ils puissent s'appuyer lors de la rédaction de leur cahier des charges et ainsi permettre l'incorporation de matériaux alternatifs pour la construction de leurs ouvrages. Ce guide identifie également les différents acteurs de la filière et détaille leurs responsabilités respectives.

Généralités

Les principales définitions portent sur les termes «matériau alternatif», «matériau routier», ou encore «usage routier» qui sont définis dans le guide méthodologique édité par le SETRA en mars 2011². D'autres définitions spécifiques relatives aux laitiers sidérurgiques et aux acteurs de leurs filières de valorisation («producteur», «fabricant», ou encore «vendeur») sont également déclinées afin d'aider le lecteur à une parfaite compréhension du document.



Photo 2
Déversement des laitiers d'aciérie
de convertisseur en fosse (site SGA)

Présentation générale de la structure et du contenu du guide

La structure et le contenu du guide d'application peuvent être divisés en quatre grandes parties :

- la terminologie et les principales définitions des notions utilisées dans le document,
- une description sommaire des différentes typologies de laitiers sidérurgiques, ainsi que des principaux process d'élaboration des matériaux alternatifs et routiers utilisables en technique routière,
- une description précise des différents usages routiers pris en compte dans le cadre du guide, ainsi que des limitations associées, compte tenu des caractéristiques des matériaux et de l'environnement de l'ouvrage considéré,
- les recommandations concernant la procédure d'assurance qualité à mettre en œuvre afin de vérifier la conformité environnementale des flux de laitiers valorisés, leur traçabilité ainsi que la mémorisation des chantiers routiers incorporant des laitiers.



Photo 3
Plate-forme d'élaboration des
matériaux alternatifs (site Ugitech)

Les différentes typologies de laitiers sidérurgiques sont décrites, fournissant au lecteur des informations quant au process de génération des laitiers, les quantités produites



² - Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – Evaluation environnementale, mars 2011

ainsi que leur répartition géographique, ou encore leur(s) composition(s) chimique(s) typique(s).

Les différentes phases d'élaboration - refroidissement, broyage, criblage, maturation - des matériaux alternatifs - fillers, sables, gravillons - et des matériaux routiers potentiellement fabriqués - graves traitées ou non traitées, bétons bitumineux, ... - sont également brièvement décrits dans cette première partie du document.

- remblai sous ouvrage,
- couche de forme,
- couche de fondation,
- couche de base et couche de liaison.

Un ouvrage routier est réputé revêtu si sa couche de surface est réalisée à l'aide d'asphalte, d'enrobés bitumineux, d'enduits superficiels d'usure, de béton de ciment ou de pavés jointoyés par un matériau lié et si elle présente en tout point une pente minimale de 1%.

Les usages routiers couverts par le guide d'application

Dans le cadre du présent guide d'application relatif à la valorisation des laitiers sidérurgiques, trois types d'usages routiers sont autorisés.

Les usages routiers de «type 1»

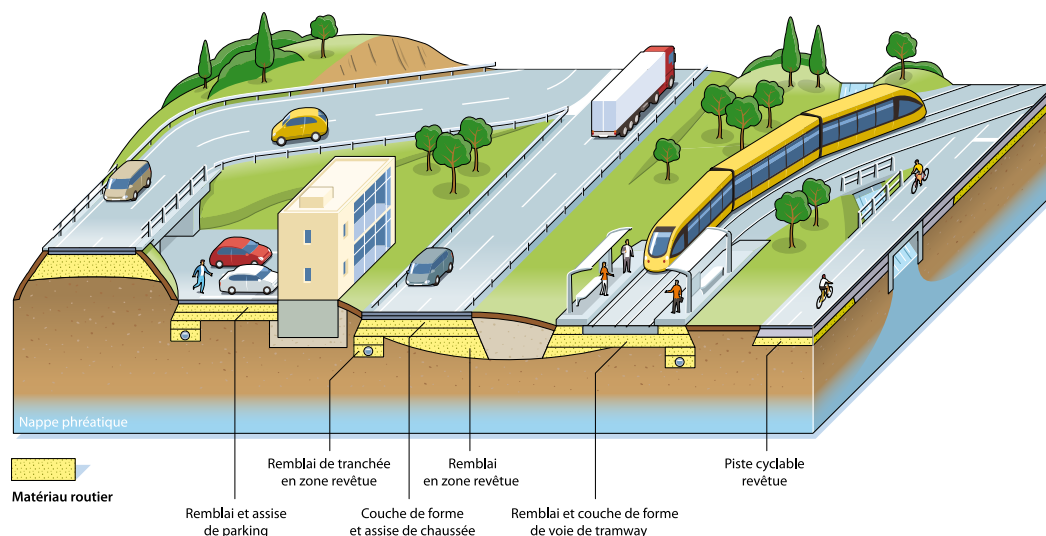
sont les usages en sous couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus, d'une épaisseur maximale de trois mètres de hauteur, tels que :

Les usages routiers de «type 2»

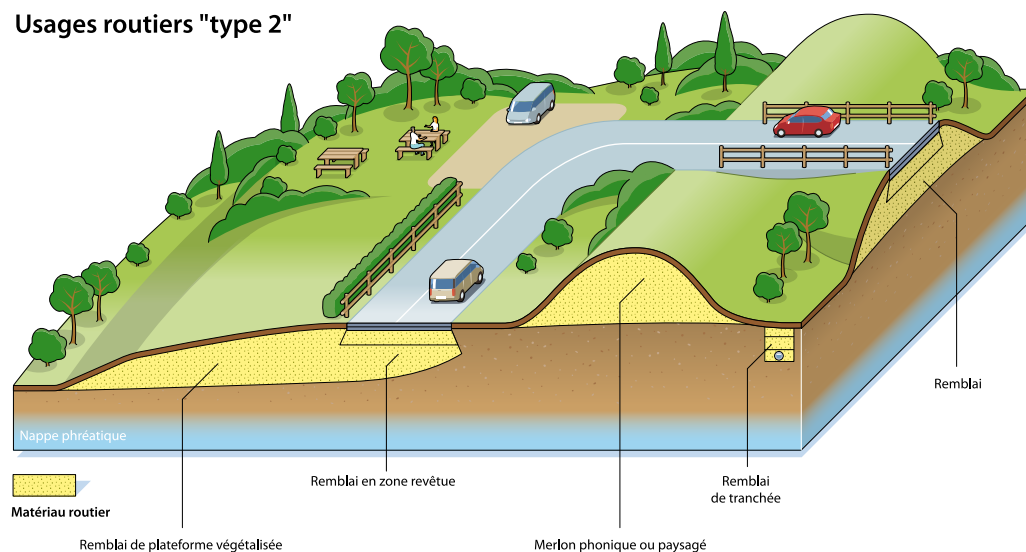
sont les usages en remblai technique connexe à l'infrastructure routière (ex : plateforme, tranchée, merlon de protection phonique, ...) ou en accotement, dès lors qu'il s'agit d'usages au sein d'ouvrages routiers recouverts, et dont l'épaisseur maximale n'excède pas une hauteur de six mètres.

Relèvent également des usages routiers de type 2 les usages en sous-couche de chaussée ou d'accotement, dès lors qu'il s'agit d'usages au sein d'ouvrages routiers revêtus d'une épaisseur supérieure à trois mètres de hauteur, et dont l'épaisseur maximale n'excède pas une hauteur de six mètres.

Usages routiers "type 1"



Usages routiers "type 2"



Un ouvrage routier est réputé «recouvert» si les matériaux routiers qui y sont présents sont recouverts par au moins 30 centimètres de matériaux naturels ou équivalents et s'il présente en tout point de son enveloppe extérieure une pente minimale de 5%.

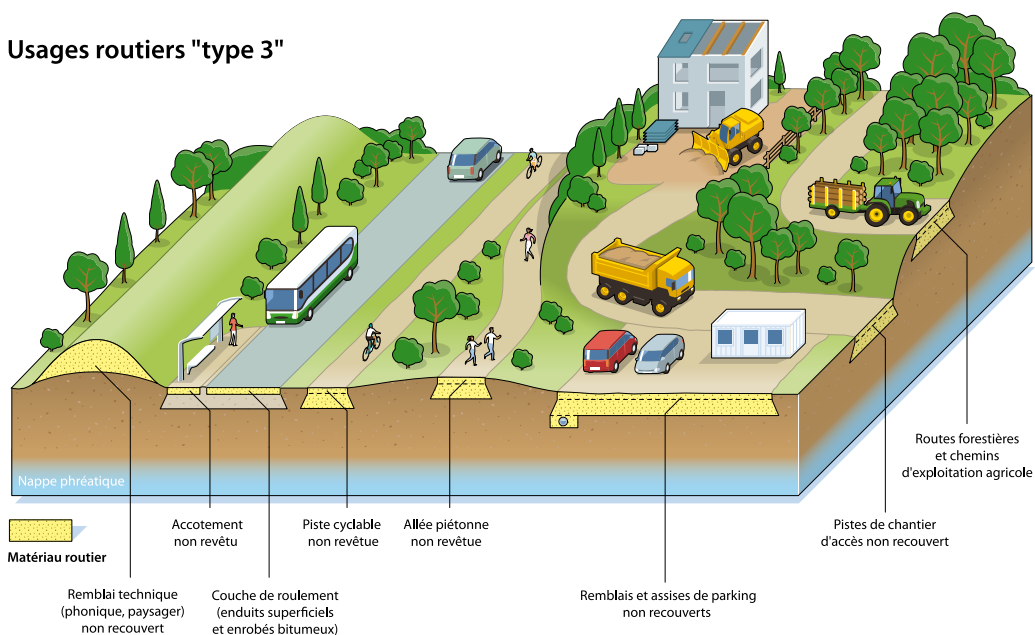
Les usages routiers de «type 3»

sont les usages :

- en sous couche de chaussée ou d'accotement, au sein d'ouvrages routiers revêtus ou non revêtus,

- en remblai technique connexe à l'infrastructure routière (ex : plateforme, tranchée, merlon de protection phonique), ou en accotement, au sein d'ouvrages routiers recouverts ou non recouverts,
- en couche de roulement (enduits superficiels, bétons bitumineux ...),
- en remblai de pré-chargement nécessaire à la construction d'une infrastructure routière,
- en système drainant (ex : tranchée ou éperon drainant, chaussée réservoir).

