

LAITIERS

sidérurgiques

N°114

Décembre 2022



page 18

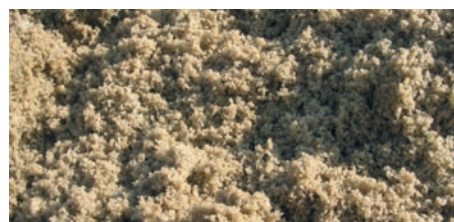
**EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DES
LAITIERS DE HAUT-FOURNEAU GRANULÉS :**
le vrai du faux

page 6

Actualaitiers

page 10

**Laitiers de haut-
fourneau granulés :
le compte est bon**



page 30

**Empreinte
environnementale
des laitiers de
haut-fourneau
granulés moulus :
ce qui change**

page 36

**Que sont devenus
les laitiers en 2021 ?**

CTPL

CENTRE TECHNIQUE
ET DE PROMOTION
DES LAITIERS SIDERURGQUES

ecart



Le verdissement de notre industrie est en marche

Au moment où je m'atèle à la rédaction de cet édit, en cette fin d'année 2022, je dois une fois encore admettre ma grande surprise – mais le devrais-je vraiment ?! – en ce qui concerne la résilience dont l'industrie peut faire preuve. Depuis une douzaine d'années, mais surtout depuis ces cinq dernières années, nous subissons presque sans discontinuer des crises de tout ordre (subprimes, Covid, guerre en Ukraine, énergie, récession) et leurs conséquences. L'activité industrielle de la sidérurgie française et européenne n'aura ainsi jamais été aussi cyclique que depuis le début du XXI^{ème} siècle, demandant une adaptabilité et une flexibilité de plus en plus importantes qui siéent parfois difficilement à une industrie « lourde » comme la sidérurgie.

C'est donc avec une certaine ambivalence que nous terminons cette année 2022 et que nous nous apprêtons à rentrer dans l'année 2023 : d'un côté nous entrons à nouveau dans un cycle bas, une économie morose et une forte inflation - « stagflation » - ; d'un autre, une révolution industrielle s'engage pour notre profession, compte tenu de la nécessaire décarbonation des procédés sidérurgiques visant au respect des objectifs européens très ambitieux, suscitant une attente et une excitation très fortes pour les prochaines années.

Le verdissement de notre industrie s'accompagne également d'une gestion optimisée et raisonnée des co-produits générés lors du process industriel. La réutilisation et le recyclage de ces matières premières secondaires permettent de réduire l'émission des gaz à effet de serre et l'empreinte carbone des industries au sein desquelles elles sont utilisées. C'est tout particulièrement l'objet de ce numéro de notre revue Laitiers Sidérurgiques 114,

qui vise à présenter les dernières évolutions sur les règles d'allocation de la charge CO₂ des laitiers de haut-fourneau granulés. Trois articles illustrent ce propos, mettant en exergue les avancées majeures dans ce domaine en France et enfin l'aboutissement de (trop) nombreux débats interprofessionnels sur cette problématique. De ce point de vue, la France est un précurseur et elle devrait pouvoir inspirer les autres pays européens à apporter une réponse toute aussi claire sur cette question.

L'éclairage apporté sur ce sujet et les choix politiques confortés par les pratiques industrielles et commerciales des sidérurgistes français, s'intègrent complètement dans les objectifs poursuivis par la politique nationale sur l'économie circulaire et la préservation des ressources naturelles non durables. Un message positif dont d'autres Administrations pourraient s'inspirer pour apporter des réponses pragmatiques aux dossiers en cours...

Le CTPL reste plus que jamais mobilisé pour répondre à ces nouveaux défis ! Je profite également de cette opportunité pour souhaiter à l'ensemble de nos Adhérents, et à nos fidèles lecteurs, de bonnes fêtes de fin d'année et un joyeux Noël à toutes et à tous.

Jérémy DOMAS
Délégué Général du CTPL

page 6 Actualaitiers

page 10 Laitiers de haut-fourneau granulés : le compte est bon

Les laitiers de haut-fourneau, en particulier après le processus de granulation et de vitrification de leur structure cristallographique qui leur confère des propriétés hydrauliques, sont des matériaux de grande qualité valorisés depuis de nombreuses années dans la filière industrielle des liants hydrauliques (ciments, bétons ...).



La totalité des flux produits chaque année en France est donc naturellement utilisée de manière certaine. C'est ce qui a conduit le Ministère en charge de l'Ecologie à lui reconnaître en toute logique le statut de produit en 2016.

L'utilisation des laitiers de haut-fourneau comme constituants de produits de construction confère également à ces matériaux la nécessité de se conformer aux réglementations associées, que ce soit au niveau national ou européen. C'est en particulier le cas de la nouvelle réglementation environnementale (RE 2020) française.

Jérémie DOMAS - Délégué Général du CTPL
Shahinaz SAYAGH - Directrice technique du CTPL

page 18 Empreinte environnementale des laitiers de haut-fourneau granulés : le vrai du faux



La Réglementation Environnementale 2020, en date du 1^{er} janvier 2022, établit des exigences relatives notamment à l'impact carbone du bâtiment sur son cycle de vie dès sa construction. Ces exigences s'appliquent, de fait, à tout matériau utilisé dans la construction et donc, en particulier au laitier de haut-fourneau granulé qui entre dans la composition de certains bétons.

En tant que premier producteur européen, aussi bien d'acier que de laitier granulé, ArcelorMittal se devait d'être un des premiers sidérurgistes à établir une Déclaration Environnementale Produit (DEP) pour le laitier de haut-fourneau granulé.

ArcelorMittal est entièrement engagé dans la démarche de décarbonation visant à réduire ses émissions de CO₂ de 35% d'ici 2030, et à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Ainsi, les hauts-fourneaux et aciéries encore en activité dans les prochaines années seront les plus efficaces possibles, et produiront de l'acier, et des laitiers, avec des empreintes environnementales encore plus basses.

Gilles FRANCESCHINI - ArcelorMittal FCE/EPO/By-Products Sales
Anne-Laure HETTINGER - ArcelorMittal Global R&D/Sustainability

Empreinte environnementale des laitiers de haut-fourneau granulés moulus : ce qui change

ECOCEM France est né en 2007 de la volonté conjointe des sociétés ECOCEM Ltd. et ArcelorMittal d'optimiser l'exploitation des performances du laitier granulé de haut-fourneau et d'améliorer sa valorisation dans différentes filières.

Deux sites de production existent en France : un situé à Fos-sur-Mer (13), dont la production a débuté en 2009 ; le second situé à Dunkerque (59), dont la production a démarré en 2018. Avec ces deux sites en fonctionnement depuis plusieurs années, ECOCEM France dispose maintenant d'une capacité annuelle de production de 1,5 Mt de laitier moulu et de ciments mélangés.

Aujourd'hui, les produits fabriqués par ECOCEM France sont prescrits par les principaux experts du BTP : par de nombreux industriels du béton, par des maîtres d'œuvre, des architectes et par de grands bureaux d'étude pour leurs qualités techniques uniques. On peut citer leur résistance aux sulfates, à l'eau de mer et leurs excellentes qualités environnementales permettant de postuler à des labels environnementaux bas carbone.

Jean-Christophe TRASSARD - Directeur Marketing de l'innovation durable - ECOCEM Group

Diane ACHARD - Responsable développements industrialisation et application - ECOCEM France

Marion GUIBERT - Coordinatrice QHSE et chef de projet - ECOCEM France



LAITIERS SIDERURGQUES

76^{ème} année

Revue éditée et diffusée gratuitement par le CTPL

Directeur de la publication

Jérémie DOMAS,
Délégué Général

Rédacteur en chef

Shahinaz SAYAGH,
Directrice

Rédaction

CTPL
Site ArcelorMittal de Fos
Aile 2 - Bureau 130
13776 Fos-sur-Mer cedex

Siège social du CTPL

6, rue André Campra
Immeuble Le Cézanne
93212 La Plaine
Saint-Denis cedex
www.ctpl.info

Conception - Réalisation

BC Consultants :
06 13 51 27 39

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

Crédit photos : Adobe Stock,
ArcelorMittal, Colas, CTPL,
Ecocem

N° ISSN 1166 - 3138

Dépôt légal :

2^{ème} semestre 2022

Que sont devenus les laitiers en 2021 ?

Comme chaque année et pour la seizième année, le Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques (CTPL) a lancé en 2022 l'enquête nationale relative aux flux de laitiers sidérurgiques produits sur le territoire national en 2021.

Cette enquête vise également à recueillir les données relatives à leurs principales filières d'utilisation par différents secteurs industriels.

Shahinaz SAYAGH - CTPL

Fonctionnement du CTPL

Réunions du CA et de l'AG du CTPL

Les réunions du Conseil d'Administration (CA) et de l'Assemblée Générale du CTPL se sont déroulées en visioconférence le 6 avril 2022. Cela a été l'occasion de faire un point d'avancement avec nos Administrateurs et l'ensemble de nos Adhérents sur les actions techniques, réglementaires et normatives réalisées au cours de l'année 2021 et de proposer les principaux axes de travail et pistes de réflexion, ainsi que les aspects budgétaires envisagés pour l'exercice 2022. Le Conseil d'Administration (CA), s'est réuni de nouveau le 29 novembre 2022, au siège du CTPL à la Plaine Saint Denis.

Conférences et congrès internationaux

La 11^{ème} édition de la conférence européenne EUROSLAG 2022 s'est tenue du 4 au 7 octobre 2022 à Cologne en Allemagne. Elle avait pour objectif de traiter de « La transformation de la sidérurgie et ses effets sur la chaîne de valeur des laitiers ». Elle a réuni plus de cent quarante participants de 20 pays. Les présentations et débats ont fourni les prémices d'études et de recherches de développement en cours (AiF 21567, SlagCEM, WAGEOS2SHS, SAVE CO2, DRI-EOS, HIsIag...) liées aux applications techniques, aux aspects environnementaux et juridiques, pour tous les types de laitiers sidérurgiques.

L'objectif de ces travaux est d'une part de répondre aux obligations fixées par l'Union Européenne dans le cadre de la loi Climat, et d'autre part de pérenniser la filière et développer de nouveaux marchés pour les nouveaux laitiers EAF issus de DRI (notamment en industrie cimentière ou de béton).

La conférence a ainsi réuni différents acteurs et experts impliqués dans la production, le traitement, l'utilisation et la commercialisation des laitiers (entreprises privées, autorités publiques, instituts de recherche, universités, centres techniques et organismes de protection de l'environnement).

Deux présentations orales ont été faites par le CTPL lors de cet événement, afin de promouvoir les actions et les avancées réalisées par la profession en France :

- Règles de comptabilisation des émissions de CO₂ pour les laitiers de haut-

fourneau granulés : nouvelles recommandations nationales en France pour la mise à jour des FDES (Jérémie Domas).

- Caractérisation radiologique des laitiers produits en France. (Shahinaz Sayagh).



Conseil d'Administration d'EUROSLAG

Au cours des 12 derniers mois, deux réunions du Conseil d'Administration d'EUROSLAG se sont tenues en visioconférence : le 25 mai et le 23 novembre 2022. L'objectif est d'établir la stratégie de l'Association, et de définir des positions de principe à retenir par la profession sur les grands enjeux liés aux développements réglementaires et normatifs européens.

Depuis le 1^{er} janvier 2020, c'est l'AFOCO qui est Administrateur pour une période de trois ans, afin de représenter la France. Ceci se déroule en alternance avec le CTPL, qui reprendra donc à compter du 1^{er} janvier 2023 la représentation française au sein du Conseil d'EUROSLAG.

Réunion de l'Assemblée Générale d'EUROSLAG

Une réunion de l'ensemble des Adhérents de l'Association européenne des producteurs et opérateurs de laitiers sidérurgiques, EUROSLAG, s'est tenue en visioconférence le 24 novembre 2022. L'occasion pour le CTPL de faire le point avec l'ensemble des acteurs européens de la profession des laitiers sur les problématiques normatives et

réglementaires, mais aussi d'échanger sur les actions techniques en cours au sein des Etats Membres de l'UE.

Cette réunion a accueilli tout particulièrement M. Lubor Kalafus qui succède à M. Aurelio Braconi pour représenter EUROFER et rapporter l'avancement des travaux européens pour les questions liées en particulier à l'économie circulaire.

Réunion des Groupes de Travail d'EUROSLAG

Une réunion conjointe des groupes de travail d'EUROSLAG s'est tenue, en distanciel, le 24 novembre 2022. Des groupes thématiques (réglementaire, technique et environnemental), mais également des sous-groupes techniques (expansion volumique, lixiviation, ...) ont été mis en place depuis 2021 pour faire suite à l'adoption de la stratégie Euroslag 2025, afin de promouvoir l'utilisation des laitiers en Europe.

Travaux d'EUROFER / EUROSLAG

Allocation CO₂ des laitiers sidérurgiques

Il existe aujourd'hui toujours des divergences au niveau de l'approche à retenir par les différents sidérurgistes européens devant traiter de ce sujet. Un groupe d'experts dédié a été mis en place par l'Association européenne EUROFER, au sein duquel des échanges réguliers se déroulent sur les avancées au sein des différents pays européens. L'élaboration de la fiche de déclaration environnementale produit pour les laitiers de haut-fourneau granulés peut reposer, en fonction du choix des sidérurgistes, sur une méthode d'allocation économique ou physique. Ce choix est

stratégique car la méthode retenue devra s'appliquer de manière cohérente à la fois aux produits (acières), et aux co-produits générés par ce même process (laitiers).

D'un point de vue normatif, les travaux sur les règles de catégorie de produit (PCR) des produits aluminium et acier développés par le TC135 n'ont toujours pas abouti. La faute à un désaccord entre la méthode proposée par le comité 135 pour les co-produits, basée sur l'allocation physique, et celle recommandée par le TC350, en charge des normes horizontales sur les déclarations environnementales des produits de construction, qui recommande que l'allocation économique soit la méthode de référence pour les laitiers de haut-fourneau.

Réglementation nationale et européenne

REACH Ferrous Slag Consortium

La 14^{ème} réunion de l'Assemblée Générale du Consortium REACH sur les laitiers sidérurgiques (« Ferrous Slag ») s'est tenue en distanciel, le 19 mai 2022. La révision et la mise à jour du Chemical Safety Report (CSR) est actuellement le point central des travaux du Consortium.