Usages routiers "type 3"



Rentrent également dans cette catégorie des usages de type 3 l'utilisation des matériaux pour la construction :

- de pistes de chantier,
- de routes forestières,
- de chemins d'exploitation agricole,
- de chemins de halage.

Les usages routiers de type 3 ne sont concernés par **aucune restriction d'épaisseur** de mise en œuvre.

Les spécifications environnementales associées

Une grille de décision synthétique permet aux maîtres d'œuvre et aux maîtres d'ouvrage désirant prescrire des laitiers sidérurgiques en technique routière de disposer rapidement des conditions dans lesquelles ces matériaux peuvent être utilisés, et des limitations associées compte tenu de l'environnement local de l'ouvrage, ainsi que des conditions éventuelles à prendre en compte lors de la mise en œuvre des matériaux pour le stockage temporaire des laitiers.

En fonction des performances environnementales mesurées sur les matériaux alternatifs fabriqués à partir de laitiers sidérurgiques, les limitations peuvent être variables. Plus le référentiel est sévère, moins les limitations sont nombreuses compte tenu de la sécurité accrue apportée par la qualité environnementale des matériaux utilisés. Les référentiels à respecter par les matériaux en fonction des usages routiers ont été validés par les services du Ministère en charge de l'Environnement (MEDDE), en concertation avec les représentants de la maîtrise d'ouvrage et des associations de protection de l'environnement.

Photo 4

Chantier de gravillonnage à base de laitiers d'aciérie de four électrique (Screg Est/Cogesud)



Il est également possible de faire appel à un hydrogéologue-expert pour avis au cas par cas, afin d'évaluer les risques locaux liés à la ressource en eau, et la nécessité des limitations imposées vis-à-vis de l'environnement immédiat de l'ouvrage incorporant les matériaux routiers valorisés. Dans ce cas de figure, l'hydrogéologue-expert sollicité devra impérativement avoir contracté une assurance professionnelle couvrant son activité professionnelle.

En cas d'usage routier particulier non pris en compte dans les usages de types 1, 2 ou 3, ou lorsque les caractéristiques environnementales des matériaux alternatifs ne respectent pas les référentiels du guide, une étude spécifique menée conformément à la méthodologie du guide SETRA (mars 2011) devra être produite et soumise à la DREAL contrôlant l'installation d'élaboration des matériaux alternatifs, afin d'en valider l'usage.

Grille synthétique des usages routiers autorisés et de leurs limitations

Référentiel d'acceptabilité environnementale	Limitations liées à la nature des usages routiers	Limitations liées à l'environnement immédiat	Limitations liées à la mise en œuvre
Annexe A Tableau A1	Usages routiers de « type 1 » (§ 3.1.1)	Sauf avis contraire d'un hydrogéologue-expert, l'utilisation des matériaux alternatifs est interdite : - dans les zones inondables et à moins de 50 cm des plus hautes eaux cinquantennales ou, à défaut, des plus hautes eaux connues	Capacité de stockage temporaire limitée à 1000 m ³ Au-delà de 1000 m ³ avis d'un hydrogéologue- expert
Annexe A Tableau A2	Usages routiers de « type 2 » (§ 3.1.2)	- à moins de 30 m de tout cours d'eau, y compris lacs et étangs. Cette distance est portée à 60 m si l'altitude du lit du cours d'eau est inférieure de plus de 20 m à celle de la base de l'ouvrage et dans les zones désignées comme zone de protection des habitats, des espèces, de la faune et de la flore sauvages en application de l'article L.414-1 du code de l'environnement - dans les périmètres de protection rapprochée (PPR) des captages d'alimentation en eau potable (AEP) - dans les zones couvertes par une servitude d'utilité publique instituée, en application de l'article L.211-12 du code de l'environnement, au titre de la protection de la ressource en eau - dans les zones de karsts affleurants L'utilisation des matériaux alternatifs est interdite dans les parcs nationaux ⁽⁸⁾	
Annexe A Tableau A3	Usages routiers de « type 3 » (§ 3.1.3) si pH ≤ 12 ⁽⁹⁾	L'utilisation des matériaux alternatifs est interdite dans les parcs nationaux ⁽⁸⁾	Pas de limitations
	Usages routiers de « type 3 » (§ 3.1.3) si pH > 12 ⁽⁹⁾	Sauf avis contraire d'un hydrogéologue-expert, l'utilisation des matériaux alternatifs est interdite : - à moins de 30 m de tout cours d'eau, y compris lacs et étangs. Cette distance est portée à 60 m si l'altitude du lit du cours d'eau est inférieure de plus de 20 m à celle de la base de l'ouvrage et dans les zones désignées comme zone de protection des habitats, des espèces, de la faune et de la flore sauvages en application de l'article L.414-1 du code de l'environnement - dans les périmètres de protection rapprochée (PPR) des captages d'alimentation en eau potable (AEP) - dans les zones couvertes par une servitude d'utilité publique instituée, en application de l'article L.211-12 du code de l'environnement, au titre de la protection de la ressource en eau L'utilisation des matériaux alternatifs est interdite dans les parcs nationaux ⁽⁸⁾	

Les référentiels environnementaux pour l'utilisation de laitiers sidérurgiques

Paramètre (lixiviation NF EN 12457-4)	Valeur limite à respecter (en mg/kg de matière sèche)		
	Usages routiers de « Type 1 »	Usages routiers de « Type 2 »	Usages routiers de « Type 3 »
As/Arsenic		0,6	
Ba/Baryum	36	25	
Cd/Cadmium		0,05	
Cr total/Chrome total	4	2	0,6
Cr ^{VI} /Chrome hexavalent	1,2	0,6	-
Cu/Cuivre		3	
Hg/Mercure		0,01	
Mo/Molybdène	5,6	2,8	0,6
Ni/Nickel		0,5	
Pb/Plomb		0,6	
Sb/Antimoine		0,08	
Se/Sélénium	0,5	0,4	0,1
Zn/Zinc		5	
F/Fluorures	60	30	13
Cl/Chlorures*	10000	5000	1000
SO ₄ ²⁻ /Sulfates*	10000	5000	1300

* Pour être jugé conforme, il convient seulement de respecter les valeurs associées aux anions chlorures et sulfates. La conformité à la valeur limite pour la fraction soluble globale du guide Sétra (mars 2011) [1] n'est pas pertinente pour les MA et MR fabriqués à partir de laitiers sidérurgiques (cf. §2.1.6).

Mise en place d'un plan d'assurance qualité : un engagement et une garantie pour les clients utilisateurs de laitiers

La mise en place d'un système d'assurance de la qualité des matériaux alternatifs fabriqués constitue pour les prescripteurs et utilisateurs un engagement et une garantie de la minimisation de l'impact environnemental des ouvrages qui seront construits avec ces matériaux dans le respect de la notion de développement durable.



Photo 5
Laboratoire de la société PROVADEMSE

Cette procédure vise à assurer tout au long de la chaîne de fabrication et d'approvisionnement la conformité des performances environnementales des matériaux élaborés et la traçabilité des flux mis en œuvre, ainsi que la responsabilisation et la professionnalisation de la filière.

La vérification de la conformité environnementale des matériaux est réalisée sur des échantillons représentatifs du lot considéré à une fréquence définie en fonction des caractéristiques et du volume annuel de matériaux alternatifs fabriqués par l'installation

concernée. Les résultats sont alors comparés aux référentiels d'acceptation des matériaux tels que figurant dans le guide, afin de définir les usages routiers autorisés, ainsi que les limitations d'usages nécessaires.

Toutes ces informations sont fournies de l'amont à l'aval de la filière, du fabricant au client final destinataire du chargement de laitiers à l'aide d'une fiche de données environnementales, lui permettant ainsi de s'assurer de la conformité des matériaux utilisés avec les usages routiers envisagés pour la construction des ouvrages.

Périodicité de la vérification de la conformité environnementale des MA, et évolutions possibles

Capacité* de l'installation élaborant les MA	Périodicité P minimale des contrôles	Evolution des contrôles	
		Périodicité**	Liste des paramètres
Installation < 30 000 t/an*	1 échantillon par trimestre pendant la période de fonctionnement de l'installation	Si 12 échantillons d'affilée sont tous < VL usage associé, possibilité de passer à 1 échantillon par semestre	Si 12 échantillons d'affilée sont tous ≤ (VL usage associé)/2, possibilité d'analyser ces paramètres 1 fois par an
Installation > 30 000 t/an*	1 échantillon par mois pendant la période de fonctionnement de l'installation	Si 12 échantillons d'affilée sont tous < VL usage associé, possibilité de passer à 1 échantillon par trimestre	Si 12 échantillons d'affilée sont tous ≤ (VL usage associé)/2, possibilité d'analyser ces paramètres 1 fois par an

* capacité évaluée sur la base de l'année n-1 pour des contrôles effectués au cours de l'année n

** uniquement pour les installations utilisant une procédure de conformité avec acceptabilité environnementale préalable

Conclusions

La rédaction et la publication par le SETRA de ce document de référence constitue pour la profession un engagement envers les prescripteurs publics et privés de matériaux pour la construction d'ouvrages routiers. Il permet enfin une harmonisation des critères environnementaux exigibles sur l'ensemble du territoire, et par le cadre de référence qu'il édicte, favorise une offre alternative de matériaux avec la certitude de leur conformité environnementale avec l'usage escompté sans avoir à réaliser, de façon spécifique pour chaque ouvrage, une étude d'impact dont la réalisation restait souvent incompatible avec les délais des appels d'offres ou de l'approvisionnement des matériaux sur le chantier. C'est également un signe fort qui est envoyé par les tous les acteurs de la filière de valorisation des laitiers sidérurgiques, du producteur au vendeur, afin de promouvoir le recyclage de matériaux performants et respectueux de l'environnement, en vue de minimiser l'exploitation des

ressources naturelles.

Ce document n'est pas pour autant une finalité, mais il constitue pour la profession un des fondements indispensables à l'utilisation des laitiers sidérurgiques en l'état actuel de leur statut juridique, en attendant la reconnaissance de leur statut officiel de «produit», conclusion logique et attendue pour des matériaux utilisés dans la route depuis plus d'un siècle.

Bibliographie

CTPL, Où sont passés les laitiers en 2010. Laitiers sidérurgiques n°98, pp 27-29 (octobre 2011).

<http://www.ctpl.info/documents/revue98.pdf>

SETRA (Service d'Etudes sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements), Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière - Evaluation environnementale, mars 2011 <http://www.setra.equipement.gouv.fr/Acceptabilite-de-materiaux.html>

Réalisations remarquables

Des infrastructures routières aux constructions en béton, les laitiers sidérurgiques sont aujourd'hui reconnus comme de véritables matériaux valorisés.

Ils constituent une ressource industrielle pérenne et régulière, à la qualité maîtrisée et conforme aux normes techniques en vigueur.

Découvrez ci-après quelques exemples remarquables de valorisation des différentes variétés de laitiers mises en œuvre par des sociétés adhérentes au CTPL.

AU SOMMAIRE



- Maison des sports à Montpellier.
Laitier de haut-fourneau granulé moulu.
Ecocem
- Tour Odéon à Monaco.
Laitier de haut-fourneau granulé moulu.
Ecocem
- Ouvrages et structures routières.
Laitier de haut-fourneau et laitier de convertisseur. Liant hydraulique routier Sidmix®.
Eiffage Travaux Publics / SGA
- Réalisation d'une chaussée neuve avec une GTLH. Laitier de haut-fourneau cristallisé.
SLAG
- Remblais de butte de protection d'un bassin nautique. Laitier de convertisseur LD.
SGA
- Réalisation de masques de protection des talus.
Laitier de convertisseur LD.
Eurogranulats
- Valorisation en techniques routières.
Laitier d'aciérie de four électrique.
Cogesud
- Réalisation d'une butte de protection acoustique.
Laitier d'aciérie de four électrique.
Phoenix Services
- Réalisation de chemins de service pour VNF.
Laitier d'aciérie de four électrique.
Phoenix Services
- Réalisation d'une plateforme d'accueil de poids lourds. Laitier d'aciérie de four électrique.
Riva SAM Montereau
- Union du recyclable et du renouvelable.
Laitier d'aciérie de four électrique et réfractaires
Sable de laitier : Sabl'Imphy®.
Harsco Metals & Minerals France



Laitier de haut-fourneau
granulé moulu
ECOCEM

Tour Odéon à Monaco

Maitre d'ouvrage : Groupe Mazocco

Architecte : Alexandre Giraldi

Entreprise : Vinci Construction

Construction : 2011 -2012

Le liant Ecocem retenu pour améliorer la qualité et l'impact environnemental des bétons : améliorer la rhéologie des bétons, améliorer les résistances mécaniques et baisser la chaleur d'hydratation des bétons et limiter ainsi le risque d'apparition de désordres liés à la réaction sulfatique interne (RSI). Limiter l'impact environnemental, en particulier les émissions de CO₂ du chantier. Ainsi l'économie générée de CO₂ pour la phase des fondations (25 000 m³ de béton) est de 4000 tonnes.



9200 tonnes d'Ecocem utilisés



La tour Odéon fait partie des nouveaux chantiers qui doivent venir compenser la politique de grands travaux freinée par l'abandon de l'extension en mer de la Principauté de Monaco. Cette tour préfigure l'aménagement à plus long terme d'un nouveau pôle d'affaires et d'habitations dans une Principauté plus que jamais en quête d'espace.

La tour Odéon, haute de 170 m est le plus haut bâtiment jamais réalisé à Monaco, édifié dans le quartier de l'Annonciade à l'est, à la limite de la commune française de Beausoleil. Elle vient au troisième rang pour la hauteur après celle de la Défense et la tour Montparnasse. Conçue par l'architecte monégasque Alexandre Giraldi, le bâtiment est constitué par 2 tours l'une de 47 étages et l'autre de 40 étages reliées par un noyau central accueillant les ascenseurs, le monte charge et la cage d'escaliers, avec en sous-sol dix niveaux de parkings. L'ensemble de ce double immeuble sera constitué d'environ 4 000 m² de bureaux, de commerces de proximité, d'une zone spa et fitness d'environ 1 000 m², d'un business center et de 259 appartements de très haut standing, dont une «villa penthouse» sur les derniers étages d'environ 2 000 m².

Toutes les formules du chantier sont à base de liant ternaire (CEM I Vicat Grave de Peille+ Ecocem (S)+ Cendres Silicolines Surshiste Gardanne(V)). La part d'Ecocem est de l'ordre de 30% du liant total dans les formules.

Avant de couler les premiers bétons, des essais d'étude et de convenances ont été réalisés en collaboration avec le laboratoire central de Vinci de Marolles. Ces essais ont permis de valider la rhéologie des bétons (3 heures pour le béton des parois moulées), les résistances mécaniques, la robustesse des formules.

Pour le béton des parois moulées, des essais de diffusion des chlorures effectués par le LERM ont montrés des résultats 6 fois meilleurs que la même formulation en liant pur CEM I.

Pour les bétons des infrastructures et superstructures, des essais de pompabilité ont été réalisés lors des convenances. Les mesures effectuées de pressions hydrauliques de la pompe ont permis sur la base de la méthode élaboré par Denis Kaplan dans le cadre du projet national Calibé de vérifier par extrapolation la pompabilité des formules jusqu'au R+48 avec 230 mètres de canalisations dont 150 mètres de dénivelée.



Laitier de haut-fourneau
granulé moulu
ECOCEM

Maison des sports à Montpellier

Maitre d'ouvrage :

Conseil régional de l'Hérault

Maitre d'œuvre :

Chabanne & Partners Architectes

Bureau environnement INE

(Ingénierie Nature et Environnement)

Entreprise : Vinci Construction

Construction : 2012

Bâtiment au label BEPOS - à énergie positive conçu selon une démarche environnementale globale.



500 tonnes d'Ecocem utilisés

La Maison départementale des sports de Montpellier, construite sur la ZAC des Pierres Vives, doit accueillir les comités départementaux et différentes organisations du monde sportif de l'Hérault. Outre ce projet, le programme comprend également un éco-quartier de 850 logements ainsi qu'une Cité des savoirs et du sport pour tous édifié par Zaha Hadid.

«L'architecture ne sera plus le produit de concepteurs séparés, mais d'un ensemble de partenaires composé d'acteurs porteurs de plusieurs savoirs, parlant plusieurs «langues techniques», comprenant plusieurs langages culturels, travaillant en permanence ensemble, motivés et liés par le même objectif. La forme architecturale deviendra aussi le résultat de contraintes environnementales», commente Nicolas Chabanne, Chabanne & Partners Architectes. Pour la Maison départementale des sports, la maîtrise d'œuvre Chabanne & Partners Architectes a conçu un bâtiment contemporain et innovant qui exprime l'engagement du département pour le développement durable. L'environnement climatique spécifique du sud de la France a été pris en compte pour ce projet qui compte peu de surfaces vitrées et un atrium, très performant sur le plan énergétique, conçu pour absorber les écarts de température.

Le principal enjeu de ce projet était d'obte-

nir la labellisation BEPOS (bâtiment à Énergie Positive). La coordination rigoureuse entre chaque corps d'état et le respect du CCTP sont des éléments primordiaux pour l'obtention de ce label. Le bâtiment produira plus d'énergie qu'il en consomme; la surface chauffée équivaldra à celle de 41 logements moyens, mais il ne consommera que l'équivalent de 4 à 6 logements.

«A cela s'ajoutait une réflexion à mener sur le bilan carbone de l'édifice. Le bilan carbone comptabilise l'énergie dépensée pour fabriquer les matériaux utilisés dans la construction «en kilogramme équivalent CO₂». Les matériaux ont donc été choisis dans l'optique d'améliorer ce bilan», rapporte Valentin Trollé, bureau qualité environnementale INE.

Le choix des matériaux est une affaire de compromis. Le bois a été retenu uniquement pour les panneaux de façades avec un isolant de ouate de cellulose à l'intérieur, car il n'existe pas de filière bois dans la région de Montpellier. Et c'est le béton qui a été choisi parce qu'il apporte une excellente inertie thermique et une grande solidité et durabilité aux fondations, poteaux et planchers.... **Afin de minimiser l'empreinte carbone, le bureau INE a préconisé des bétons bas carbone formulé avec Ecocem : cela a permis de réduire le CO₂ incorporé de plus de 30%.**

Ouvrages et structures routières



RD 939 Montreuil juin 2012 : 185 000 t grave traitée au SIDMIX®

UN PEU D'HISTOIRE

La première étude d'un liant routier composé de laitier HF et de laitier LD a débuté en 1998, l'idée était d'activer le laitier HF avec la chaux contenue dans le Laitier LD. De nombreuses études, au Laboratoire Central d'EIFFAGE de Ciry Salsogne et au LMDC de Toulouse, notamment sur la sélection des coulées de laitier LD, leur réactivité hydraulique et le choix d'un accélérateur de prise, ont permis de fixer sa formulation.

LA NORMALISATION

Le laitier LD est maintenant intégré comme constituant principal des Liants Hydrauliques Routiers dans la norme européenne EN 13 282-2. Le SIDMIX® a un Avis Technique du CFTR en date d'octobre 2009. Il répond aux spécifications des normes et directives sur les sols et les matériaux traités aux liants hydrauliques routiers NF EN 14 227-5 et 13 et NF P 98-115.