Une mise à jour des statuts du Consortium a également été réalisée, afin de pouvoir tenir des réunions en distanciel, et d'ajuster les mécanismes de représentation pour réunir le Quorum et valider les résolutions.

Utilisation des laitiers comme fertilisants

Le Règlement européen n°2019/1009 publié au JOUE le 5 juin 2019 couvrant l'usage de tous les fertilisants, y.c. les amendements minéraux basiques pour lesquels les laitiers sidérurgiques sont utilisés, remplace définitivement l'ancien Règlement (CE) 2003/2003 depuis le 16 juillet 2022.

L'acte délégué 2022/0973 relatif à l'utilisation de sous-produits industriels (catégorie CMC 11) pour la fabrication de fertilisants a été publié au JOUE, le 24 juin 2022. Ce texte complète le règlement européen 2019/1009 concernant les matières fertilisantes et les supports de culture.



Cela signifie qu'à compter du 16 juillet dernier, des fertilisants à base de laitiers sidérurgiques peuvent être mis sur le marché, sous réserve qu'ils respectent l'ensemble des exigences du règlement européen, y compris les spécifications techniques complémentaires décrites dans l'acte délégué CMC 11.

Au niveau national, le Ministère de l'Agriculture (MAAF) et la DGCCRF avaient engagé en 2021 la rédaction d'un décret, dit « socle commun », visant à mettre à jour la réglementation actuelle sur les fertilisants, en intégrant les dispositions du règlement européen. Ce texte devait également apporter une mise à jour sur les modalités de demandes d'Autorisation de Mise sur le Marché (AMM), et sur la Sortie de Statut de Déchet (SSD) des matières premières secondaires qui servent à la fabrication des fertilisants. Il vise enfin à une meilleure articulation avec les normes d'application obligatoire actuellement en vigueur, qui devraient faire à terme référence de manière harmonisée à cette réglementation pour ce qui concerne les critères d'innocuité à respecter.

Le CTPL suit avec attention la mise en place de cette réglementation, compte tenu des filières historiques en place dans le milieu agricole pour les laitiers

sidérurgiques. Après une temporisation sur le dossier en 2022 liée à différentes raisons (élections, situation économique de la filière, priorités liées à la grippe aviaire ...), une nouvelle version du projet de décret devrait être mise à disposition des parties prenantes en 2023.

D'un point de vue normatif, la révision de la norme NF U44-001 pour intégrer les laitiers de convertisseur criblés (< 4 mm) est officiellement inscrite au programme de travail de la commission (GT AMB). Le CTPL est partie prenante et force de proposition sur ce sujet, et est en charge de rédiger le dossier technique qui supportera cette demande au BN FERTI. Ce dossier devra être accepté par le GT AMB, puis porté au sein de la commission DSM « Dénomination, Spécification, Marquage ».

Application de la Directive EURATOM

La Directive 2013/59/EURATOM du 5 décembre 2013 fixe les normes de base en matière de protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants. Publiée au JO le 17 janvier 2014, les Etats Membres doivent transposer cette directive en droit national au plus tard le 6 février 2018.

En France, la transposition de cette Directive, en particulier via l'arrêté du 3 juillet 2019 relatif aux caractérisations radiologiques de matériaux, matières, produits, résidus ou déchets susceptibles de contenir des substances radioactives d'origine naturelle », impose que les produits de construction soient caractérisés à compter du 1^{er} juillet 2020.

Pour les laitiers sidérurgiques, cette problématique ne concerne que les laitiers de haut-fourneau, fabriqués à partir de minerais de fer et de charbon. Les laitiers d'aciérie, eux, ne concentrent pas les radioéléments d'origine naturelle. Les concentrations d'activité connues pour les laitiers restent par ailleurs tout à fait acceptables pour leurs utilisations réglementaires en construction.

Guide méthodologique sur la construction

Depuis le début de l'année 2021, les attentes de la profession étaient fortes sur l'extension des spécifications environnementales appliquées en technique routière, pour d'autres usages en aménagements et en constructions. Cependant, depuis, les réflexions initiées par le CEREMA et l'ensemble des professions concernées semblaient avoir été mises en sommeil par les services du Ministère pour des raisons méthodologiques.

Après une longue réflexion interne, le Ministère a fait savoir en cours d'année qu'il souhaitait harmoniser les règles techniques et environnementales définies et validées, telles que déclinées dans différents guides existants (SETRA, CEREMA, BRGM ...) sur la mise en œuvre des matériaux alternatifs. Ceci est forcément regrettable du fait de la complexification que cette harmonisation apporte, et étant donné le retard que ce projet pourrait apporter.

Le 4 juillet 2022, une note de positionnement a été proposée par les services de la D.G.P.R., exposant les principes directeurs qui pourraient être suivis pour l'harmonisation des méthodologies, des référentiels, et des différents guides existants et à venir. Une consultation interprofessionnelle a été lancée par les services de la D.G.P.R., et une réunion a été organisée le 30 septembre dernier. Lors de cette réunion, une soixantaine de personnes et une vingtaine de voix se sont exprimées sur les propositions en cours. L'objectif affiché par le Ministère reste d'aboutir d'ici le début de l'année 2023 à une approche globale harmonisée permettant une meilleure gestion et valorisation des flux de matériaux alternatifs dans le respect du triptyque impact eau/sol/santé.

Le CTPL participe activement à ces travaux et à ces réflexions, primordiales pour notre profession. Nous avons pu exprimer à différentes reprises et à plusieurs niveaux les points essentiels qui doivent soutenir cette démarche :

- Le pragmatisme et l'opérationnalité des mesures à mettre en œuvre au niveau des sites industriels,
- La proportionnalité des mesures afin de ne pas créer une distorsion de

concurrence pour les matériaux alternatifs,

- La cohérence des mesures mises en place avec la politique nationale et européenne développée pour l'économie circulaire, et que cela ne soit pas contreproductif et n'aboutisse pas à supprimer des filières ... et devoir exploiter des ressources naturelles.

SRC - Schémas régionaux des carrières

Les régions françaises avaient l'obligation de mettre en place d'ici 2020 leurs schémas des carrières incluant les ressources minérales secondaires (ou « alternatives »). A cette fin, les laitiers sidérurgiques sont intégrés dans le processus pour les régions concernées. La plupart des régions ont ainsi bien avancé en sollicitant les principales parties prenantes. Le CTPL participe à ces réunions et représente la profession, en particulier pour la région Auvergne Rhône-Alpes (AuRA), la région PACA, la région des Hauts de France, ainsi que dans la région du Grand Est.

Cependant, les conditions sanitaires liées au Covid 19 ont bouleversé la finalisation de la plupart des SRC. Les réunions et les actions se sont multipliées en 2022, afin d'avancer dans l'élaboration des différents SRC.

• SRC Hauts-de-France

La ressource « laitiers » est une ressource secondaire importante dans les Hauts-de-France, où trois sites sont implantés. Les volumes produits en 2021 (2,8 Mt) ont été transmis à la DREAL des Hauts-de-France en vue de la préparation du dernier COPIL en octobre 2022. Des bilans des schémas sont en phase de rédaction et des modèles de production et de besoin sont en cours de configuration. La cartographie des enjeux environnementaux est en cours et quasi terminée.

• SRC Grand-Est

Seules les thématiques relatives aux ressources primaires, au transport et à la remise en état des carrières / réaménagement ont été abordées lors des derniers COPIL (5 février et 19 mars 2021). Un inventaire actualisé (2021) de la ressource « laitier » dans la région Grand-Est a été fourni par le CTPL ainsi

que les filières les utilisant en substitution des ressources primaires. Aucune réunion ne s'est tenue en 2022.

• SRC en région PACA

Les travaux du SRC initiés depuis 5 ans sous le pilotage de la DREAL PACA se sont achevés en 2022. Les orientations définitives du schéma ont été présentées, et une consultation administrative obligatoire a été lancée entre mars-mai 2022. La publication de ce SRC sera effective après l'approbation par le Préfet.

• SRC en région AuRA

Dans cette région, les travaux techniques se sont terminés fin 2021. L'approbation finale du SRC est effective depuis le 8 décembre 2021, par arrêté préfectoral (à l'adresse suivante).

<http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/20211208-ap-approbation-src-vs.pdf>
L'ensemble de la documentation technique concernant ce SRC peut être consulté à l'adresse suivante : <http://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/schema-regional-des-carrieres-src-approuve-r5077.html>.

Normalisation

CEN/TC 51 - Ciment et liants hydrauliques

Que ce soit au niveau français ou européen, la sensibilité de l'ensemble de la filière est de plus en plus tournée vers les problématiques environnementales. Cela s'est traduit récemment par la mise en place de plusieurs groupes de travail avec des orientations en ce sens :

- Création d'un WG 19 sur la « décarbonation, les ressources, l'efficacité et la durabilité »,
- Création d'un groupe ad hoc de travail européen sur la procédure d'évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des nouveaux ciments.

Par ailleurs, cette impression est galemment renforcée étant donné les spécifications proposées dans les nouvelles normes de ce Comité :

- Norme prEN 197-6 relative aux ciments à base de matériaux de construction recyclés et à l'incorporation croissante de matériaux alternatifs pour la fabrication des ciments,

- Une réactivation du WG14 relatif aux Liants Hydrauliques Routiers (LHR) a également été actée en 2022, en vue d'incorporer de nouveaux constituants (primaires et/ou secondaires) permettant de diminuer leur empreinte carbone.

CEN/TC104 - Bétons

Deux principaux points sont à signaler pour ces travaux : d'un côté la réactivation du groupe WG15 européen, relatif à l'utilisation des « Laitiers de haut-fourneau granulés moulus » comme additions minérales pour bétons. Un nouvel animateur français, M. Martin Cyr de l'Université de Toulouse, a été nommé et les travaux de révision de la norme EN 15167 ont redémarré pour mettre à jour, en particulier, la teneur en sulfates et l'empreinte carbone des laitiers.

Au niveau français, un groupe d'experts dédié aux solutions bas carbone (GESBC) a été constitué fin 2021. Il vise à répondre en particulier à certains aspects de la nouvelle réglementation RE 2020, aux approches ACV, et à un marché qui commence explicitement à demander de telles performances environnementales pour les bétons. Les travaux du GE devront réfléchir à l'intégration de ces aspects dans le calendrier des normes EN 206 et EN 206/CN. Une base normative et réglementaire est nécessaire pour gagner en objectivité. Pour avancer sur le sujet, cinq groupes thématiques ont été formés :

- Task Force n°1 : nouvelles additions et nouveaux liants,
- Task Force n°2 : terminologie et indicateurs,
- Task Force n°3 : Liant, granulats et formulation des bétons selon l'approche prescriptive,
- Task Force n°4 : base de données SBC,
- Task Force n°5 : bétons non structuraux et bétons pour ouvrages provisoires.

Les travaux dans ce domaine sont donc très actifs, et de prochaines évolutions sont attendues au cours des prochaines années. L'occasion sans doute pour nous d'y revenir plus en détail dans un prochain numéro de notre revue.

CEN/TC154 - Granulats

De nombreuses normes granulats sont bloquées pour des raisons de manquements au mandat et/ou au Règlement Produit de Construction (RPC). Selon la Commission Européenne, les spécifications harmonisées actuelles sont insuffisantes car elles ne couvrent pas tous les produits mis sur le marché ni les sept exigences fondamentales du RPC. La CE évalue les produits à couvrir, les exigences à inclure et les priorités à donner aux normes des produits de construction, en considérant : les besoins réglementaires des Etats, les questions de sécurité, les problèmes environnementaux, les volumes concernés et les volumes transfrontaliers, ainsi que les ressources disponibles.

La publication de l'Acte délégué « granulats » est repoussée et les normes Produit ne seront pas publiées avant 2 ou 3 ans.

Le TC154 a décidé de supprimer les Work Items des projets de norme de spécifications et de fusionner les normes EN 12620 (Granulats pour béton), EN 13139 (Granulats pour mortier), EN 13043 (Granulats pour mélanges hydrocarbonés), EN 13242 (Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques) en une seule EN 17555, qu'on appellera « norme combinée », de scinder le contenu en deux parties, l'une mandatée (partie 1) et l'autre volontaire (partie 2), et d'annuler la norme EN 16236 et en rapatrier son contenu dans la partie 1. Le projet est envoyé à l'enquête CEN.

La CE a lancé une enquête sur la révision du RPC. 5 options sont sur la table, qui vont graduellement de « aucun changement législatif » à « abrogation du RPC ». Les résultats d'une pré-enquête, montrent que tous les Etats ont voté pour le maintien en l'état du RPC. Le WG10 (enrochements) poursuit son programme de travail en parallèle. Il en est de même pour la norme sur les ballasts (prEN 13450)

Pour la normalisation française, il faut noter le sous groupe dédié à la révision de la NF P18-545.

Le projet de révision tient compte de l'évolution des textes européens. La po-

sition est de ne pas créer de nouvelles classes qui ne seraient pas auparavant définies dans une norme européenne. La norme a été publiée le 30 septembre 2021.

CEN/TC396 - Terrassements

Au niveau des terrassements, les principales avancées portent sur la révision du GTR et sur les travaux du groupe européen TC396/WG7 dédié aux matériaux alternatifs en terrassement.

Les travaux de révision du GTR ont bien avancé mais ont été inévitablement ralentis par la crise sanitaire. Cependant, une version a été aboutie en milieu d'année 2022 et on attend dorénavant la validation de l'Administration pour une publication de cette nouvelle version début 2023, qui constitue un document fondamental pour la profession ... car datant de 1992 !.

Les travaux européens du WG7 progressent lentement, se heurtant parfois aux différences de pratiques dans les pays européens. La difficulté réside également dans la multiplicité des sources de matériaux alternatifs qui peuvent être utilisés en terrassements, et la mise en forme de fiches synthétiques rendant compte des retours d'expérience existants.