LES CONTRÔLES

Le SIDMIX® est fabriqué en usine, il est commercialisé par SGA et livré prêt à l'emploi. Tous les constituants sont contrôlés (finesse, MVR, Surface Blaine, CaO libre, composition et dosage de l'additif, impact environnemental...) suivant un Plan d'Assurance de la Qualité.

DES CARACTÉRISTIQUES REMARQUABLES

Le SIDMIX® est remarquable pour son délai de maniabilité favorable à une longue durée de mise en œuvre sur chantiers et son adaptation à des températures élevées, sans perte de performance (voir article RGRA N° 893 avril 2011). Il présente aussi, de par ses constituants et sa méthode de fabrication, une production de GES la plus faible connue à ce jour des Liants Hydrauliques Routiers : 12 kg/t de CO₂.

LES CHANTIERS

Le SIDMIX® est utilisé sur tous les types d'ouvrages et de structures routières aussi bien dans la réalisation de couche de forme que dans les couches d'assises ou encore dans le retraitement en place des chaussées de tous trafics. Depuis sa naissance dans sa version définitive, la production de SIDMIX® s'élève à plus de 150 000 tonnes. Parmi les nombreux chantiers réalisés ces dernières années, citons la mise à 2x2 voies en juin 2012 de la RD 939 à Montreuil Hesdin où la couche de fondation et la couche de base ont été réalisées en grave calcaire de Stinkal traitées au SIDMIX® sur plus de 14 km représentant un total de 8 500 tonnes de liant.



Laitier de haut-fourneau
cristallisé
SLAG

Chaussée neuve réalisée avec une GTLH



Le conseil Général de la Moselle procède en ce moment à la mise à deux fois deux voies du RD 112 entre les communes de Maizières les Metz et Hagondange. Cet axe très fréquenté est, pour le transit local issu de la vallée de l'orne, un itinéraire bis de la RN 52 pour rejoindre les autoroutes A4 ou A31.

Ce chantier a commencé au mois d'avril 2012 et devrait pour la première phase se terminer en septembre 2012. Une seconde phase est prévue en 2013. La structure de la chaussée retenue (TC5 20, soit 500 PL/jour pendant 20 ans) par la cellule étude et travaux du CG 57 est celle proposée par l'entreprise dans le cadre d'une variante :



Olivia en action pour la pré-fissuration de la grave ciment

Solution de base			Variante	
BBM A 0/10	4 cm	Couche de roulement	4 cm	BBM A 0/10
BBM 0/10	4 cm	Couche de liaison	4 cm	BBM 0/10 granulats laitier
Grave Laitier granulé préfissurée	22 cm	Couche de base	28 cm	Grave Ciment de classe 4 préfissurée (olivia)
Grave Laitier granulé	21 cm	Couche de fondation	50 cm	Grave D21 ou D31 + géotextile
Grave D21 ou D31 + géotextile	50 cm	Couche de forme PF2	≥ 35cm	Traitement à la chaux et/ou au liant hydraulique
		Arase terrassement		

L'Entreprise Jean Lefebvre Lorraine adjudicataire du marché s'est tournée vers son fournisseur historique de matériaux la Société Lorraine d'Agrégats (SLAG) pour

la fourniture des matériaux de couche de forme et la fourniture et fabrication de la grave traitée au liant hydraulique routier de classe T4.

Mise à 2x2 voies du RD 112 (phase 1) - Longueur du tronçon : 1300 m

Quantités : • Couche de forme : 20 000 m³

Matériau : Compaciform® 0/31,5 (composition 0/10LHF et 0/31,5 laitier de four électrique). Cadence : 1250m³/jour

• Couche de base : 15000 T

Matériau : Grave traitée au liant hydraulique 0/20 tout laitier LHF de classe mécanique 4. Cadence : 1800 to/jour

Les acteurs du projet :

Maîtrise d'ouvrage : Le conseil Général de la Moselle

Maîtrise d'œuvre : CG 57- DRD Service Etudes et Grands travaux

Mise en œuvre : Entreprise Jean Lefebvre Lorraine. Matériaux : SLAG.

Pour la petite histoire, cette route départementale avait fait l'objet d'un renforcement au début des années 80 avec la mise en œuvre d'une grave laitier granulé «tout

laitier» 0/20 sur 25 cm d'épaisseur. Plus de trente ans après, cette chaussée sera conservée et demeurera une performante et inaltérable couche de forme.



Laitier de convertisseur LD
SGA / ARCELORMITTAL Dunkerque

Remblais de butte de protection d'un bassin nautique

Bertrand RINGOT,
président du SIVOM de l'Aa et
Maire de Gravelines dans le
dossier de presse de 2010 :

*« La valorisation maîtrisée
de ces matériaux, agréés par
la DREAL, présente l'avan-
tage de préserver d'autres
ressources naturelles. »*



RD 939 Montreuil juin 2012 : 185 000 t grave traitée au SIDMIX®

UN PROJET AMBITIEUX...

Entre Calais (62) et Dunkerque (59), le SIVOM de l'Aa a démarré en 2004 la réalisation d'un vaste projet : la construction d'une base de loisirs de 175 hectares avec en point d'orgue l'aménagement d'un équipement sportif exceptionnel : un bassin nautique d'aviron de caractéristiques olympiques.

UN SPORT QUI N'AIME PAS LE VENT...

Situé à moins de deux kilomètres du front de mer, le bassin est très exposé aux vents. Or, dans un contexte sportif, chacun doit disposer des mêmes chances. Après la réalisation d'études Venturi en 2005, l'élaboration d'une butte «coupe-vent» courant sur toute la longueur du bassin a donc été retenue. Celle-ci atteindra une hauteur de 16 m sur une longueur de 2000 m avec une base de 70 m.

La solution de valorisation des laitiers d'aciérie en remblais de cette butte proposée alors par SGA dès 2005 s'est imposée. La problématique de proximité du bassin vis-à-vis des risques de relargage de lait de chaux a été résolue d'une part par la mise en œuvre d'une couverture d'argile (issue des terrassements du bassin lui-même) ainsi qu'une seconde couverture de 40cm de terre végétale enherbée, et, d'autre part par la mise en place d'un tri à la source

permettant d'écarter les laitiers très chargés en chaux pour cette application. Depuis le démarrage des travaux en octobre 2008, une gestion rigoureuse de la traçabilité est appliquée pour l'intégralité des laitiers utilisés pour la butte. Cette procédure permet d'associer chaque lot de laitier mis en œuvre avec les contrôles et analyses effectués en parallèle, garantissant ainsi que l'ensemble des matériaux de la butte reste en accord avec les contraintes environnementales fixées par la DREAL en concertation avec le SIVOM et les associations locales.

• Une butte paysagère imposante :

Dimension : 2 000 m de long, 70 m de large pour une hauteur de 16 m avec superficie enherbée de 17 ha
Quantité : Près de 2,4MT de laitier
Cadences : Livraisons de plus de 2000T/jour
Contrôles : 169 tests de lixiviation pratiqués
Durée : Près de 3 années nécessaires pour l'élaboration de la butte

• Les acteurs du projet :

Maîtrise d'ouvrage : SIVOM de l'Aa
Maîtrise d'œuvre : Agence NOYON (architecte paysagiste)
MA-GEO (VRD et géomètre) - CEBTP-SOLEN (hydrologie et géotechnique)
Mise en œuvre : EIFFAGE Travaux Publics
Matériaux : SGA

Réalisation de masques de protection des talus


Maitre d'ouvrage :

Réseau Ferré de France

Assistance maîtrise
d'ouvrage technique : Tractebel

Maîtrise d'œuvre :

Inexia-Arcadis (tronçon G Moselle)
Setec (tronçon H Alsace)

Quelques chiffres :
Quantités : 650 000 tonnes au total,
réparties sur 5 aires de stockage

Cadences d'approvisionnement :

2.000 T/jour en moyenne

Durée : d'octobre 2009 à août 2011

Les enjeux du projet de la LGV EST européenne

L'aménagement de l'infrastructure de la seconde phase, entre Baudrecourt (Moselle) et Vendenheim (Alsace) représente 106 km de ligne nouvelle à grande vitesse. Cette réalisation offre de nouvelles perspectives, se traduisant par une réduction des temps de voyage entre Paris et l'Alsace et au-delà dans les régions via l'interconnexion des LGV en Ile-de-France. La mise en service de la ligne est prévue en 2016.

Le marché de fournitures de matériaux

Dans un souci de limitation et de lissage des cadences d'approvisionnement, RFF a préalablement entrepris des livraisons de matériaux nobles qui ne se trouvent pas dans les excavations des déblais. Ces approvisionnements ont permis d'alimenter huit aires de stockage temporaires réparties le long du tracé de la future LGV (5 en Lorraine et 3 en Alsace), préalablement à la réalisation des travaux.

Les masques de protection des talus

Les terrains en région Alsace-Lorraine étant par nature très sensibles à l'eau, RFF (Réseau Ferré de France) a prévu la réalisation d'ouvrages de drainage des talus en déblais par la mise en place de masques granulaires avec une couverture de 30 cm de terre végétale (voir coupe type).

Des matériaux aux performances géotechniques « haut de gamme »

EUROGRANULATS, fort de son expérience, a

proposé des laitiers de convertisseurs LD de granulométrie 0/150 mm, en provenance de l'aciérie Saarstahl à Völklingen (Allemagne) et traités sur le site de Schoeneck (Moselle). En effet, la qualité de ces laitiers LD correspond parfaitement aux spécifications techniques de RFF et présente de nombreux avantages pour une utilisation en masques : dureté et résistance ($LA_{RB} < 15$ et $R < 25$), insensibilité au gel ($LA < 20$ sur fraction 10/14), densité élevée et bonne drainabilité (permettant d'utiliser avantageusement les laitiers LD en

massifs poids avec fonction stabilisante en plus de drainante), angularité (matériau entièrement concassé avec un bon coefficient de frottement), insensibilité à l'eau (teneur en fines $< 5\%$ sur la fraction 0/50 mm, autorisant une mise en œuvre par tout temps), propreté ($SE > 50$). Tous les laitiers livrés sur les aires de stockage ont été systématiquement contrôlés par le laboratoire Eurogranulats, ainsi que par le Contrôle Extérieur du Maître d'Ouvrage. Les laitiers ont également fait l'objet d'une caractérisation chimique et d'analyses par lixiviation effectuées en cours de livraison des matériaux pour vérifier leur conformité sur le plan environnemental.





GRANULAC... un granulat artificiel d'exception

L'aventure GRANULAC commence en février 1989. A cette date, la société COGESUD, qui exploite depuis de nombreuses années les laitiers de hauts fourneaux du site de Neuves Maisons en Meurthe et Moselle reçoit pour évaluation quelques dizaines de tonnes de laitier du four électrique nouvellement installé en remplacement des hauts fourneaux arrêtés en 1986. Rapidement, COGESUD prend conscience des qualités exceptionnelles de cette roche artificielle tant au niveau de ses qualités géomécaniques, chimiques que morphologiques qu'aucune roche naturelle locale ne peut égaler.



L'installation de concassage existante est modifiée pour permettre de valoriser tout le potentiel de ce produit. Après des opérations de concassage, criblage, déferraillage et lavage, ce laitier montre ses singularités propres qui permettent d'imaginer des domaines d'emplois nouveaux et nettement différenciés des granulats traditionnellement employés dans la construction locale. Tout d'abord, et compte tenu d'une valeur hors norme de PSV (alors appelée CPA), les granulats élaborés sont utilisés pour les techniques de revêtement de surfaces routières à haute adhérence. A l'usage, cette adhérence est pérenne et ce grâce à la combinaison de quatre facteurs : la très



bonne tenue aux chocs des grains, leur tenue exemplaire à l'attrition, l'adhésivité de haut niveau des grains aux liants d'enrobage (ce qui limite les déchaussements) mais aussi grâce à la tortuosité des grains qui présentent, jusque dans leur plus fines dimensions, des aspérités.

La géométrie particulière de surface des granulats de l'aciérie électrique de Neuves Maisons a également permis d'imaginer leur emploi dans des techniques d'absorption acoustique tels que les enrobés phoniques. En effet, l'aspect alvéolaire, à toutes les échelles, permet de diffracter efficacement les sons sur un large spectre de fréquences. Une technique d'enrobé formulée à partir de ces granulats a d'ailleurs été primée par le Décibel d'Or en 1992.

Aujourd'hui, cette roche artificielle de classe A au sens de la norme NF P 18-545, a permis de réduire significativement le nombre d'accidents sur des portions de route accidentogène. Qu'elle soit utilisée en enduits superficiels ou en enrobés, elle est reconnue et appréciée, même en dehors de notre région, car elle offre un haut niveau de service à de nombreux ouvrages.

L'aventure GRANULAC, démarrée il y a plus de 20 années, ne s'essouffle pas car ce granulat est toujours source d'idées nouvelles et se positionne, aujourd'hui comme hier, dans un contexte de sécurité routière et développement durable.

LE GRANULAC EN QUELQUES CHIFFRES

80 000 tonnes par an / plus de 1 600 000 m² d'enduit/an sur les routes vosgiennes, meusiennes, mosellanes et meurthe et mosellanes et de belles réalisations sur autoroutes, voies express, RN et RD.

Réalisation d'une butte de protection acoustique (2011-2012)

LE PROJET

- Réalisation d'une butte «anti-bruit» afin de protéger les riverains de l'aciérie Vallourec de Saint-Saulve des bruits issus de la manipulation de ferrailles.
- Cette butte de 400 mètres de long, 32 mètres de large et de 11 mètres de haut se situe en face du Parc à Ferrailles sur la rive opposée du canal de l'Escaut.



Butte vue du côté des riverains

Utilisation des laitiers EAF : les laitiers issus de l'aciérie Vallourec de Saint-Saulve ont été utilisés en tout venant 0/500 pour la construction du cœur de la butte. Cette structure en laitier a été recouverte d'une couche de terre végétale de 50 cm d'épaisseur permettant la plantation d'arbustes. La quantité de laitier mise en place s'élève à 150 000 tonnes.

Avantages de la solution retenue : la réalisation du cœur de la butte en laitier est apparue évidente de par la proximité du chantier par rapport à l'aciérie de Vallourec. Les laitiers en granulométrie 0/500 confère une excellente stabilité à l'ouvrage.

D'un point de vue acoustique, les mesures de bruit ont confirmé une baisse de 3 dB du niveau sonore à proximité des habitations.



LES ACTEURS DU CHANTIER :

Le maître d'ouvrage :

Vallourec Aciérie de Saint-Saulve

Réalisation des travaux :

Phoenix Services

Le producteur de laitier :

Vallourec Aciérie de Saint-Saulve

Le fabricant du matériau

routier : Phoenix Services



Réalisation de chemins de service pour VNF (mai-septembre 2012)



Mise en place de la couche de forme

LE PROJET

- Réalisation de 20 km de chemins de service le long du canal de l'Escaut dans le secteur de Valenciennes
- Ces chemins sont destinés à l'entretien et la surveillance du canal et permettent l'accès des secours
- Ces chemins sont d'accès libre pour les piétons et les cyclistes

Utilisation des laitiers EAF : les laitiers issus de l'aciérie LME de Trith Saint-Léger ont été utilisés en couche de forme sous la forme d'un tout venant 0/150. Cette couche de forme de 30 cm d'épaisseur a été recouverte d'une couche de base 0/31.5 de 10 cm en matériaux calcaires et d'un enduit gravillonné. Ce chantier a nécessité l'utilisation de 15000 tonnes de laitiers.

Avantages de la solution retenue : le choix

d'une couche de forme en laitier EAF résulte de critères essentiellement techniques et économiques. De par ses caractéristiques, le tout-venant 0/150 laitier a permis d'obtenir des portances largement supérieures à 50 MPa sur la totalité du chantier. D'un point de vue économique l'utilisation de laitier a permis d'optimiser les coûts de logistique, l'aciérie de LME étant situé bord à canal au cœur du chantier réalisé.



Chemin revêtu d'un enduit gravillonné

LES ACTEURS DU CHANTIER :

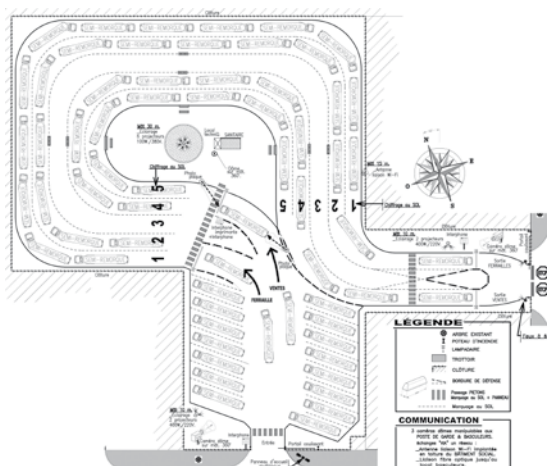
Le maître d'ouvrage :
Voies Navigables de France
Réalisation des travaux :
Guintoli
Le producteur de laitier :
LME
Le fabricant du matériau routier : Phoenix Services



La mise en service en février 2008, de la plate forme d'accueil des poids lourds principalement dédiés aux approvisionnements de ferrailles et à l'expédition des produits finis de SAM reste un réel succès du point de vue de la qualité, de la sécurité et de l'environnement. Un peu plus de quatre ans après, le bon choix technique qui a été fait est confirmé par l'excellent état de la plate forme sur laquelle peuvent passer jusqu'à environ 200 camions par jour.



Laitiers valorisés Cal. 80/200 x 12 700 t



Union du Recyclable et du Renouvelable

Le réseau de chaleur de Decize un projet hautement environnemental qui unit le Sabl'Imphy®, issu du recyclage des laitiers et réfractaires EAFS, aux matériaux renouvelables d'une chaufferie à biomasse renouvelable (bois).

Particulièrement investie dans la **protection des ressources naturelles**, la Communauté de Communes du Sud Nivernais a souhaité se doter d'un réseau de chaleur et d'une chaufferie biomasse au bois. Le système alimentera, dès fin 2012, plusieurs établissements publics situés au faubourg d'Allier : la cité scolaire Maurice-Genevoix, le port de la Jonction, le Centre technique municipal, la copropriété Le Pavois, et des logements collectifs gérés par Nièvre Habitat.

Le coût de ce réseau sera de plus de 2,9 millions d'euros.



La société SADE-CGTH chargée de l'enfouissement des réseaux a naturellement proposé l'emploi du **Sabl'Imphy®** en substitution des matériaux traditionnels pour le comblement des tranchées sous voirie.

Plus de 4 km de tubes doivent être déployés, ils passeront dans des tranchées creusées dans la route ou les trottoirs. **Le sable de laitier et de réfractaires** est un allié pour la protection des réseaux grâce à ses **excellentes performances immédiates** (portance → 60MPa) mais aussi de



par sa **prise pouzzlanique progressive** qui permet d'atteindre rapidement les performances des graves-ciment.

Outre l'aspect environnemental, ce sont les qualités techniques et économiques du Sabl'Imphy® qui ont favorisé le sable de laitier face à une concurrence des matériaux traditionnels.