Communication

• Le **E-Catalogue produits** a été mis à jour sur le site web du CTPL. Les fiches techniques Produit (lorsque disponibles) des produits élaborés à partir de laitiers provenant des sites sidérurgiques adhérents, fabriqués et commercialisés par ses membres associés sont librement accessibles à l'adresse : <https://www.ctpl.info/trouver-un-produit-commercialise/>

• Le CTPL a participé à la **Journée Technique de l'AFOCO**, qui s'est tenue le 8 décembre 2022 à Metz. La thématique de cette journée était la suivante : « Les évolutions réglementaires pour les laitiers sidérurgiques : un accompagnement nécessaire vers la neutralité carbone ». L'occasion pour le CTPL de présenter l'état des lieux de la valorisation des laitiers sidérurgiques produits en France.

Laitiers de haut-fourneau granulés : **le compte est bon**



Les laitiers de haut-fourneau, en particulier après le processus de granulation et de vitrification de leur structure cristallographique qui leur confère des propriétés hydrauliques, sont des matériaux de grande qualité valorisés depuis de nombreuses années dans la filière industrielle des liants hydrauliques (ciments, bétons ...).

La totalité des flux produits chaque année en France est donc naturellement utilisée de manière certaine. C'est ce qui a conduit le Ministère en charge de l'Ecologie à lui reconnaître en toute logique le statut de produit en 2016.

L'utilisation des laitiers de haut-fourneau comme constituants de produits de construction confère également à ces matériaux la nécessité de se conformer aux réglementations associées¹, que ce soit au niveau national ou européen. C'est en particulier le cas de la nouvelle réglementation environnementale (RE 2020) française.

1 - Parmi ces réglementations, on peut en particulier mentionner le Règlement européen produits de construction n°305/2011, ou encore la Directive européenne Euratom n°59/2013.

RÉGLEMENTATION

Règles de comptabilisation des émissions de CO₂ des laitiers de haut-fourneau granulés : nouvelles recommandations françaises pour la mise à jour des FDES

Un nouveau cadre réglementaire qui change la donne ...

Depuis 1974, plusieurs réglementations thermiques successives ont été mises en place. La dernière en date, la RT 2012, issue du Grenelle de l'environnement, fixait déjà des exigences de résultats élevées en matière de conception du bâtiment, de confort et de consommation d'énergie ainsi que des exigences de moyens. La nouvelle réglementation environnementale RE 2020 remplace désormais l'ancienne RT 2012 et se veut plus ambitieuse et plus exigeante.



La RE 2020 s'applique depuis le 1^{er} janvier 2022 aux bâtiments neufs - maisons individuelles et logements collectifs - pour lesquels le permis de construire est déposé. Pour atteindre la neutralité carbone, le gouvernement entend réduire les émissions du secteur résidentiel et du secteur tertiaire, qui représentent un quart des émissions nationales de gaz à effet de serre. De ce fait, la nouvelle réglementation RE 2020 donne la priorité à la sobriété énergétique et à la décarbonation de l'énergie, et vise à garantir le confort des habitants en cas de forte chaleur.

Ainsi, en plus de renforcer les exigences en matière de performance énergétique des bâtiments neufs par rapport à la RT 2012, la RE 2020 « introduit la dimension environnementale en établissant des exigences relatives à l'impact carbone du bâtiment sur son cycle de vie dès sa construction ». Ceci intègre par conséquent l'introduction de nouvelles exigences concernant les émissions de gaz à effet de serre associées à la construction des bâtiments et en particulier celles associées à la nature des produits de construction utilisés pour la conception des bâtiments et par ricochet celles des laitiers sidérurgiques utilisés pour ces usages (bétons).

Les laitiers de haut-fourneau en France

Les laitiers sidérurgiques sont les matières minérales artificielles générées sous forme liquide à haute température (1500°C) par l'industrie du fer et de l'acier. Le laitier de haut-fourneau, est produit par les usines sidérurgiques intégrées, également appelées « en filière fonte ».

La fonte sidérurgique est produite au niveau du haut-fourneau lors de la réduction des minerais de fer (composés d'oxydes de fer et d'une gangue minérale) par le carbone du coke ; les éléments non ferreux du minerai (silice, chaux et alumine), ainsi que les additifs minéraux se retrouvent dans le laitier de haut-fourneau, surnageant sur la fonte par effet de densité.



Figure 1

Vue générale des deux hauts-fourneaux du site Arcelormittal de Fos-sur-Mer

Le laitier liquide est ensuite séparé de la fonte et peut être refroidi et solidifié selon deux voies de traitement :

- Soit il est brutalement refroidi à l'eau, par une « trempe » dans une piscine, ou par un flux d'eau sous pression : *c'est le laitier de haut-fourneau granulé (ou vitrifié),*
- Soit il est directement versé dans une fosse où il est refroidi à l'air et par arrosage modéré : *c'est le laitier de haut-fourneau cristallisé.*

L'objet de cet article et des travaux rapportés ici portent sur le laitier de haut-fourneau granulé. Il se présente sous la forme d'un sable de couleur jaune-brun, avec des caractéristiques de prise hydraulique latente (Figure 2). Ces propriétés sont largement améliorées par un pré-broyage grossier, ou par un broyage fin après séchage.

Le laitier de haut-fourneau granulé est, actuellement, principalement utilisé dans l'industrie de fabrication des liants hydrauliques (ciments, bétons, liants hydrauliques routiers) et dans la formulation des bétons (additions de type II, à caractère pouzzolanique ou hydraulique latent).

Le laitier de haut-fourneau est le principal matériau co-généré par la sidérurgie en termes de tonnage, avec une production d'environ 280 kg par tonne de fonte.

La production des laitiers de haut-fourneau, est concentrée dans les régions du Nord et de la Provence. En 2021, la production annuelle française était d'environ 3 millions de tonnes, réparties de la façon suivante² :

- 2,4 millions de tonnes de LHF granulé,
- 0,6 million de tonnes de LHF cristallisé.

Figure 2

Laitier de haut-fourneau granulé (vitrifié)



² - Pour plus d'information, voir aussi l'article dédié dans ce numéro en pages 36 à 41

Quelle situation pour la déclaration des impacts des laitiers de haut-fourneau ?

Depuis 2019, les laitiers de haut-fourneau faisaient l'objet d'interrogations en France car leur allocation environnementale (émissions équivalentes de CO₂) n'est pas cohérente selon les secteurs concernés (sidérurgie, liants hydrauliques), ce qui prend soudain une grande importance compte tenu de l'application de la RE 2020.

En effet, d'un côté, la sidérurgie fournissait certaines déclarations environnementales (FDES) « acier » utilisant l'expansion du système ou une répartition physique et attribuant ainsi des crédits ou des charges (importantes) aux co-produits qui se substituent à des matières premières ; de l'autre côté, la filière des liants hydrauliques a construit ses déclarations environnementales (FDES) « ciment » ou « béton » en prenant en considération seulement une partie des impacts des laitiers de haut-fourneau venant en substitution du clinker (traitement (séchage, broyage), transport).

Cette incohérence dans les règles de comptabilisation des impacts pour un même produit ne pouvait perdurer plus longtemps sans la recherche d'une solution pérenne permettant d'aligner ces règles sur la base d'éléments factuels, et une application harmonisée pour les différentes professions.

Saisine des services du Ministère de l'Ecologie (DGALN/DHUP)

Après une première alerte des vérificateurs (habilités par le programme INIES) en 2019, le programme INIES³ a souhaité disposer de l'avis de l'État début 2020 pour fixer les

règles de comptabilisation des impacts environnementaux pour les laitiers de haut-fourneau (« règle d'affectation »). Dans ce cadre, la DHUP⁴ a mis en place un groupe d'expertise (GE) composé d'experts de l'ADEME, du CEREMA, du CSTB, de l'ENPC, de l'Université Gustave Eiffel, de l'ETH Zürich et de vérificateurs habilités par le programme INIES, pour définir cette règle pour les laitiers de haut-fourneau granulés.

La DHUP a également mené en parallèle des entretiens spécifiques avec certains acteurs industriels et institutionnels pertinents dans ce domaine : Unicem, ATILH, CIMbéton, CERIB, CTICM, Ecocem, SFIC, Surchiste, Ferroglobe, Argeco et le CTPL.

L'ensemble de ces travaux a donné lieu à la rédaction d'un rapport par la DHUP, qui a ouvert une consultation des parties prenantes entre le 5 août et le 17 septembre 2021. Lors de cette version initiale du rapport, l'Administration avait proposé que l'allocation puisse être réalisée sur la différence de revenu (allocation économique) entre les valeurs économiques de l'acier et du laitier de haut-fourneau. Le CTPL a été très actif dans ce domaine, rencontrant la DHUP et fournissant une note de commentaires techniques sur la proposition de rapport afin d'affiner les hypothèses retenues sur la base des données industrielles et commerciales récupérées auprès de ses Adhérents.

Suite à la concertation menée par la DHUP, un « premier » rendu a été diffusé le 30 novembre 2021, modifiant fondamentalement la proposition du rapport initial, et définissant que l'allocation soit réalisée sur la différence de revenu (allocation économique) entre les valeurs économiques de la fonte et du laitier de haut-fourneau et ne prenant pas non plus en considération les données industrielles apportées par le CTPL.

3 - Base de données nationale de référence sur les données environnementales et sanitaires des produits et équipements de la construction. www.inies.fr

4 - DHUP : Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages

Conclusions et recommandations de la DGALN/DHUP

Après de nombreux échanges bilatéraux et plusieurs réunions avec l'Administration entre novembre 2021 et février 2022, l'intégration des données industrielles des sites français a enfin été prise en considération, et la DHUP a publié son rapport final le 25 mai 2022. Finalement, que peut-on retenir de ces recommandations, validées par le groupe d'experts ?

Quelle méthode d'allocation ?

Comme nous avons déjà pu le mentionner précédemment, les laitiers de haut-fourneau granulés étant considérés comme des produits (ou apparentés à la définition de « sous-produit » au sens de la réglementation⁵), il apparaît clairement que l'impact des laitiers de haut-fourneau granulés doit être affecté, et que la valeur est à déterminer selon un « impact de production » en tant que co-produits, telle que l'exige la norme NF EN 15804+A2⁶.



Pour la DHUP, l'utilisation de la méthode d'allocation massique ou de la méthode d'utilisation des données d'arrière-plan permettant l'expansion des frontières du système (selon les recommandations de Worldsteel⁷) pour la comptabilisation des impacts alloués aux laitiers de haut-fourneau granulés n'apparaît pas comme la solution la plus recevable. Selon l'in-

terprétation du groupe d'experts, cela ne semble pas suivre les prescriptions méthodologiques définies par la norme NF EN 15804+A2 pour les co-produits.

En effet l'utilisation de l'affectation fondée sur les propriétés physiques ne peut pas être utilisée dans le cas des laitiers de haut-fourneau granulés, étant donné l'écart significatif de revenus générés par les co-produits (le prix de vente de la fonte est largement supérieur au prix de vente du laitier de haut-fourneau).

D'un autre côté, pour les analyses en cycle de vie (ACV) des bâtiments, il est nécessaire d'avoir une cohérence entre les impacts environnementaux comptabilisés pour les produits « acier » et « béton », tous deux utilisés dans les constructions de bâtiments.

L'incohérence entre les deux filières pour la prise en compte des impacts environnementaux des laitiers de haut-fourneau granulés ne respecte pas non plus les recommandations de la norme NF EN 15804+A2, mentionnant qu'une : « *position commune sur la définition de la règle d'affectation la plus appropriée doit être déterminée conjointement avec les autres secteurs pertinents* ». Ceci est d'autant plus vrai que, dès le début des réflexions, l'Administration s'est déclarée assez défavorable à une allocation des impacts portant totalement sur l'acier.

Il a donc été recommandé que la **méthode d'affectation économique** soit retenue comme méthode de référence commune pour les laitiers de haut-fourneau granulés. Elle doit être basée sur les revenus respectifs et des prix fiables pour la fonte et le laitier de haut-fourneau granulé, car la production des laitiers de haut-fourneau granulés a lieu lors de la production de la fonte, au niveau du haut-fourneau.

5 - « Sous-produit », au sens de l'article L. 541-4-2 du Code de l'Environnement

6 - NF EN 15804 + A2 (octobre 2019) - Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction

7 - <https://worldsteel.org/steel-topics/life-cycle-thinking/about-lca-lci/>

Quelles données d'entrée pour le calcul de l'allocation ?

Malgré de nombreuses discussions avec l'Administration sur ce point particulier, la DHUP a souhaité maintenir sa recommandation sur une allocation économique basée sur la différence de revenus entre la fonte et le laitier de haut-fourneau granulés, nécessitant par conséquent de disposer du **prix pour la fonte**. Cela a constitué une problématique particulière car il n'existe pas en France ou en Europe de prix de vente publics de fonte sidérurgique, telle qu'elle peut être produite au niveau des hauts-fourneaux générant les laitiers granulés. En effet, toutes les installations industrielles de ce type ne sont pas faites pour mettre sur le marché de la fonte, mais bien de l'acier transformé à partir de cette fonte sidérurgique. Les très rares installations existantes en Europe (ex. Saint-Gobain Pont-à-Mousson) produisant et commercialisant de la fonte sidérurgique ne génèrent pas de laitiers de haut-fourneau granulés, mais des laitiers de haut-fourneau cristallisés, qui n'ont pas du tout les mêmes propriétés, qui ne sont pas utilisés dans l'industrie des liants hydrauliques et par conséquent ne rentrent pas dans les dispositions constructives de bâtiments.

Aussi, faute de données publiques existantes, il a été convenu d'estimer les coûts industriels associés à la production de la fonte produite par les sites sidérurgiques intégrés basés sur le territoire français, en se basant sur les coûts commerciaux de vente de l'acier (bobine laminée à chaud pris comme référence). Réaliser cette estimation n'a pas été un exercice facile, requérant de réunir des données financières confidentielles sur le fonctionnement des sites industriels. Ceci est d'autant plus discutable que le seul produit mis sur le marché par ces sites est l'acier et qu'il existe des prix publics régulièrement mis à jour et aisément consultables par tout un chacun de manière transparente (Metal Bulletin⁸, ...).

Quoi qu'il en soit, après extraction des données industrielles, une estimation du coût de production commercialisé a pu être réalisée pour la période 2017-2021, afin d'augmenter la représentativité de la période considérée et de lisser les variations cycliques de l'industrie sidérurgique. Cette estimation pour la France est de 410 euros par tonne de fonte.