Chantier Réseau de Chaleur Decize

1 500 T de Sable de Laitiers et Réfractaires de Fours Electriques Inox et Alliages (EAF S)

Producteurs : APERAM / AUBERT & DUVAL

Maître d'œuvre : DALKIA pour le compte de la Communauté de Communes du Sud Nivernais

HARSCO Metals & Minerals France
Val de Loire, BP 12

58 160 Imphy, France

Tél. +33 (0)3 86 38 35 64

Fax +33 (0)3 86 38 35 97

Courriel : mineraleurope@harsco.com

www.harscominerals.com

Afin de poursuivre ses efforts dans le domaine du développement durable, le CTPL a décidé que la Revue Laitiers Sidérurgiques ne sera dorénavant disponible que sous format PDF téléchargeable depuis le site internet du CTPL.

LES GAINS :

- l'énergie et le CO₂ générés lors de l'acheminement des exemplaires papier,
- le papier ainsi que l'enveloppe pour son envoi,
- la suppression de la pollution liée à l'emploi des encres d'imprimerie.



NOUVEAU

Téléchargez le prochain numéro sur notre site www.ctpl.info

Nous vous donnons donc rendez-vous sur notre site **www.ctpl.info** dès le second trimestre 2013 afin de pouvoir télécharger votre numéro 101.

Les laitiers HF et d'aciérie :

quel avenir pour les
20 prochaines années ?



Chacun sait que la prospective est un art difficile et hasardeux. C'est donc un redoutable exercice que d'imaginer et dessiner le futur de la valorisation des laitiers à 20 ou 30 ans, alors que le passé nous montre que les évolutions peuvent être considérables dans la durée, sans faire apparaître de ruptures brutales.

Sur quelles bases nous appuyer ? Il faut considérer le moteur du changement, ce sont les grandes tendances de long terme, économiques et réglementaires. Il faut considérer d'un œil neuf les propriétés physiques et chimiques des laitiers, pour percevoir en quoi ils pourront être impactés par ces tendances. Il faut aussi examiner les développements de ces dernières années, au plan mondial, qui peuvent être pour certains l'amorce de grandes évolutions. C'est ainsi que nous vous proposons quelques pistes, dans une réflexion qui ne prétend nullement être systématique ni exhaustive.

Les tendances économiques et réglementaires

La valorisation des laitiers, comme celle de tout matériau ou produit, est dirigée par les demandes du marché, incluant les évolutions réglementaires. Quelles sont les grandes tendances lourdes à prendre en compte pour les 20 ans à venir ?

Hausse de la valeur de l'énergie et des matières premières

Cette évolution économique considérable, qui va se poursuivre à long terme, a déjà été le premier moteur de changement des dix dernières années pour la valorisation des co-produits en général. Même après la crise économique de 2008, les prix restent très supérieurs à ceux connus il y a dix ans, et la perspective à long terme reste à la hausse.

lisations et technologies non économiques peuvent ainsi devenir profitables, ouvrant de nouveaux domaines de valorisation.

Un cadre réglementaire plus rigoureux et clair

La réglementation n'a cessé de se renforcer durant ces 20 dernières années dans le domaine de la protection de l'environnement, dans des applications aussi variées que la construction, l'agriculture, l'industrie ou la gestion des eaux. L'impact environnemental doit être maîtrisé durant toute la vie des ouvrages, et au-delà, par la recyclabilité des matériaux en fin de vie. Cette tendance lourde de long terme se poursuivra très probablement. Elle peut restreindre la valorisation des co-produits, voire l'interdire, si elle impose des contraintes environnementales qui ne peuvent être respectées. Elle peut la favoriser, si elle privilégie l'utilisation de matières recyclées, tout en fixant un cadre assurant une bonne maîtrise des risques.

Minerai de fer - Prix moyen à l'importation dans l'U.E. à 15

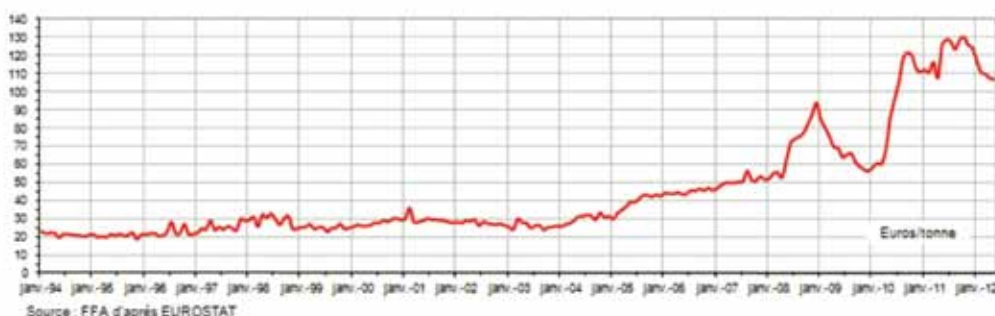


Photo 1
Prix moyen du minerai de fer à l'importation en UE depuis 1994

Ceci conduira à rechercher la valorisation économique maximale des matières premières secondaires contenues dans les laitiers en particulier, mais aussi de l'énergie contenue en substituant des laitiers à des produits dont la fabrication exige une forte consommation d'énergie, tels que le ciment, le clinker, la chaux, ou encore la récupération directe d'énergie thermique. Certaines uti-

La résultante de ces évolutions est et sera sans doute favorable à l'utilisation des laitiers. Il s'avère en effet que les laitiers de haut-fourneau et d'aciérie carbone respectent les valeurs limites environnementales exigées à ce jour par la réglementation, non seulement en France, mais aussi à travers le monde. Dans le domaine routier, la mise en place en France des guides d'utilisation montre la



Photo 2
Guide français pour
l'acceptabilité de
matériaux alternatifs
en technique routière

voie en apportant de la clarté pour les utilisateurs finaux, gage de transparence et de professionnalisme qui permettra d'utiliser plus et mieux les laitiers et autres matériaux alternatifs.

L'exigence de la construction durable

La nouvelle réglementation française RT 2012¹ qui s'applique en France sur les bâtiments neufs vise à limiter les dépenses énergétiques du bâtiment à 50 kWhEP/an/m² et les réglementations en préparation à l'horizon 2020 fixent pour objectif la création de bâtiments à énergie positive. Par ailleurs dans tous les procédés de fabrication, les possibilités de recyclage seront favorisées et optimisées afin de réduire l'empreinte environnementale du produit final. Ce processus tendra à augmenter l'utilisation de matériaux faiblement chargés en CO₂ du fait de leur origine. Dans ce contexte les laitiers pourront trouver une place croissante. En outre, les nouvelles exigences d'isolation thermique entraîneront un fort développement du marché des matériaux isolants, tels que la laine de roche ou les granulats légers pour le béton.

Une agriculture plus durable

On connaît le brillant passé des scories Thomas. L'agriculture durable est un mouvement de long terme qui vise notamment à épargner la consommation d'amendements ou fertilisants à base de pétrole et de matières premières naturelles non renouvelables. Ceci favorise déjà et favorisera l'utilisation des laitiers de convertisseurs, apporteurs de chaux et d'oligo-éléments, plus particulièrement dans les régions dotées de sols acides pour lesquels la chaux contenue dans le laitier prend toute son importance. Un effet négatif peut toutefois résulter de contraintes réglementaires nouvelles plafonnant la teneur en certains éléments, tels que le chrome.

Des exigences croissantes de traitement des pollutions (eaux, sols)

Les exigences réglementaires dans ces domaines vont indéniablement dans le sens croissant. Ainsi, la nouvelle réglementation européenne sur l'eau² définit des critères plus stricts de qualité de des eaux usées rejetées dans les rivières. Il en est de même du traitement des terres polluées. Les grands ports maritimes et les voies navigables sont soumis à des réglementations les obligeant à gérer de façon responsable leurs sédiments de dragage. Ceci implique en particulier leur stabilisation pour éviter la lixiviation d'éléments polluants, et, si possible, leur valorisation. On sait que les laitiers d'aciérie, d'après diverses expérimentations à travers le monde, peuvent contribuer aux solutions techniques apportées dans ce domaine.

Développements techniques réalisés dans les 5 dernières années

Les marchés des granulats et des liants hydrauliques sont depuis des années le débouché majeur pour les laitiers sidérurgiques. Naturellement, de nombreux développements techniques ont été, et sont actuellement menés, pour augmenter les proportions de ces matériaux alternatifs, et/ou augmenter leur valeur. Toutefois, d'autres développements concernent des applications radicalement différentes. Voici quelques exemples :

Développements déjà industrialisés

Ces développements concernent particulièrement les laitiers de convertisseur. A l'usine ArcelorMittal de Gand en Belgique, un procédé de stabilisation par injection de sable en phase liquide, issu d'une première expérience allemande est adapté au contexte local (chimie, température et objectifs

¹ - Réglementation Thermique, article 4 de la loi Grenelle 1

² - DCE : Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE



Photo 3

Stand d'injection de sable dans le laitier de convertisseur (AM Gand)

différents). L'installation produit désormais plusieurs dizaines de milliers de tonnes par an de laitier de convertisseur garanti à moins de 0,1% d'expansion volumique. Par ailleurs, grâce à un effort de développement de plusieurs années mené par les sociétés SGA et Eiffage, sur la base d'un modèle de tri des laitiers crée par l'usine Arcelor-Mittal de Dunkerque, un liant hydraulique routier comportant plus de 40% de laitier de convertisseur a pu être commercialisé avec succès. Le laitier de convertisseur est, par ailleurs, maintenant référencé comme possible constituant majeur dans la norme prNF EN 13282-2 sur les liants hydrauliques routiers.

La Chine, qui produit aujourd'hui plus de la moitié de l'acier mondial, est active et innovante dans le domaine des laitiers. Depuis plus de 15 ans, les normes chinoises sur les ciments incluent l'utilisation de laitier de convertisseur à hauteur de 20% avec un portland brut (norme YB/T022-92). De récents développements montrent également que dans des ciments au laitier de haut-fourneau, ce dernier peut être partiellement substitué par du laitier de convertisseur à hauteur de 20%.

Développements en phase pilote

C'est le cas de l'emploi de laitier de haut-fourneau moulu dans le domaine des géopolymères. Cette science récente, basée sur des réactifs chimiques d'activation encore complexes, permet d'obtenir des liants présentant des résistances de plusieurs dizaines de MPa à 7 jours, avec comme constituants majeurs (plus de 50%) des laitiers de haut-fourneau granulés moulus ou des cendres volantes. Ces formulations souffrent encore de difficultés de mise à l'échelle par rapport aux conditions en laboratoire.

Aujourd'hui, en France, un projet européen de recherche est en train d'aboutir sur une nouvelle application visant à utiliser des laitiers d'aciérie dans des filtres pour extraire les phosphates dans de petites stations d'épuration communales utilisant la technologie des filtres plantés de roseaux. Le filtre pourra être broyé en fin de vie pour retrouver un usage en tant qu'engrais.



Photo 4

Bassin filtrant planté de roseaux pour épurer les eaux d'une petite commune en France

Les laitiers de convertisseur ont aussi des propriétés utiles pour l'épuration de terres polluées. Une des voies envisagées pour stabiliser les sédiments de dragage des ports maritimes consisterait à ajouter du laitier de convertisseur moulu mélangé à du ciment pour faire prise et fixer les polluants. Le procédé permettrait même d'obtenir des granulats artificiels réutilisables en structure routière.

Photo 5
 Bloc de "Bioslag" pour
 l'enrichissement en
 oligo-éléments des
 eaux maritimes
 (POSCO).



Enfin, il convient de citer les nombreux travaux réalisés au Japon et en Corée sur l'emploi de laitiers de convertisseur comme apport d'oligo-élément fer dans les eaux de mer, et support de vie pour les organismes aquatiques. Le laitier de convertisseur est immergé sous forme de blocs de géométrie variable (BioSlag, Marine Block, Biverly Box) en vue d'augmenter la biomasse (par exemple le phytoplancton), dans le cadre d'un contrôle soigneux de la quantité de laitier par m³ d'eau.

On peut également citer des projets pilotes de grande envergure réalisés aux Etats-Unis et utilisant des laitiers d'aciérie de four pour relever le pH des eaux d'exhaure des nombreuses mines. Certaines régions ont vu, en effet, la multiplication de mines souterraines (charbon, minerais précieux, etc..) au XIX^{ème} siècle et abandonnées depuis, et dont les eaux de rejet présentent une acidité très importante (pH inférieur à 3) conduisant à une acidification des nappes et à la destruction de la flore et de la sylvie.

En Pennsylvanie, des bassins miniers de plusieurs centaines d'hectares ont ainsi été équipés d'un réseau de collecte de ces eaux dont le fond des canaux de collecte et des réservoirs de rétention ont été revêtus d'une couche épaisse de laitiers d'aciérie électrique. L'alcalinité de ces laitiers (dont le pouvoir alcalin est 12 fois supérieur à celui du calcaire) a permis de restaurer un pH variant de 8 à 10 pour l'ensemble des eaux collectées, autorisant ainsi leur relargage dans le réseau fluvial local.

Le potentiel des laitiers, approche physico-chimique

Examiner les caractéristiques thermiques, physiques et chimiques des laitiers, et les valeurs potentielles qui en résultent, permet de prendre du recul et d'ouvrir le champ en pointant les voies de développement les plus valorisantes. Valoriser mieux ces propriétés spécifiques et différenciées est un enjeu à la fois économique et environnemental.

Le potentiel thermique des laitiers

Le laitier sort totalement liquide du haut-fourneau, à 1500°C, et cette énergie thermique n'est pas récupérée, pour environ 1800 Mégajoules par tonne de laitier, soit l'équivalent de la combustion de 60 kg de charbon. Le laitier de convertisseur est issu du réacteur entre 1550 and 1700°C, son contenu énergétique est du même ordre, et n'est aucunement récupéré. De même pour le laitier de four électrique.

Le potentiel chimique des laitiers

La composition chimique du laitier de haut-fourneau est optimisée par les teneurs en CaO, MgO, Al₂O₃ et SiO₂, ces deux derniers constituants étant imposés par les matières premières, et les deux autres étant ajustables.

Composition moyenne d'un laitier de haut-fourneau en France

Elément	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	S	alcalins	TiO ₂
%	35-45	35-40	10-15	6-8	0,5-1	0,5-1	0,5-1

Or ces éléments chimiques sont de première importance dans de nombreuses industries, en premier lieu la construction. Le contenu en CaO du laitier, disponible sous forme «décarbonatée», représente à lui seul une valeur de 30 € par tonne de laitier. De même l'alumine peut représenter de 10 à 40 € par tonne de laitier. Enfin, la combinai-

son $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ permet d'avoir un laitier parfaitement liquide et fluide, facilement contrôlable, mais aussi de former une matière vitreuse.

Le laitier de convertisseur vise tout d'abord l'élimination du Si, du Mn et du P de la fonte après oxydation, tout en étant assez fluide. Cette fluidité est atteinte par des ajouts de chaux vive.

Composition moyenne d'un laitier de convertisseur en France (hors scraps métalliques)

Elément	CaO Total	CaO libre	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	Fe total*
%	40-60	5-15	10-20	1-3	6-8	0,5-2	10-25

Enfin, le laitier doit ménager les réfractaires du convertisseur, grâce à des ajouts de dolomie (CaO-MgO). Il en résulte une composition chimique complexe, mais à haute valeur potentielle, principalement par le fer oxydé, représentant 30 € par tonne de laitier, et la chaux sous forme décarbonatée, vive, ou en combinaison avec des silicates, comme dans un ciment, représentant donc une valeur proche de 50 € par tonne. Ce laitier est hélas quasiment impossible à vitrifier, du fait de ses hautes teneurs en chaux, formant des réseaux cristallins.

Le potentiel physique des laitiers

Une fois refroidis, les laitiers présentent des caractéristiques physiques issues à la fois de leur chimie et des procédés de traitement et de refroidissement utilisés.

Les laitiers de haut-fourneau cristallisés peuvent être considérés comme des granulats naturels avec une densité apparente d'environ 2,2, non sujets à l'alcali-réaction pouvant avoir lieu dans les bétons. Les laitiers de convertisseur, du fait de leur teneur en fer, sont plus denses (2,4-2,6) et plus résistants à l'abrasion que les granulats classiques, mais leur instabilité volumique due à la chaux libre les réserve à des applications non recouvertes.



Photo 6

Moules pour laitier de convertisseur utilisés par China Steel (Taiwan)

Les laitiers sortent liquides des outils sidérurgiques, ce qui permet d'imaginer une grande liberté de mise en forme, sans refusion ou frittage. Ainsi, les laitiers peuvent être granulés ou finement dispersés pour obtenir des fines granulométries. Ils peuvent également être fibrillés (si les viscosités et températures le permettent) ou moulés dans des casiers plus ou moins larges, voire même expansés pour obtenir des granulats légers de densité inférieure à 1,4.

Les propriétés thermo-physiques des laitiers sidérurgiques sont encore peu connues. Pratiquement aucune information n'existe sur les valeurs intrinsèques de diffusion thermique, de diffusion acoustique, de susceptibilité magnétique des laitiers. La recherche de ces informations est néanmoins en cours au niveau de plusieurs projets de recherche auxquels ArcelorMittal contribue. On peut cependant considérer que les laitiers sidérurgiques peuvent être réfractaires jusqu'à des températures de l'ordre de 1000°C, et que leur susceptibilité magnétique (pour le laitier de convertisseur seulement, de par sa teneur en fer oxydé) ne se révèle que dans des champs très intenses (plusieurs milliers de Gauss).

Regard prospectif : nouveaux procédés de traitement et nouveaux marchés

En nous appuyant sur les grandes tendances économiques et réglementaires d'une part, sur les propriétés intrinsèques des laitiers d'autre part, et aussi sur des travaux de R&D en cours, nous pouvons tenter d'esquisser des pistes de développement à long terme, en sachant par expérience qu'une durée de dix ans est nécessaire pour parvenir à asseoir industriellement une nouvelle application, et autant pour qu'elle se répande.

Marchés à fort potentiel de croissance et de valeur

Des applications existantes tirent déjà profit des propriétés physiques et chimiques particulières des laitiers : bétons lourds produits à l'aide de laitiers d'aciérie électrique utilisés comme granulats, compléments chimiques pour les ciments (portland et aluminéux) ainsi que laitiers de haut-fourneau cristallisés pour la laine de roche. Les tonnages sont parfois limités par certaines contraintes chimiques, ou la granulométrie, et des perfectionnements doivent être envisagés afin de développer l'utilisation des laitiers dans ces marchés en croissance.

Le laitier de convertisseur est un excellent minéral pour les sidérurgistes (fer, chaux décarbonatée). Toutefois, le contrôle du retour des impuretés (phosphore, manganèse) est une limitation forte. Pour guider les exploitants dans l'optimisation complexe du recyclage, ArcelorMittal a mis au point des modèles de calcul en fonction des contraintes techniques de l'aciérie. Certains sites européens ont pu doubler leur capacité à recycler, dépassant 20% de leur production de laitier.

La capture de la chaleur latente des laitiers est un sujet prioritaire dans les sociétés d'ingénierie spécialisées telles Paul Wurth, Siemens-VAI, CSIRO, ainsi que pour les sidérurgistes chinois et japonais. Les technologies proposées imaginent la récupération de la chaleur par de l'air (disque rotatif), par des rouleaux de refroidissement, ou par d'autres médias solides. Il est à noter que l'essentiel de ces développements concernent le laitier de haut-fourneau, du fait de sa composition chimique stable, et qu'ils permettent, voire améliorent la valorisation du laitier refroidi dans la filière du ciment.

Marchés et processus en rupture

La vraie rupture n'est pas au départ technologique, mais elle consiste à diriger les efforts vers un domaine d'application majeur en rupture avec les marchés antérieurs.