Pour évaluer le revenu généré par les laitiers de haut-fourneau granulés, une estimation du **prix de vente des laitiers** a été approchée. Pour ce point, la difficulté réside essentiellement à disposer réellement du prix de vente des laitiers de haut-fourneau à la sortie de l'installation sidérurgique et à bien faire la distinction avec des produits plus élaborés, car plus transformés en aval de la filière industrielle. En effet, un amalgame peut être fait entre le prix des laitiers de haut-fourneau granulés et le prix attribué à des laitiers qui ont déjà été séchés et broyés (comme Ecocem peut en commercialiser, voir article en page 30), voire même à des produits comme les ciments au laitier (CEM III) qui peuvent contenir jusqu'à plus de 85% de laitiers, et qui sont parfois assimilés à des ventes de laitiers de haut-fourneau granulés.

Ainsi, pour cette estimation des prix de vente du laitier de haut-fourneau granulé généré par les installations sidérurgiques, le CTPL a recueilli les données de ses Adhérents et s'est également basé sur les données existantes pour les laitiers de haut-fourneau granulés dans la base de données de l'United Nations Comtrade⁹, qui répertorie les flux et prix de produits exportés au niveau des douanes. Cette évaluation a conduit à l'échelle du territoire français à un prix moyen de 20 euros par tonne de laitier sur la période 2017-2021.

Les autres données nécessaires au calcul de l'allocation CO₂ des laitiers sont issues de la base de données Ecoinvent¹⁰ dans la version 2021 (V3.8), pour considérer que l'impact de la production d'une tonne de fonte est de : 1623 kg CO₂ éq. / t de fonte (IPCC 2007 - GWP100a).

8 - <https://xml.metalbulletin.com/>

9 - <https://comtrade.un.org/>

10 - <https://ecoinvent.org/>

Cette même base de données fournit également une indication pour considérer que la production d'une tonne de fonte génère 0,275 tonne de laitiers de haut-fourneau.

Résultats et recommandations de la DHUP

Compte tenu de l'ensemble des hypothèses retenues et des données précédentes, il est ainsi possible de calculer l'allocation économique pour les laitiers de haut-fourneau granulés, selon la formule suivante :

$$\frac{\text{Valeur économique d'une tonne de LHF} \times \text{production de LHF pour une tonne de fonte}}{\text{Valeur économique de 0,275 tonne de LHF}}$$

Soit :

$$\frac{\text{Valeur économique de 0,275 tonne de LHF}}{\text{Valeur économique d'une tonne de fonte} + \text{Valeur économique de 0,275 tonne de LHF}}$$

Ce qui donne :

$$\frac{(20 \text{ €/t}) \times (0,275 \text{ tonne})}{(410 \text{ €/t}) + (20 \text{ €/t}) \times (0,275 \text{ tonne})} = 1,32\%$$

À la suite de cette évaluation, l'Administration a proposé d'arrondir au dixième supérieur et de retenir une allocation économique pour les laitiers de haut-fourneau granulés de 1,4 %. La conséquence immédiate de cette proposition est également que l'allocation économique de la fonte soit la réciproque de l'allocation économique des laitiers de haut-fourneau, c'est-à-dire que 98,6 % des impacts soient alloués à la fonte.

En reprenant l'hypothèse que l'impact moyen d'une tonne de fonte est de 1623 kg CO₂ éq. / t de fonte, l'impact du laitier de haut-fourneau granulé serait donc de 83 kg CO₂ éq. / t de laitier de haut-fourneau (ou encore 0,083 kg CO₂ éq. / kg de laitier de haut-fourneau). Ceci permet également de calculer que l'impact de la fonte dans ce cas de figure serait alors d'environ 1600 kg CO₂ éq. / t de fonte.

Conséquences et perspectives liées à ces nouvelles recommandations

A la suite de la publication des recommandations rendues au mois de mai 2022 par l'Administration, le Programme INIES (dédié à la certification et à la publication des FDES des produits de construction) a validé en juin les recommandations de la DHUP. Le programme INIES a ainsi demandé à l'ensemble des producteurs que toutes les données (ICV, déclarations environnementales, configurateurs, ...) utilisant ou générant des laitiers de haut-fourneau granulés soient mises à jour d'ici le 30 septembre 2022 afin de prendre en considération ces nouvelles règles de comptabilisation des impacts.



Ceci est particulièrement important et obligatoire pour les données qui seraient modifiées de plus de 10 %, conformément aux prescriptions de la norme NF EN 15804+A2. Pour les données qui sont modifiées de moins de 10 %, la révision peut éventuellement patienter jusqu'à la prochaine mise à jour obligatoire des données. Au-delà de cette date, toutes les données précitées non mises à jour devront être archivées.

Néanmoins il faut relativiser cet impératif et cette date butoir imposée par l'Administration. En effet, la mise à jour et encore plus la création de nouvelles FDES conformes à ces nouvelles recommandations, mais qui intègrent également les nouvelles prescriptions révisées de la version de la norme NF EN 15804+A2 de 2019 constituent un travail important pour les industriels, qui une fois que l'ensemble des données ont été réunies et consolidées, leur permettent d'établir les FDES, mais sont soumises à des délais incompressibles de vérification et de validation par les experts du programme INIES qui peuvent durer quelques mois. Aussi, cette mise à jour devrait encore s'étaler au cours du premier trimestre 2023.

Une des autres perspectives ouvertes par la publication de ces recommandations dédiées aux laitiers de haut-fourneau granulés est également l'opportunité pour l'Administration de pouvoir élargir ces réflexions méthodologiques à la comptabilisation des impacts environnementaux des autres types de co-produits industriels, qui interviennent aussi dans la formulation des ciments (cendres volantes, fumées de silice, ...). Ceci permettrait une harmonisation et une transparence des pratiques dans ce domaine et une intégration des données cohérente pour juger de la comparaison de différentes dispositions constructives pour les nouveaux bâtiments.

Conclusions

La réalisation de ces travaux, et les éclaircissements apportés par les recommandations du rapport rendu par l'Administration et le groupe d'experts constituent un pas important dans la résolution de l'imbricatio et des incohérences dans les FDES existantes. Cette remise à plat permettra une comptabilisation des impacts cohérente tout au long de la vie du laitier de haut-fourneau granulé, depuis sa production au niveau des sites sidérurgiques, jusqu'à son utilisation dans les filières industrielles avalées (liants hydrauliques).

Cette approche constitue également à notre connaissance une première pour un pays européen, et apporte une clarification essentielle dans les règles de comptabilisation des impacts des laitiers de haut-fourneau granulés. En effet, de nombreux autres pays restent dans l'incertitude et souvent dans une situation d'incohérence des déclarations entre ce qui est réalisé par l'industrie sidérurgique d'un côté, et ce qui est réalisé par l'industrie des liants hydrauliques de l'autre ... tout comme l'était la France en 2019 ! Ceci permettra donc éventuellement de servir de modèle à d'autres pays européens pour franchir le pas, et potentiellement d'assurer une harmonisation progressive des pratiques.

Enfin, ces travaux doivent également nous permettre d'engager la réflexion pour définir l'approche et les règles à retenir pour les autres typologies de laitiers sidérurgiques et de concourir à une harmonisation des règles pour l'ensemble des matériaux utilisés dans une même filière, afin d'éviter une potentielle distorsion de concurrence lors de la mise sur le marché des différents co-produits industriels.

Empreinte environnementale des laitiers granulés : **le vrai du faux**



La Réglementation Environnementale 2020, en date du 1^{er} janvier 2022, établit des exigences relatives notamment à l'impact carbone du bâtiment sur son cycle de vie dès sa construction. Ces exigences s'appliquent, de fait, à tout matériau utilisé dans la construction et donc , en particulier au laitier de haut-fourneau granulé qui entre dans la composition de certains bétons.

En tant que premier producteur européen, aussi bien d'acier que de laitier granulé, ArcelorMittal se devait d'être un des premiers sidérurgistes à établir une Déclaration Environnementale Produit (DEP) pour le laitier de haut-fourneau granulé.

ArcelorMittal est entièrement engagé dans la démarche de décarbonation visant à réduire ses émissions de CO₂ de 35% d'ici 2030 et à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Ainsi, les hauts-fourneaux et aciéries encore en activité dans les prochaines années seront les plus efficaces possibles et produiront de l'acier, et des laitiers, avec des empreintes environnementales encore plus basses.

Introduction

En 2016, grâce aux efforts conjoints du CTPL et d'ArcelorMittal, le laitier granulé de haut-fourneau a finalement pu abandonner son ancien statut de déchet en France. Nous étions le dernier pays en Europe à encore considérer ainsi ce remarquable constituant pour la production de béton et de ciment, reconnu par les normes et recommandé pour nombre d'applications à haute valeur ajoutée.

Compte tenu de ce consensus européen sur le statut du laitier granulé, l'étape suivante naturelle était son inscription dans la démarche d'analyse de cycle de vie (ACV) et de l'empreinte carbone, comme cela est exigé pour tout matériau utilisé dans la construction.

Au cours des dernières années, le public et les clients de la sidérurgie, aussi bien du point de vue laitier que du point de vue acier, ont clairement marqué leur exigence d'une position claire et de chiffres de référence quant à l'empreinte environnementale. A partir d'une question ancienne, nous avons pu voir la multiplicité des travaux, des méthodologies, des positions philosophiques ou commerciales, et ce de la part de tous les acteurs de la chaîne de valeur, des producteurs aux utilisateurs finaux, en passant par les ONGs, les associations professionnelles et les Administrations. L'ensemble a créé un flou, qui ne peut plus être accepté dans une période où l'empreinte environnementale devient un élément décisif sur le choix des matériaux, en France comme en Europe.

ArcelorMittal, en tant que premier producteur européen aussi bien d'acier que de laitier granulé, se doit d'être à la tête de l'action de clarification. Nous avons donc travaillé au cours de ces deux dernières années à l'harmonisation de ces règles d'ACV, à l'application des textes normatifs sur des

flux d'ordinaire peu étudiés, aux applications numériques sur une base européenne. Ce travail a abouti à la rédaction et à la validation en avril 2022 par une entité indépendante de la première Déclaration Environnementale Produit (DEP) pour le laitier granulé d'un groupe sidérurgique européen.

La position d'ArcelorMittal

La législation

Tout d'abord, il convient de mentionner les règles de références qui gouvernent au niveau environnemental les activités industrielles en général et la construction en particulier.

- Le traité sur le Fonctionnement de l'Union Européenne (UE) acte le principe de pollueur/payeur. Par ailleurs, un producteur ne peut transférer à un tiers la charge environnementale de ses activités. Ce principe est un point structurant du marché européen du carbone (ETS). Par conséquent, un producteur d'acier est responsable en totalité de ses émissions carbone et ce quelle que soit l'empreinte carbone définie sur les produits, coproduits et déchets. Aucune fuite de carbone n'est possible de ce point de vue.
- Le plan d'action de l'UE sur l'économie circulaire et les recommandations de l'UE sur l'efficacité énergétique des bâtiments visent à terme l'utilisation minimum des matières premières vierges et la priorisation des matières premières secondaires.
- Enfin, les normes internationales et européennes ISO 14025, EN 15804 et EN 16908 définissent les méthodologies disponibles pour établir les DEPs qui doivent aider aux décisions soutenant l'économie circulaire.

Ces normes ont des chapitres concernant l’allocation de la charge environnementale entre produits et coproduits, proposant plusieurs méthodologies différentes, à appliquer selon le contexte.

La considération des
coproduits en analyse de
cycle de vie

Les trois méthodes généralement utilisées pour gérer les systèmes multiproduits sont l’évitement de l’allocation par expansion du système, la répartition physique, et l’allocation économique.

• **L’expansion du système** est la méthode choisie par l’association Worldsteel pour ses ACV¹ et a donc servi jusqu’à récemment pour l’établissement des DEPs des produits acier. Son principe consiste à « étendre » les frontières du système étudié (la production de l’acier) aux utilisateurs de ses coproduits (comme par exemple l’usine utilisatrice des laitiers, en l’occurrence la cimenterie). En considérant ce système étendu comme une seule entité et en combinant les flux de ces usines à iso-volume de production totale, on en conclut que l’emploi du laitier granulé évite la production de clinker correspondante, d’où un gain pouvant être reporté sur l’empreinte environnementale de l’acier.

Cependant cette méthode ne peut plus être considérée comme pertinente dans le contexte actuel. D’une part, elle a été établie dans l’hypothèse d’une augmentation

de la production de ciment essentiellement à partir de l’augmentation de la production de clinker. Or, tous les cimentiers européens sans exception ont accepté qu’il ne sera plus possible d’augmenter cette production de clinker, bien au contraire, travaillent à la diminution de ce composant dans les ciments. D’autre part, il est clairement avéré que les industries cimentières et sidérurgiques sont décorrélées au niveau des volumes de production et qu’il est impossible de fixer un ratio de remplacement tonne pour tonne à un niveau global.

• L’essentiel des débats récents s’est donc porté entre la méthode de répartition physique et l’allocation économique, qui suivent deux concepts différents. La **répartition physique** est basée sur la thermodynamique des procédés afin d’identifier les énergies et les matières premières qui ont constitué une substance donnée et l’empreinte environnementale qui en découle². **L’allocation économique** vise à établir la quantité de revenu généré par chaque substance, sur la base d’éléments objectifs et de les comparer afin de déterminer laquelle de ces substances a « motivé » la dépense d’énergie et de matière première et y attribuer l’empreinte environnementale correspondante.

Dans le cas du laitier granulé, ces deux méthodes de calcul donnent des résultats radicalement différents, comme montrés dans le tableau 1 (ordres de grandeurs issus de la littérature, à titre uniquement d’illustration, ratio laitier / acier 24% en masse). Il apparait que le choix de l’allocation a un impact limité sur l’acier. L’impact sur le laitier granulé est extrêmement important.

Tableau 1
Comparatif des résultats obtenus
selon les méthodes de calcul par allocation
économique et répartition physique

		Est.kg CO ₂ /t	
Pas d’allocation	Laitier liquide	0	
	Acier	2 300	
Allocation économique	Laitier granulé	75	
	Acier	2 281	vs. Allo. éco
Répartition physique	Laitier liquide	550	+633%
	Acier	2 169	-5%

1 - Life Cycle Inventory methodology report 2017
2 - The Carbon Cost of Slag Production in the Blast Furnace: A Scientific Approach

Pour comprendre l'enjeu dans son intégralité pour le laitier granulé, il est nécessaire de comparer ces chiffres à ceux des autres matériaux de construction que le laitier remplace typiquement (ordres de grandeurs issus de la littérature, à titre uniquement d'illustration) (cf tableau 2).

En se focalisant uniquement sur l'empreinte CO₂, on pourrait être amené à favoriser l'exploitation des carrières de calcaire, de pouzzolanes ou d'argile, plutôt que d'utiliser le laitier granulé, ce qui serait en contradiction avec les objectifs de l'économie circulaire. Cette étude de cas démontre le besoin d'étudier toutes les conséquences des choix de la méthode d'allocation avant de fixer une position.

C'est ainsi que dans le cas des laitiers granulés, le groupe ArcelorMittal Europe s'est officiellement positionné pour l'utilisation de l'allocation économique. L'étape suivante est donc de calculer l'empreinte environnementale correspondante sur la base de données factuelles et en accord avec les définitions normatives, notamment celles de l'EN 15804.

Les définitions, les solutions et l'application du calcul

Extrait de l'EN 15804 sur les allocations

Les règles d'allocation décrites dans la norme confirment la pertinence de l'allocation économique, mais afin d'être proprement reconstruite, elle doit se faire sur la base de données publiques, pertinentes et précises.

ArcelorMittal Europe dispose d'un service dédié pour l'établissement des DEPs, au sein de son entité Global R&D. Ce service, basé à Maizières-lès-Metz, utilise les informations techniques et environnementales collectées auprès des usines européennes d'Arcelor-

CONSTITUANT	Empreinte CO ₂ kg par tonne
Clinker (moyenne Europe)	850
Clinker (benchmark)	766
Clinker (combustibles alternatifs/bas CO ₂)	280-450
Filler calcaire	30-50
Cendres volantes (déchet)	0
Pouzzolanes naturelles	10-30
Argiles calcinées	250-350
Argiles calcinées (combustibles alternatifs/bas CO ₂)	50-100

Tableau 2

Empreinte CO₂ des différents matériaux de construction auxquels le laitier peut se substituer

Mittal et prépare des DEPs harmonisées pour tous les marchés alimentés par ArcelorMittal Europe.

Les éléments devant intervenir dans le calcul de la DEP laitier granulé sont essentiellement :

- L'empreinte environnementale totale de la production d'acier,
- Le rapport de masse entre acier et laitier granulé,
- Les prix de l'acier,
- Les prix du laitier granulé.

Ces éléments doivent être aussi considérés sur une période de temps raisonnable, afin que les résultats pour la DEP ne soient pas déformés par la volatilité de certains prix.

Concernant la production d'acier, ArcelorMittal Europe dispose de toutes les informations nécessaires, étant déjà utilisées dans les DEPs existantes ayant été validées et publiées. Toutefois, il convient de fixer le périmètre de production concerné, de sorte qu'il soit en accord avec les prix utilisés. Pour ArcelorMittal ce périmètre va des matières premières à la fabrication de la bobine laminée à chaud (Hot rolled coil - HRC). Il est confirmé par les données d'EUROFER que la grande

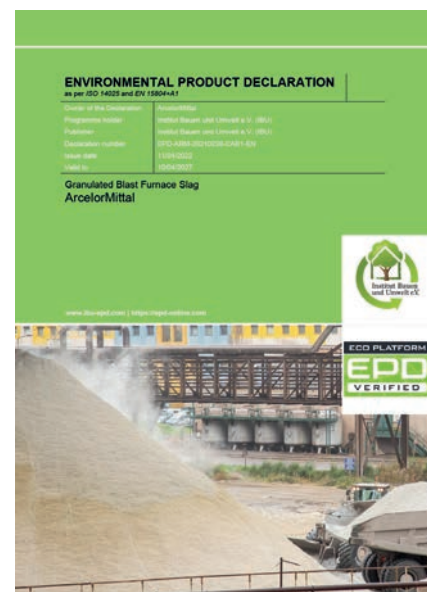
majorité de la production européenne d'acier primaire est intégrée. Sur les 21 complexes sidérurgiques avec haut-fourneaux existant en Europe, 20 sont directement associés à des aciéries³. Les flux des produits intermédiaires comme la fonte en lingots ou les brames, représentent des volumes limités du marché.

Concernant le rapport de masse entre acier et laitier granulé, la bibliographie technique est abondante et il sera facile pour les certificateurs de confirmer que les éléments fournis sont en cohérence, tenant compte de la qualité des minerais et des taux de granulation.

Concernant les prix de marché de l'acier, les références publiques sont nombreuses. Les indices privilégiés pour ce qui concerne la bobine à chaud sont proposés par le Metal Bulletin et le Platts Steel Business⁴ qui présentent les prix de marché HRC dans le nord et le sud de l'Europe.

Concernant les prix de marché du laitier granulé, les principales références publiques sont celles du commerce international. Le laitier granulé est devenu depuis plusieurs années, notamment car il n'est plus un déchet, une commodité largement commercée au niveau intra et extra européen. Il est donc possible d'identifier les prix sur les marchés européens à partir des données de douanes, le laitier granulé répondant au code de nomenclature international 2618000. Sur la période 2017-2020, près de 15 millions de tonnes de laitier granulé ont circulé entre les pays de l'UE, et 6 millions de tonnes ont été exportées hors de l'UE, ce qui constitue un volume largement suffisant pour être représentatif. La production annuelle de laitier granulé en Europe est estimée à environ 20 millions de tonnes.

Sur la base de ces données, ArcelorMittal a pu réaliser l'estimation de son empreinte environnementale concernant le laitier granulé selon l'allocation économique. Ces résultats ont été communiqués à l'organisme indépendant IBU⁵, qui a vérifié et validé la DEP. Cette validation se présente sous la forme d'une publication sur leur site de la DEP correspondante en avril 2022⁶.



Extrait de la DEF

En particulier sur le CO₂, l'empreinte calculée est de 83 kg CO₂-eq/t de laitier granulé humide. Ce calcul est valable pour les 5 prochaines années.

3 - European Steel in Figures 2021, eurofer.eu

4 - <https://www.metalbulletin.com/>, <https://www.steelbb.com/>

5 - Institut Bauen und Umwelt e. V. (IBU)

6 - <https://epd-online.com/PublishedEpd/Download/14785>

Conclusion

En partant de l'application des textes et directives européennes sur l'environnement et l'économie circulaire, ArcelorMittal Europe a étudié les enjeux et les conséquences des différentes possibilités d'affectation des impacts environnementaux entre produit principal et coproduit. La conclusion en a été que l'allocation économique est la méthode appropriée, utilisant la description faite par l'EN 15804. En effet :

- Le laitier granulé (et au sens large tous les laitiers sidérurgiques) est inhérent au processus de production de l'acier. Bien qu'il soit techniquement possible d'attribuer des énergies spécifiquement liées à la formation des laitiers, cette énergie est dépensée dans le seul et unique but de produire de l'acier.
- Le laitier granulé (et au sens large tous les laitiers sidérurgiques) se substitue essentiellement à des matériaux naturels et manufacturés. Un calcul basé sur une répartition physique conclut à une pénalisation du laitier et donc à son absence d'attrait comme substitut, ce qui est en contradiction avec les principes de l'économie circulaire.

La difficulté principale de l'application de l'EN 15804, un prix visible du laitier granulé, a pu être résolue. Depuis plusieurs années, avec la contribution du CTPL, le laitier granulé est devenu une commodité échangée sur le marché européen et international. Les données publiques sont donc devenues suffisantes pour des estimations indépendantes du prix du laitier granulé.

Grâce à la robustesse de ses données techniques internes, ArcelorMittal a pu mettre au point une estimation européenne de l'empreinte carbone des laitiers granulés, qui a été certifiée par un organisme indépendant. Son principal résultat est une empreinte carbone estimée à 83 kg CO₂-eq/t laitier granulé, pour le contexte de 2022.

Ce calcul doit vivre et être actualisé en fonction des facteurs techniques et économiques utilisés. Il est quasiment impossible de savoir comment s'orienteront les éléments économiques dans le contexte actuel. Par contre, ArcelorMittal est entièrement engagé dans la démarche de décarbonation visant à réduire ses émissions de CO₂ de 35% d'ici 2030, et la neutralité carbone d'ici 2050. Ce qui veut dire que les haut-fourneaux et aciéries qui seront encore en activité seront les plus efficaces possibles, et produiront de l'acier, et des laitiers, avec des empreintes environnementales encore plus basses.

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

as per ISO 14025 and EN 15804+A1

Owner of the Declaration	ArcelorMittal
Programme holder	Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Publisher	Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Declaration number	EPD-ARM-20210238-CAB1-EN
Issue date	11/04/2022
Valid to	10/04/2027

Granulated Blast Furnace Slag
ArcelorMittal

www.ibu-epd.com | <https://epd-online.com>



General Information

ArcelorMittal Programme holder IBU – Institut Bauen und Umwelt e.V. Panoramastr. 1 10178 Berlin Germany Declaration number EPD-ARM-20210238-CAB1-EN This declaration is based on the product category rules: Cement, 11.2017 (PCR checked and approved by the SVR) Issue date 11/04/2022 Valid to 10/04/2027  Dipl. Ing. Hans Peters (chairman of Institut Bauen und Umwelt e.V.)  Dr. Alexander Röder (Managing Director Institut Bauen und Umwelt e.V.)	Granulated Blast Furnace Slag Owner of the declaration ArcelorMittal - By-Products Sales 24-26 Boulevard d'Avranches L-1160 Luxembourg Luxembourg Declared product / declared unit The declaration applies to 1 metric ton of granulated blast furnace slag. Scope: The Life Cycle Assessment is based on data collected from the ArcelorMittal integrated plants producing blast furnace slag as a co-product of the steel manufacturing process, representing 100 % of the annual production from 2019. The owner of the declaration shall be liable for the underlying information and evidence; the IBU shall not be liable with respect to manufacturer information, life cycle assessment data and evidences. The EPD was created according to the specifications of <i>EN 15804+A1</i>. In the following, the standard will be simplified as <i>EN 15804</i>. Verification The standard <i>EN 15804</i> serves as the core PCR Independent verification of the declaration and data according to <i>ISO 14025:2010</i> ☐ internally ☒ externally  Dr Naeem Adilbi (Independent verifier)
---	---

Product

Product description/Product definition

This EPD refers to 1 metric ton of Granulated Blast Furnace Slag.

Granulated Blast Furnace Slag (GBFS) is a by-product from the steel industry. In a blast furnace, iron contained raw materials is separated from the other minerals. These minerals are evacuated in the molten phase-out of the furnace, through a runner, into a granulator. The granulator is quenching the molten stream using water.

GBFS is a sand-like material consisting mainly by CaO, SiO₂, Al₂O₃ and MgO, combined in a vitreous structure thanks to the granulation. It is sold in this state by ArcelorMittal. The GBFS purchaser/user is finely grinding the material, either separately, or combined with other materials such as clinker.

GBFS after grinding is a latent hydraulic binder used as a cement and concrete additive.

The use and application of GBFS and ground GBFS is driven by cement and concrete standardization. *EN 197-1* describes GBFS characteristics mandatory to

produce CEM II, CEM III and CEM V, as well as allowed mixed compositions. *EN 15167-1* describes ground GBFS characteristics mandatory to be used in concrete. *EN 206* describes concrete allowed mix compositions with ground GBFS.

For the use and application of the product, the respective national provisions at the place of use apply.

Application

GBFS is used as an additive to cement and concrete, after being finely ground by the GBFS purchaser/user.

Technical Data

GBFS minimum technical specifications have to answer the criteria listed in *EN 197-1*:

- CaO+SiO₂+MgO > 66 %
- (CaO+MgO)/SiO₂ > 1
- Glass ratio > 66 %

For the use and application of the product, the respective national provisions at the place of use apply.

Base materials/Ancillary materials

GBFS is a combination of minerals mostly consisting of CaO, SiO₂, Al₂O₃ and MgO, combined in a vitreous structure.

GBFS is registered in REACH under the following references:

- EINECS N° 266-002-0
- CAS name : Slags, ferrous metal, blast furnace
- CAS N° 65996-69-2

No substances listed on the "Candidate List of Substances of Very High Concern for Authorisation" by the European Chemicals Agency EC 1907-2006 are contained in the GBFS in declarable quantities.

This product contains substances listed in the candidate list (date: 08.07.2021) exceeding 0.1 percentage by mass: no

Reference service life

A reference service life for Granulated Blast Furnace Slag is not declared. These are semi-finished products to be used in construction products with many different applications purposes. The lifetime therefore will be determined by the final usage.

LCA: Calculation rules

Declared Unit

The declaration refers to the functional unit of 1 metric ton of Granulated Blast Furnace Slag as specified in Part B requirements on the EPD for cement.

The Life Cycle Assessment is based on data collected from the following ArcelorMittal plants:

- Aviles-Gijon (Spain)
- Bremen (Germany)
- Dabrowa (Poland)
- Dunkirk (France)
- Eisenhüttenstadt (Germany)
- Fos-sur-Mer (France)
- Gent (Belgium)

The final results reflect the weighted average per production volume of European ArcelorMittal blast furnace plants. When comparing the LCA results average against specific LCA results from the sites included in this study, variance is within the expected range. For GWP, the variance was within an 8 % range.

The background data are taken from *GaBi ts* Documentation.

Declared unit

Name	Value	Unit
Declared unit	1	t
Conversion factor to 1 kg	0.001	-

System boundary

Type of the EPD: cradle-to-gate. Module A1-A3 were considered.

Modules A1-A3 of the structural steel production include the following:

- The provision of resources, additives, and energy
- Transport of resources and additives to the production site
- Production processes on-site including energy, production of additives, disposal of production residues, and consideration of related emissions
- Granulation process of slag leaving the blast furnace.

Allocation

An economical allocation was applied for the GBFS taking into account 5 years of market values of Hot Rolled Coil and GBFS.

Other materials and chemicals used were modelled using the allocation rule most suitable for the respective product. For further information on a specific product see *Gabi Documentation* and *Worldsteel Association Methodology Report*.

Comparability

Basically, a comparison or an evaluation of EPD data is only possible if all the data sets to be compared were created according to *EN 15804* and the building context, respectively the product-specific characteristics of performance, are taken into account.