Pour les laitiers de convertisseur, il s'agirait de les considérer pleinement comme matière première sidérurgique. On recourt alors des technologies de type minier afin d'enrichir et purifier ces laitiers. C'est l'objet des projets ORLA (Agence Nationale de la Recherche, 2007-2010) et LACTER (Fond de Compétitivité aux Entreprises, 2010-2013), réalisés en collaboration notamment avec de grands organismes de recherche publics et semi-publics. L'objectif final est d'arriver à un recyclage interne garanti de 50%, tout en permettant la valorisation externe de la fraction restante.

Il existe une façon indirecte de tirer profit de la haute température des laitiers, en réali-



Photo 7

Pilote de granulateur à sec à disque rotatif de laitier de haut-fourneau avec récupération d'énergie (SIEMENS -VAI)

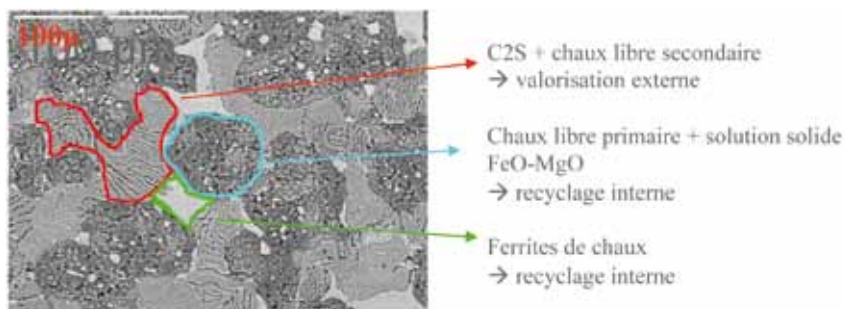


Photo 8

Minéraux présents dans le laitier de convertisseur (résultats ORLA)

sant des mises en forme immédiates, là où les matériaux concurrents nécessitent des étapes de refusion ou d'agglomération. C'est par exemple le cas des échangeurs de chaleurs pouvant être utilisés comme stockage d'énergie pour des centrales électriques à énergie renouvelables. La valeur des matériaux classiquement utilisés (briques réfractaires, sels fondus) justifie des évolutions sur le refroidissement et même l'amendement des laitiers à chaud (slagmaking), afin de répondre au cahier des charges mécanique et thermique de ces applications.

Certaines ruptures pourraient aussi être des renaissances, telle la production de laitier de haut-fourneau expansé, pouvant avantageusement remplacer les matériaux actuels issus de carrières lointaines (pierre ponce venant d'Italie, de Crète, d'Islande,...) ou de processus gourmands en énergie (argiles et schistes expansés, cendres frittées), dont la consommation est en plein essor sous l'effet des exigences d'isolation thermique des bâtiments. La fabrication de laitier expansé existait il y a 30 ans en France, mais la plupart des compétences ont été perdues, et les normes techniques et environnementales ont évolué depuis, ce qui exige de nouveaux travaux de développement dans ce domaine.

Enfin, des éléments présents à l'état de trace dans les laitiers peuvent devenir particulièrement intéressants dans le contexte actuel de hausse forte de certaines matières premières. Ainsi, certains minerais peuvent engendrer la présence de vanadium dans

les laitiers de convertisseur (jusqu'à 1% dans certains sites européens). Là où l'on voit ordinairement une source de risque environnemental, on peut aussi voir une source de valeur. Le vanadium se négocie en effet environ à 20€/kg et les coûts d'extraction de cet élément, ainsi que les conséquences sur les débouchés des autres fractions du laitier méritent d'être étudiés en détail.

Conclusions

Il ne fait pas de doute que les laitiers ont de l'avenir. Une nouvelle page exaltante de leur histoire sera écrite dans les 20 à 30 prochaines années. Elle sera marquée par la recherche d'une valeur plus élevée sous la pression des coûts de matières premières et d'énergie, ainsi que des réglementations, en valorisant leurs propriétés spécifiques chimiques et physiques dans divers marchés. De même que le marché des granulats est devenu secondaire pour les laitiers de haut-fourneau dans les 30 dernières années, de même il est possible que les laitiers d'aciérie trouvent leur place dans plusieurs autres applications très différentes.

Pour que ces développements soient bien ciblés et efficaces, il sera nécessaire d'associer les compétences de TOUS les acteurs de la chaîne industrielle, depuis le sidérurgiste jusqu'à l'utilisateur final.

Dans les précédents **NUMÉROS...**

N° 91 (juillet 2007)

• De l'efficacité des laitiers pour purifier l'eau

Traitement des eaux par les laitiers d'aciérie : retours d'expérience et perspectives.
Bill Bourke (SteelServ Ltd), Nouvelle-Zélande

• La technique des graves-laitier s'exporte bien !

Chantier test sur la rocade Sud de Tizi-Ouzou en Algérie.

Jean-Yves Bompay : Mécaroute

N° 92 (janvier 2008)

• Valorisation de laitiers d'aciérie de conversion "LD" dans les infrastructures routières

Mélanges Laitiers "LD" / Granulats inertes : formulation pour un gonflement contrôlé.

Erwann Rayssac, Jean-Claude Auriol, Dimitri Deneele, François de Larrard, Vincent Ledee, Gérard Platret : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

• Que deviennent les laitiers ?

Flux 2006 des laitiers sidérurgiques en France

Jacques Perême : Directeur du CTPL

• Laitiers d'élaboration de l'acier inoxydable

Fiche technique (CTPL)

N° 93 (novembre 2008)

• Des laitiers d'aciérie pour les voies ferrées. Ça roule !

Allemagne : de l'utilisation des laitiers d'aciérie pour la construction des voies ferrées.

Dr Thomas Merkel : FEhS, Allemagne

• Des laitiers sur les routes de campagne. Rien d'étonnant ... et pourtant !

Allemagne : Comportement des laitiers d'aciérie utilisés sur les routes de campagne non goudronnées.

R. Bialucha : FEhS,

R. Nicoll, T. Wetzel : BSW Stahl, Allemagne

N° 94 (novembre 2008)

• Laitier de haut fourneau moulu : il a sa place dans le béton

Pays-Bas : Les combinaisons de CEM I et de laitier de haut fourneau moulu au malaxeur à béton : équivalence de performance vis-vis des CEM III ?

Anne-Marie Marion, Nicolas Musikas : Ecocem Materials Limited

• Laitiers d'aciérie électrique ; la route est ouverte !

France : Valorisation des laitiers d'aciérie électrique : une dynamique d'amélioration continue

Françoise Viez : Parsider - Riva Acier - Usine de SAM Montereau

N° 95 (mars 2010)

• Infrastructures routières : ouvrons la voie aux scories LD

Analyse du potentiel de valorisation de scories LD comme agent de traitement pour améliorer les sols cohésifs.

Benoît Janssens, chercheur : Centre de Recherches Routières, Belgique

• Des laitiers qui purifient l'eau : cela coule de source !

Utilisation des laitiers sidérurgiques pour le traitement des eaux usées.

Florent Chazarenc : Ecole des Mines de Nantes, Laboratoire GEPEA, UMR CNRS 6144, Département Systèmes énergétiques et Environnement.

• Où sont passés les laitiers en 2008

Utilisation des laitiers sidérurgiques en 2008 en France.

Jérémy Domas : Directeur du CTPL





N° 96 (novembre 2010)

• Laitiers utilisés en techniques routières : la filière se professionnalise

Campagne de suivi de plots expérimentaux : Pour une utilisation raisonnée des laitiers sidérurgiques en travaux publics.

Jérémy Domas : Directeur du CTPL

• Où sont passés les laitiers en 2009

Utilisation des laitiers sidérurgiques en 2009 en France.

Jérémy Domas : Directeur du CTPL

• Journée d'information du CTPL

Résumés des interventions sur les thèmes des réglementations, statuts et normes concernant les laitiers sidérurgiques.

N° 97 (avril 2011)

• Les laitiers d'aciérie électrique au secours des récifs coralliens

Egypte : utilisation de laitiers d'aciérie électrique comme substrats pour la régénération des récifs coralliens.

Nadia Habib : Coraliareef

• Techniques routières : les laitiers de convertisseur font désormais jeu égal avec les granulats naturels

Maîtrise de l'expansion des laitiers. Valorisation des laitiers d'aciérie de conversion en technique routière.

Thomas Muckensturm & Pierre Todaro :

Eurogranulats

N° 98 (octobre 2011)

• Le CTPL et la R&D :

Exemple du projet ANR éclair

Jérémy Domas : Directeur du CTPL

• Les laitiers LD tiennent la route !

Impact environnemental : évaluation du comportement environnemental d'un laitier LD d'aciérie de conversion utilisé en construction routière.

Michel LEGRET : IFSTTAR, Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux Département Géotechnique, Eau et Risques

• Et si les vers de terre avaient leur mot à dire !

Évaluation écotoxicologique : analyse des effets sur les vers de terre de lixiviats issus d'un plot de laitiers LD.

Yvan CAPOWIEZ, Magali RAULT, Christophe MAZZIA : INRA Avignon

• Où sont passés les laitiers en 2010

Production et devenir des laitiers sidérurgiques en 2010 en France.

Jérémy Domas : Directeur du CTPL



N° 99 (avril 2012)

• Bonne route avec les granulats de laitiers EAF !

Grèce : Utilisation de laitiers d'aciérie de four électrique en enrobé bitumineux en couche mince anti-dérapante.

Ioannis Liapis : Civil Engineer, BEng, MSc, DIC, PhD Candidate, AEI FOROS SA

Spiraggelos Likoydis : Geologist, Director of P.Y.TH. Laboratory, EGNATIA ODOS SA

• Laitiers d'aciérie de conversion : sélection à la source !

Sélection à la source des laitiers d'aciérie de conversion en vue de leur valorisation en technique routière

Julien Waligora : EIFFAGE Travaux Publics, Laboratoire Central Ciry

Michel Measson : EIFFAGE Travaux Publics, Direction Recherche et Développement

David Bulteel : Ecole des Mines de Douai



www.ctpl.info