GaBi ts Software version 10.0.1.92 was used with GaBi Database 2021.1 to calculate this EPD.

LCA: Scenarios and additional technical information

Since the GBFS are further processed and used by the cement industry, no scenarios were used behind the gate of production plants.

LCA: Results

DESCRIPTION OF THE SYSTEM BOUNDARY (X = INCLUDED IN LCA; MND = MODULE NOT DECLARED; MNR = MODULE NOT RELEVANT)

PRODUCT STAGE			CONSTRUCTION PROCESS STAGE		USE STAGE							END OF LIFE STAGE				BENEFITS AND LOADS BEYOND THE SYSTEM BOUNDARIES
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	MND	MND	MND	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND

RESULTS OF THE LCA - ENVIRONMENTAL IMPACT according to EN 15804+A1: 1 metric ton of Granulated Blast Furnace Slag

Parameter	Unit	A1-A3
Global warming potential	[kg CO ₂ -Eq.]	8.28E+1
Depletion potential of the stratospheric ozone layer	[kg CFC11-Eq.]	2.90E-13
Acidification potential of land and water	[kg SO ₂ -Eq.]	1.40E-1
Eutrophication potential	[kg (PO ₄) ³ -Eq.]	1.43E-2
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants	[kg ethene-Eq.]	3.48E-2
Abiotic depletion potential for non-fossil resources	[kg Sb-Eq.]	8.45E-6
Abiotic depletion potential for fossil resources	[MJ]	6.42E+2

RESULTS OF THE LCA - INDICATORS TO DESCRIBE RESOURCE USE according to EN 15804+A1: 1 metric ton of Granulated Blast Furnace Slag

Parameter	Unit	A1-A3
Renewable primary energy as energy carrier	[MJ]	8.01E+1
Renewable primary energy resources as material utilization	[MJ]	0.00E+0
Total use of renewable primary energy resources	[MJ]	8.01E+1
Non-renewable primary energy as energy carrier	[MJ]	7.42E+2
Non-renewable primary energy as material utilization	[MJ]	0.00E+0
Total use of non-renewable primary energy resources	[MJ]	7.42E+2
Use of secondary material	[kg]	0.00E+0
Use of renewable secondary fuels	[MJ]	0.00E+0
Use of non-renewable secondary fuels	[MJ]	0.00E+0
Use of net fresh water	[m ³]	1.13E+0

RESULTS OF THE LCA – WASTE CATEGORIES AND OUTPUT FLOWS according to EN 15804+A1: 1 metric ton of Granulated Blast Furnace Slag

Parameter	Unit	A1-A3
Hazardous waste disposed	[kg]	1.74E-7
Non-hazardous waste disposed	[kg]	4.55E-1
Radioactive waste disposed	[kg]	3.57E-2
Components for re-use	[kg]	0.00E+0
Materials for recycling	[kg]	0.00E+0
Materials for energy recovery	[kg]	0.00E+0
Exported electrical energy	[MJ]	0.00E+0
Exported thermal energy	[MJ]	0.00E+0

References

EN 197-1

EN 197-1:2011, Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements.

EN 206

EN 206:2013+A2:2021, Concrete - Specification, performance, production and conformity.

EN 15167-1

EN 15167-1:2006, Ground granulated blast furnace slag for use in concrete, mortar and grout - Part 1: Definitions, specifications and conformity criteria.

EN 15804

EN 15804+A1:2013, Sustainability of construction works — Environmental Product Declarations — Core rules for the product category of construction products.

PCR Part A

PCR - Part A: Calculation Rules for the Life Cycle Assessment and Requirements on the Project Report, Institut Bauen und Umwelt e.V., www.ibu-epd.com, 2021.

PCR Part B

Requirements on the EPD for Structural steels - Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin (pub.): From the range of Environmental Product Declarations of Institute Construction and Environment e.V. (IBU), 2017.

Candidate List of Substances of Very High Concern for Authorisation

Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)
<https://echa.europa.eu/candidate-list-table>

CAS

Common Chemistry. CAS, a division of the American Chemical Society, n.d.
https://commonchemistry.cas.org/detail?cas_rn=65996-69-2 (retrieved 2022-04-08) (CAS RN: 65996-69-2)

EINECS

European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances. *Download at November February* (2021).

GaBi ts Software

GaBi ts Software and Databases for Life Cycle Engineering. LBP, University of Stuttgart und PE International, 2013.

GaBi ts Documentation

GaBi ts Documentation of the GaBi datasets for Life Cycle Engineering. LBP, University of Stuttgart und PE International, 2011.
<http://documentation.gabi-software.com>

IBU 2021

General Instructions for the EPD programme of Institut Bauen und Umwelt e.V. Version 2.0, Berlin: Institut Bauen und Umwelt e.V., 2021.
www.ibuepd.com

Worldsteel Association Methodology Report

Life cycle inventory methodology report for steel products.

© World Steel Association 2017.
<https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Life-cycle-inventory-methodology-report.pdf>.



Publisher
Institut Bauen und Umwelt e.V.
Panoramastr. 1
10178 Berlin
Germany

Tel +49 (0)30 3087748- 0
Fax +49 (0)30 3087748- 29
Mail info@ibu-epd.com
Web www.ibu-epd.com



Programme holder
Institut Bauen und Umwelt e.V.
Panoramastr 1
10178 Berlin
Germany

Tel +49 (0)30 - 3087748- 0
Fax +49 (0)30 - 3087748 - 29
Mail info@ibu-epd.com
Web www.ibu-epd.com



**Author of the Life Cycle
Assessment**
ArcelorMittal
Boulevard d'Avranches 24-26
L-1160 Luxembourg
Luxembourg

Tel +352 47923377
Fax -
Mail gilles.franceschini@arcelormittal.com
com
Web www.arcelormittal.com



Owner of the Declaration
ArcelorMittal
Boulevard d'Avranches 24-26
L-1160 Luxembourg
Luxembourg

Tel +352 47923377
Fax -
Mail gilles.franceschini@arcelormittal.com
com
Web www.arcelormittal.com

Empreinte environnementale des LHF granulés moulus : **ce qui change**



ECOCEM France est né en 2007 de la volonté conjointe des sociétés ECOCEM Ltd. et ArcelorMittal d'optimiser l'exploitation des performances du laitier granulé de haut-fourneau, et d'améliorer sa valorisation dans différentes filières.

Deux sites de production existent en France : un situé à Fos-sur-Mer (13), dont la production a débuté en 2009 ; le second situé à Dunkerque (59), dont la production a démarré en 2018. Avec ces deux sites en fonctionnement depuis plusieurs années, ECOCEM France dispose maintenant d'une capacité annuelle de production de 1,5 Mt de laitier moulu et de ciments mélangés.

Aujourd'hui, les produits fabriqués par ECOCEM France sont prescrits par les principaux experts du BTP : par de nombreux industriels du béton, par des maîtres d'œuvre, des architectes et par de grands bureaux d'étude pour leurs qualités techniques uniques. On peut citer leur résistance aux sulfates, à l'eau de mer et leurs excellentes qualités environnementales permettant de postuler à des labels environnementaux bas carbone.

Jean-Christophe TRASSARD - Directeur Marketing de l'innovation durable - ECOCEM Group
Diane ACHARD - Responsable développements industrialisation et application - ECOCEM France
Marion GUIBERT - Coordinatrice QHSE et chef de projet - ECOCEM France

EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE

Déclaration environnementale pour les laitiers de haut-fourneau granulés moulus : conséquences et évolutions attendues pour ECOCEM France

Contexte général

La production du ciment est responsable de 7% des émissions de gaz à effet de serre dans le monde. C'est principalement le mode de production du clinker¹ qui est responsable de cette empreinte carbone très importante du ciment.

Ainsi, il apparaît indispensable et urgent pour la profession de révolutionner les règles et les techniques de production et de formulations pour la production du béton, en particulier en remplaçant progressivement le clinker par d'autres composés bas carbone et performants. Parmi eux le laitier de haut-fourneau granulé (moulu) apparaît comme une des meilleures options techniques et environnementales du marché, éprouvée depuis de nombreuses années.

Le laitier de haut-fourneau est un produit issu de l'économie circulaire, qui évite non seulement l'émission de gaz à effet de serre (GES, en éq. de CO₂) au secteur de la construction, mais aussi l'extraction de milliers de tonnes de ressources naturelles non durables (calcaire et argile) dans les carrières.

Ce matériau est déjà bien connu du secteur de la construction. De nombreux bâtiments et infrastructures ont été construits avec des bétons formulés à base de laitier de haut-fourneau granulé moulu ECOCEM (Figure 1). Ces constructions ont déjà pu obtenir des labels et certifications environnementaux nationaux ou internationaux (LEED, BREAM, E+C-, BBKA, BDM, BDO, BDF, HQE...).



Figure 1

Construction d'éoliennes à Fécamp, avec des bétons formulés à partir de laitier de haut-fourneau granulé moulu ECOCEM

¹ - Cuisson dans un four rotatif jusqu'à 1 450 °C d'un mélange défini et finement broyé de calcaire et d'argile

Etat des lieux concernant les déclarations environnementales (DEP)

ECOCEM France produit donc depuis près d'une quinzaine d'années des laitiers de haut-fourneau granulés moulus, qui sont valorisés pour différentes applications dans l'industrie des ciments, bétons et mortiers industriels. Ils sont également couverts depuis septembre 2006 par la norme européenne NF EN 15167-1², qui définit les exigences en termes de propriétés chimiques et physiques et les procédures de contrôle qualité à respecter par le laitier granulé de haut-fourneau moulu pour une utilisation en tant qu'addition de type II pour bétons conformes à l'EN 206-1.

ECOCEM France est donc sensibilisé de longue date à la déclaration de leurs performances, et de leurs caractéristiques environnementales, compte tenu de leur usage. Des études d'analyse de cycle de vie (A.C.V.) - Figure 2 - ont été réalisées afin d'évaluer les impacts environnementaux liés à la fabrication de ses produits.

Ces études avaient pour objectif d'élaborer une DEP Laitier moulu qui a été réalisée et publiée en 2019 conjointement pour les sites de Fos et de Dunkerque selon les prescriptions de la norme NF EN 15804 + A1.

A ce titre, et sauf indications contraires, elle est valable jusqu'à la fin de l'année 2024.

Lors de l'étude d'ACV réalisée par ECOCEM France, le laitier de haut-fourneau avant granulation – matière de base des produits – n'intégrait aucun impact environnemental lié au process sidérurgique de la production de la fonte ou de l'acier, conformément aux recommandations européennes du CEN TC 51 sur les « règles de catégories de produits pour les ciments et les chaux de construction », publiées en 2015.

En revanche, l'ensemble des impacts (consommations d'énergies, matières, rejets dans l'eau et l'air...) liés à la granulation du laitier de haut-fourneau ont été intégrés dans ces études d'ACV, et dans l'élaboration de la DEP. L'étape de granulation a été intégrée dans l'ACV du LHF granulé moulu car cette étape est indispensable pour conférer ses propriétés hydrauliques au produit considéré, permettant ainsi son usage dans l'industrie cimentière.

Par conséquent, la DEP élaborée en 2019 prend donc en compte les procédés de fabrication (du laitier moulu) avec l'étape de granulation, incluant en particulier le transport interne, le séchage et le broyage, soit environ 16 à 17 kg éq. CO₂/tonne de laitier de haut-fourneau granulé moulu.

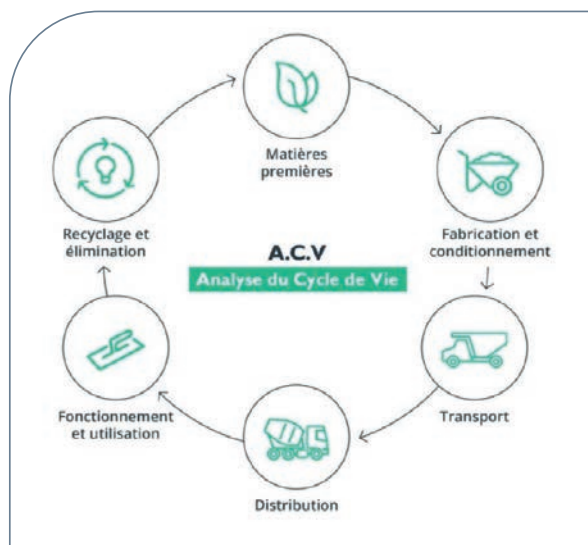


Figure 2
Schéma de principe d'une analyse de cycle de vie
(source : Ecocem)

² - Laitier granulé de haut-fourneau moulu pour utilisation dans le béton, mortier et coulis - Partie 1 : définitions, exigences et critères de conformité

Evolutions attendues pour les DEP d'ECOCEM France

Mi-2022, les travaux menés depuis plusieurs mois par le Gouvernement, au travers de la DHUP³, ont été consolidés et diffusés. Ces travaux visaient à clarifier la valeur de l'empreinte carbone du laitier granulé, sujet qui avait engendré un certain nombre de commentaires ces dernières années. Les recommandations rendues par la DHUP, juste avant l'été 2022 et validées par INIES⁴ dans la foulée, ont clarifié les règles à appliquer pour la comptabilisation des impacts environnementaux liés à la génération des laitiers de haut-fourneau granulés. A ce titre, environ 83 kg eq. CO₂/t complémentaires doivent être imputés en France au laitier de HF granulé, calculés selon une allocation économique. Cette allocation est basée sur les revenus respectifs entre la fonte et les laitiers granulés. Il est à noter que cette imputation économique proposée par la DHUP prend donc en considération l'étape de granulation.

Depuis le 30 septembre 2022, les utilisateurs de laitiers de haut-fourneau granulés moulus intégrant ces matières dans la fabrication de leurs produits ont l'obligation de mettre à jour les DEP et/ou les FDES de leurs produits pour y intégrer les impacts environnementaux propres à la génération des laitiers granulés et les 83 kg CO₂ eq./ t de laitier (uniquement dans le cas où le résultat varie de plus de 10%).

Pour les produits issus des sites ECOCEM France et compte tenu des études d'ACV initiales, cela reviendrait donc à considérer qu'une tonne de laitier de HF granulé moulu correspond à 16 kg + 83 kg, soit une centaine de kg CO₂ eq. /t

Le programme INIES a la charge de vérifier la bonne intégration et le respect de ces recommandations lors de la mise à jour des données. Ce sont les vérificateurs agréés par le Programme INIES qui vont assurer et vérifier dans les rapports explicatifs des calculs des FDES ou des DEP que ces 83 kg de CO₂ ont bien été ajoutés.

Perspectives et conclusions

En tant que producteur et transformateur de matières premières, ECOCEM France n'est pas tenu de refaire de nouvelles DEP avant la fin de validité de celles en vigueur actuellement et courant jusqu'à la fin de l'année 2024.

Cependant, dans un souci de clarté pour ses clients et interlocuteurs, de nouvelles évaluations sont en cours de réalisation. Ces nouvelles évaluations seront conformes aux prescriptions de la norme NF EN 15804 +A2, et intégreront directement l'allocation économique recommandée par la DHUP.

Avec ces nouvelles évaluations, une mise à jour des déclarations environnementales seront réalisées. ECOCEM France ambitionne de mettre à disposition ces nouvelles DEP dès 2023.

Pour aller plus loin

- **Déclaration Environnementale Produit DEP ECOCEM France**
<https://www.mrpi.nl/epd/ecocem-france-ggbs/>
- **Déclaration de Performance DoP ECOCEM Fos-sur-Mer**
https://ecocem.fr/wp-content/uploads/2019/07/DpP-EF-Ecocem-FOS_VFr2018-03-01.pdf
- **Vidéo relative au processus industriel de fabrication du laitier de HF granulé moulu ECOCEM**
<https://www.youtube.com/watch?v=gwjdKkUOK3M>

3 - DHUP : Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et du Paysage / Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

4 - Voir par ailleurs l'article du CTPL dans ce même numéro en pages 10 à 17



ecocem
FRANCE

FICHE TECHNIQUE

Laitier granulé de haut-fourneau moulu produit à Fos-sur-Mer

Ecocem est utilisé comme liant hydraulique en combinaison avec du ciment Portland ou du ciment Portland composé pour réaliser des bétons performants et à faible impact environnemental. Son dosage est fonction du référentiel choisi.

Il s'utilise aussi dans de nombreux domaines d'application : bétons, mortiers, enduits chapes ciments, liants hydraulique routiers, fondations spéciales, inertage de déchets et valorisation des sédiments.

Le laitier granulé de haut-fourneau est un coproduit issu de la fabrication de la fonte qui est valorisé avec un broyeur vertical de dernière génération. Le laitier Ecocem est un produit de qualité constante et disponible toute l'année.

Plébiscité pour ses avantages, environnementaux, techniques et esthétiques par les ingénieurs, architectes et entreprises de construction.



FAIBLE EMPREINTE CARBONE

L'indicateur réchauffement climatique du laitier moulu Ecocem selon la norme NF EN 15 804 est de 15,7 kg de CO₂/tonne produite, périmètre modules A1, A2 et A3 (du berceau à la sortie d'usine).



COMPOSITION DE BÉTON À LA CARTE

Ecocem permet de recomposer le liant au malaxeur à béton avec la possibilité d'ajuster le dosage de laitier moulu selon le cahier des charges.

BÉNÉFICES



Ouvrabilité améliorée : les produits formulés avec Ecocem sont maniables plus longtemps et particulièrement sous des températures élevées.



Faible chaleur d'hydratation : réduit le risque de fissure d'origine thermique.



Résistant aux sulfates : augmente la durée de vie de l'ouvrage.



Résistant aux chlorures : contribue à la réduction de la solubilité des résidus tels que chlorures.



Couleur claire : permet de réaliser des parements clairs.

Finitions : état de surface plus lisse et moins poreux.



ASSISTANCE TECHNIQUE

ECOCHEM France a une équipe d'experts avec une grande expérience dans les liants, le béton et les matériaux de construction.

Notre équipe peut vous conseiller sur une formulation et utilisation optimales du laitier moulu Ecocem



ecocem
FRANCE

FICHE TECHNIQUE

Laitier granulé de haut-fourneau moulu CE produit à Fos-sur-Mer

Répond à la norme européenne **NF EN 15167-1**

Laitier granulé de haut-fourneau moulu pour utilisation dans le béton, mortier et coulis
- Partie I : définitions, exigences et critères de conformité.

Le certificat CE de constance des performances

1 164-CPR-LGM001, a été délivré le 07 mars 2011, par le CERIB, organisme notifié n° 1164.

Ecocem est un laitier moulu de classe A, suivant les distinctions faites dans la norme **NF EN 206/CN**.

FABRICATION

Ecocem est produit par le séchage et le broyage du laitier granulé de haut-fourneau.

Le laitier granulé est obtenu par trempe à l'eau du laitier à la sortie des hauts-fourneaux, au moyen de granulateur.

Le **taux de vitrification moyen obtenu est supérieur à 90 %** (mesure par diffraction de rayons X).

Ecocem est livré en vrac.



COMPOSITION CHIMIQUE (centésimale moyenne)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	SO ₃	Cl ⁻	S ²⁻	Na ₂ O	K ₂ O	Na ₂ O _{equiv.}
36,8	10,2	0,37	42,9	6,4	0,7	0,1	0,01	0,6	0,23	0,38	0,47

Module chimique (CaO+MgO)/SiO₂ : > 1,25 (≥ 1,2 : classe A selon NF EN 206/CN)

CARACTÉRISTIQUES MECANIQUES (valeurs indicatives représentatives)

Formulation		Résistances en compression			INDICE D'ACTIVITÉ			Temps de prise initiale (min)
Ecocem	Ciment référence	7jrs	28jrs	90jrs	7jrs	28jrs	90jrs	
0%	100 %	43	52	59	--			172
50 %	50 %	31	52	60	72 %	100 %	102 %	196
Limites de la norme produit NF EN 15 167-1					≥ 45%	≥ 70%		< 2 x Tps ciment
Limites classe A selon norme NF EN 206/CN					≥ 65%	≥ 85%		

AUTRES CARACTÉRISTIQUES

Surface spécifique blaine	>4200 cm ² /g	< 2.750 cm ² /g : NF EN 15 167-1 > 4.200 cm ² /g : classe A selon NF EN 206/CN
Diamètre médian indicatif (d50)	11 µm	
Passant à 32 µm (mesuré au tamis)	≥ 95 %	
Masse volumique	2,90 ± 0,03 g/cm ³	
Densité apparente	0,8 ± 0,1 g/cm ³	
Indice [CIE L*a*b*] avec CR410	L* = 87,5 (valeur indicative)	
Perte au feu (950 °C)	< 1,5 %	
Humidité (100 °C)	< 0,5 %	
Indice de concentration d'activité	0,57	

CONTACT

T +33 (0)4 42 90 76 30 E contact@ecocem.fr W www.ecocem.fr



Révision : 02/2021
Les valeurs indiquées sont des valeurs moyennes, elles peuvent varier légèrement dans les limites autorisées par la norme de référence.

Que sont devenus les laitiers en 2021 ?



Comme chaque année et pour la seizième année, le Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques (CTPL) a lancé en 2022 son enquête nationale relative aux flux de laitiers sidérurgiques produits sur le territoire national en 2021. Cette enquête vise également à recueillir les données relatives à leurs principales filières d'utilisation par différents secteurs industriels.

Chiffres nationaux de la production de laitiers et de leur devenir en 2021

Comme chaque année et pour la seizième année, le Centre Technique et de Promotion des Laitiers sidérurgiques (CTPL) a lancé en 2022 l'enquête nationale relative aux flux de laitiers sidérurgiques produits sur le territoire national en 2021. Cette enquête vise également à recueillir les données relatives à leurs principales filières d'utilisation par différents secteurs industriels.

La consolidation des données (cf. tableau 1) fait apparaître une stabilisation de la production depuis plusieurs années aux alentours de 5 millions de tonnes (jusqu'en 2019). La production d'acier dépend fortement des marchés de l'automobile et de la construction, qui sont liés à des cycles courts et de la commande publique en matière de logements.

Le tableau 1 illustre l'évolution des productions au cours de ces 10 dernières années.

Tout comme l'année 2020, l'année 2021 n'aura pas été une année simple pour l'industrie sidérurgique, même si le contexte économique et les conditions de marché auront été bénéfiques. Le fonctionnement des sites aura de nouveau été dégradé compte tenu de la COVID-19.

L'année 2021 marque une hausse de 25 % de la production des laitiers en France par rapport à l'année 2020 (année dégradée) :

- Une hausse de 20 % de la production de laitiers de haut-fourneau granulés et près de 60 % de la production de laitiers de haut-fourneau cristallisés
- Une production équivalente à celle de 2020 pour les laitiers d'aciérie de conversion (flux constant depuis 2011) liée à la baisse de production d'aciers plats suite à une régression du marché de l'automobile en Europe.
- Une hausse de 25 % pour les laitiers d'aciérie issus de la filière carbone, imputable à un marché de la construction en hausse.

TYPE DE LAITIERS		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
LHF	LHF granulés	1 902	2 127	2 475	2 185	2 310	2 572	2 479	2 531	2 009	2 409
	LHF cristallisés	964	954	932	798	693	462	511	470	332	528
	LHF totaux	2 866	3 081	3 407	2 983	3 003	3 034	2 990	3 002	2 342	2 937
Laitiers d'aciérie de conversion		1 135	1 258	1 187	1 265	1 072	955	1 136	1 153	927	947
Laitiers d'aciérie électrique (aciers carbone)		734	607	503	442	420	423	461	396	272	342
Laitiers d'aciérie électrique (aciers inox et alliés spéciaux)		120	115	211	185	173	172	170	148	124	158
Total		4 855	5 061	5 308	4 875	4 668	4 623	4 757	4 699	3 665	4 384

Tableau 1

Synthèse des productions de laitiers
en France en 2021 (en kt)

Laitiers de haut-fourneau

La production de laitiers de haut-fourneau s'est établie à près de 3 millions de tonnes pour l'année 2021, issues des sites Arcelormittal de Fos-sur-Mer et Dunkerque, ainsi que du site Saint-Gobain de Pont-à-Mousson. Le ratio entre la partie cristallisée (18 %) et celle granulée (82 %) confirme tout l'intérêt de vitrifier la grande majorité de la production.

La figure 1 montre que la totalité des tonnages produits en 2021 ont été valorisés et que des stocks anciens ont également été résorbés. Cela s'applique aussi bien pour les laitiers granulés que pour les laitiers cristallisés. Ces derniers sont utilisés massivement comme granulats dans l'industrie routière. Les laitiers granulés sont comme d'habitude consommés par l'industrie cimentière et par le marché du béton.

En 2021, certains marchés comme la laine de roche continuent de consommer des laitiers de haut-fourneau cristallisés. Même si les tonnages sont modestes, cela correspond à un marché de l'isolation qui est pérenne.

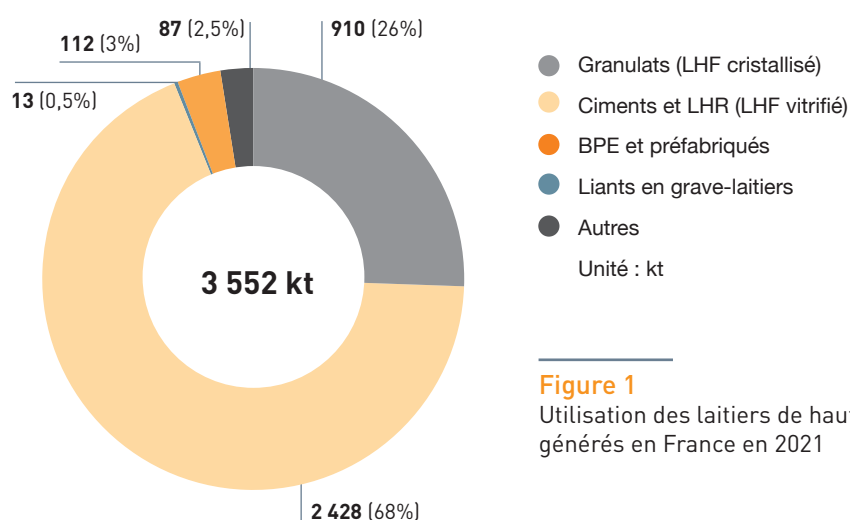


Figure 1

Utilisation des laitiers de haut-fourneau générés en France en 2021

Laitiers d'aciérie

Les 21 réponses reçues de la part des 25 sites sidérurgiques français produisant des laitiers d'aciérie représentent plus de 99% des tonnages de laitiers d'aciérie produits annuellement en France, à savoir près de 1,5 million de tonnes pour l'exercice 2021, en hausse de 10 % par rapport à 2020.

Parmi les laitiers d'aciérie, on peut distinguer trois grandes familles :

1- Le site Arcelormittal de Florange ne produit plus de laitiers de haut-fourneau depuis 2012 suite à l'arrêt de la filière chaude (mise sous « cocon » en avril 2013).

Les laitiers de convertisseur (LAC)

Les laitiers de convertisseur à oxygène (appelés aussi laitiers LD) représentent 70 % des tonnages de laitiers d'aciérie produits en 2021 (près d'1 MT). Il faut préciser que l'enquête a été beaucoup plus détaillée et a conduit à des chiffres plus précis en matière de laitiers de convertisseur.

Il est à noter que 60 % des laitiers de convertisseur produits en 2021 sont valorisés (TP, industrie des liants hydrauliques, agriculture ...). La mise en stock et le recyclage en interne est de 30 %.

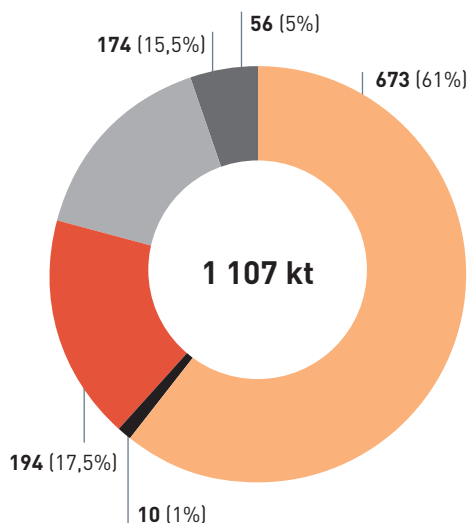


Figure 2

Orientation des laitiers de convertisseur générés en France en 2021

- Travaux publics
 - Fabrication liant hydraulique
 - En stock
 - Recyclage interne
 - Autres
 - Mise en décharge
- Unité : kt

Les laitiers d'aciérie électrique issus de la filière aciers carbone (LAFE carbone)

Ils représentent 24 % des tonnages de laitiers d'aciérie produits en 2021, soit 420 k tonnes.

Compte tenu des propriétés intrinsèques de ces laitiers, l'essentiel des tonnages (70 %) est utilisé comme granulat en technique routière. En 2021, la mise en stock pour maturation avant usage est stable par rapport à 2020 (16 %).

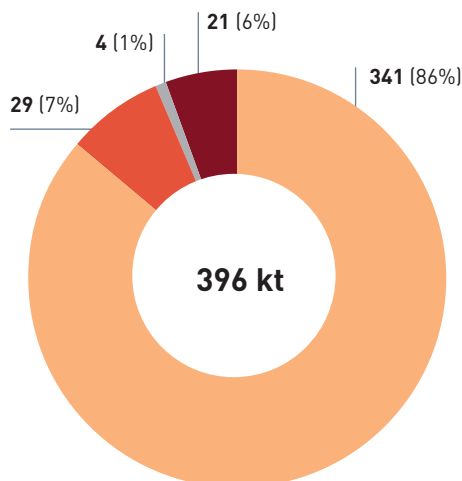


Figure 3

Utilisation des laitiers d'aciérie électrique issus de la filière carbone en 2021

Les laitiers d'aciérie électrique issus de la filière aciers inoxydables et alliés (LAFE inox et alliés)

Ils représentent en 2021, 9 % des tonnages de laitiers d'aciérie produits sur le territoire, soit environ 160 k tonnes.

Les caractéristiques techniques de ces laitiers étant très similaires à celles des laitiers d'aciérie électrique issus de l'élaboration

des aciers carbone, les filières de valorisation restent également assez semblables :

- 64 % sont utilisés en technique routière
- 25 % vont en stockage interne en attente de débouchés,
- 1 % utilisé en recyclage interne.

Aucun tonnage de ces laitiers n'est orienté vers le stockage réglementé. A noter qu'une partie de ces laitiers font l'objet de traitement spécifique (jiggage) dans le but de récupérer des métaux dont le coût est élevé (molybdène).

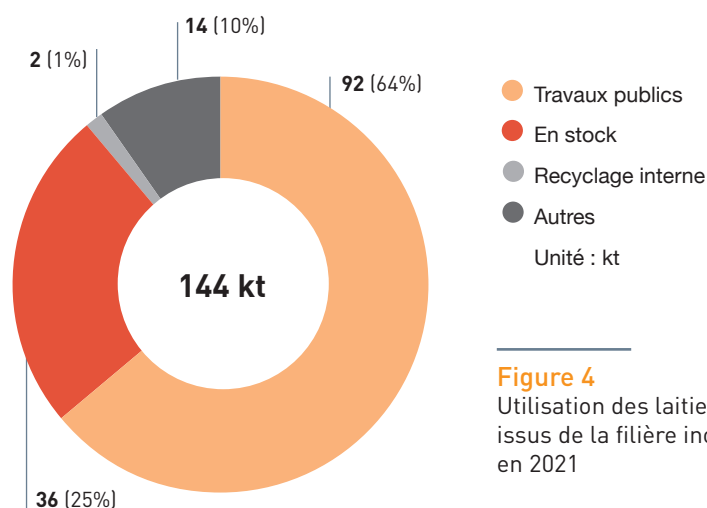


Figure 4

Utilisation des laitiers d'aciérie électrique issus de la filière inox et alliés spéciaux en 2021

Gestion des stocks historiques

A la fin de l'année 2021, les stocks de laitiers recensés restent encore importants à l'échelle du territoire (près de 30 millions de tonnes), en particulier pour les laitiers de haut-fourneau cristallisés issus du passé (XIX^{ème} et XX^{ème} siècles - environ 12 millions de tonnes), ou encore les laitiers de convertisseur issus de la filière fonte (environ 17 millions de tonnes), stocks auxquels la sidérurgie ne s'est réellement intéressée qu'à partir des années 2000.

En comparaison, et compte tenu de la « jeunesse » des installations concernées (< 30 ans), il n'existe que très peu de stocks de laitiers issus de la filière électrique (estimés à environ 1 million de tonnes).

Cependant, compte tenu des besoins et des possibilités locales, plusieurs initiatives sont actuellement en cours sur différents sites sidérurgiques pour l'exploitation de ces stocks historiques. D'ores et déjà, c'est entre 0,7 et 1 million de tonnes de ces « crassiers » qui sont exploités, valorisés et mis sur le marché chaque année, prouvant s'il en est encore besoin, de l'intérêt technique et économique de ces ressources minérales secondaires durables.

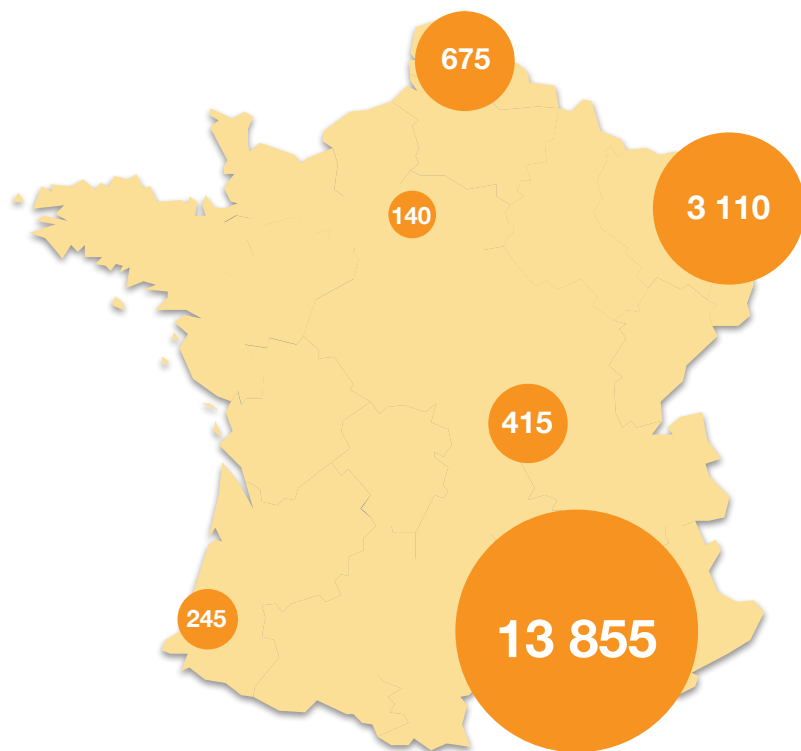


Figure 5

Répartition géographique des stocks de laitiers d'acierie sur le territoire en 2021

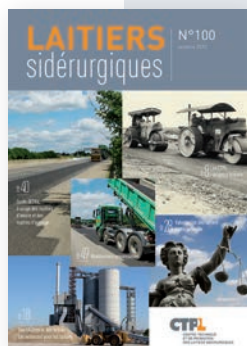
Unité : kt

Pour plus d'information, vous pourrez évidemment retrouver en ligne la présentation synthétique de ces données sur le site internet du CTPL.
Rendez-vous à l'adresse suivante :

<https://www.ctpl.info/wp-content/uploads/2022/04/Stats-LHF-2021-2020.pdf>

<https://www.ctpl.info/wp-content/uploads/2022/04/Stats-laitiers-acierie-2021-2020.pdf>

Dans les précédents **NUMÉROS...**



N° 100 (octobre 2012)

- **Le CTPL, un peu d'histoire**
CTPL : un organisme dédié aux laitiers sidérurgiques
Jacques Reynard : CTPL
- **Des chiffres et des lettres (de noblesse) pour les laitiers**
Evolution de la gestion des laitiers au cours des dix dernières années
Jérémie Domas : CTPL
- **Valorisation des laitiers : cadre juridique**
Etat des lieux juridique et statut des laitiers sidérurgiques
Jacques Reynard : CTPL
- **Guide SETRA, à usage des maîtres d'œuvre et des maîtres d'ouvrage**
Le guide SETRA pour l'acceptabilité environnementale des laitiers sidérurgiques en technique routière
Jérémie Domas : CTPL
- **Réalisations remarquables**
- **Les laitiers HF et d'aciérie : quel avenir pour les 20 prochaines années ?**
Perspectives économiques, réglementaires et techniques quant à la valorisation des laitiers sur les 20 prochaines années.
Jean-Marie Delbecq : BSME

N° 105 (Octobre 2015)

- **Eaux en danger ! Les laitiers d'aciérie s'attaquent au phosphore**
Captage du phosphore dissout dans les eaux de ruissellement et de drainage.
Chad PENN : Professeur Associé Oklahoma State University - Department of Plant and Soil Science
- **Que sont devenus les laitiers en 2014 ?**
Production et devenir des laitiers sidérurgiques en 2014 en France
Jérémie Domas : CTPL
- **Eaux usées :**
Les laitiers démontrent leur efficacité
Utilisation des laitiers pour le traitement des eaux usées
Florent Chazarenc : Ecole des Mines de Nantes
Marc Fixaris : Arcelormittal/BSME

N° 106 (Juin 2016)

- **Expansion des laitiers d'aciérie : à l'ouest, il y a du nouveau !**
Utilisation des laitiers sidérurgiques en tant que matériaux granulaires : modèles prédictifs d'expansion volumique et critères d'exploitabilité
George Wang et Yuhong Wang : Department of Construction Management, East Carolina University, Greenville, Etats-Unis
Zhili Gaob : Department of Construction Management and Engineering, North Dakota State University, Fargo, États-Unis
- **Des laitiers qui ont du caractère !**
Caractérisation de l'expansion des laitiers d'aciérie à l'autoclave
John J. Yzenas Jr. : Edward Levy Company, Dearborn, Michigan - Etats-Unis

N° 107 (Juin 2017)

- **Laitiers LD : Ils tiennent la route !**
Performance des produits routiers bitumineux utilisant des laitiers d'aciérie LD (LAC)
J. Grönniger, M. P. Wistuba et I. Isailović : TU Braunschweig, ISBS, Germany
M. Mauhart : Voestalpine Stahl GmbH, Austria
- **En sécurité avec les laitiers d'aciérie de four électrique**
Niveau de performance réelle en matière de sécurité des enrobés bitumineux à base de laitiers d'aciérie
N. Jones : Harsco Metals and Minerals, England



N° 108 (Décembre 2017)

- **Vu et pratiqué : retours d'expériences**
 - Le laitier de haut-fourneau moulu, une solution d'avenir
 - Granulac®... un granulat artificiel d'exception
 - Sous le béton, les laitiers
 - Sidmix® : liant hydraulique écologique et polyvalent pour matériaux routiers
- **Que sont devenus les laitiers en 2016**
Production et devenir des laitiers sidérurgiques en 2016 en France
Jérémie Domas : CTPL

N° 109

(Juin 2018)

• Les laitiers sur 3 frontières

9^{ème} conférence
Euroslag

• Radioactivité : les LHF aptes pour la construction

La radioactivité

naturelle des laitiers de haut-fourneau peut-elle être un frein à leur mise sur le marché comme matériau de construction ?

P. Gauje : ArcelorMittal France, Global

Research and Development, Maizières Process

F. Hanrot : ArcelorMittal Luxembourg,

European Procurement Organisation -

By-Products Sales

M. B. Mokili, M. Bailly, I. Deniau : Laboratoire Subatech

• LAFE : à chacun sa personnalité !

Analyse comparative et propriétés de deux laitiers d'aciérie de four électrique en vue de leur utilisation dans des bétons hydrauliques

Amaia Santamaria, José Tomás San José,

Javier Jesús González : UPV/EHU

Flora Faleschini, Carlo Pellegrino :

DICEA-UNIPD



N° 110 (Décembre 2018)

• Laitiers moulus : de la fonte au béton

A propos de la normalisation des bétons intégrant du laitier de haut-fourneau moulu

Nicolas Musikas : ECOCEM

Pascal Leconte CTPL

• Ouverture d'une nouvelle usine ECOCEM à Dunkerque

• Révéler et développer la valeur ajoutée des laitiers moulus

Projet Actislag : améliorer les performances des laitiers de haut-fourneau moulus dans les formulations du béton

G. Franceschini : ArcelorMittal - European Procurement Organization - By-Products Sales

• Que sont devenus les laitiers en 2017

Production et devenir des laitiers sidérurgiques en 2017 en France

Pascal Leconte : CTPL

N° 111 (juin 2019)

• Expansion volumique : vers un meilleur contrôle

Etat des lieux des essais en matière d'expansion volumique des laitiers d'aciérie et perspectives

Pascal Leconte : CTPL

Chen Lin : Ecoke des Mines de Douai

• Granulats de LAFE : des perspectives en béton !

Bétons hydrauliques réalisés à partir de granulats de LAFE : spécificités et limites d'emploi.

Pascal Leconte : CTPL

Isabelle Moulin, Emmanuel Perin : LERM

N° 112 (Octobre 2020)

• En marche vers une filière « zéro déchet

Approche hydrométallurgique alcaline pour la gestion des laitiers sidérurgiques

N. Kana¹ - A. Seron¹ - F. Pereira^{2,3} - N. Menad¹

- S. Ho-Van^{2,3} - J.P. Baron⁴ :

1 - Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)

2 - Association pour la Recherche et le développement des Méthodes et processus Industriels (ARMINES)

3 - Mines Saint-Étienne

4 - Industeel ArcelorMittal France

• Des laitiers aux ressources multiples

Procédés innovants pour la récupération des métaux contenus dans les laitiers sidérurgiques

K. Bru - N. Menad : Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)

• Que sont devenus les laitiers en 2018

Production et devenir des laitiers sidérurgiques en 2018 en France

Pascal Leconte : CTPL



N° 113 (Décembre 2021)

• Granulation du laitier de haut-fourneau : une nouvelle alternative

Influence du procédé de granulation (par voie sèche et humide) sur les propriétés hydrauliques du laitier de haut-fourneau

• Que sont devenus les laitiers en 2020

Production et devenir des laitiers sidérurgiques en 2020 en France

Shahinaz Sayagh : CTPL

LAITIERS
sidérurgiques

www.ctpl.info