

Substitution de pneus usagés à l'antracite en four électrique à arc : des résultats positifs pour LME et Industeel Belgique

P. Ayed (Arcelor Purchasing), C. Clauzade (Aliapur), B. Gros (Consultant), J.-C. Huber (Arcelor Research), C. Lebrun (LME), N. Vassart (Industeel BE)

La substitution de pneus usagés, à de l'antracite consommé habituellement dans les fours électriques, a fait l'objet d'études en France, par la R&D d'Usinor, dès 1997, puis d'Arcelor Research, et à présent Arcelor Mittal.

Les premières expériences se sont déroulées dès 1997, successivement avec deux aciéries Lorraines, dans le cadre d'un partenariat entre Usinor, Michelin et l'Ademe.

En 1997 et 1998, une série de 55 coulées, dans un four de 110 t, puis en 2000, une série de 163 coulées, dans un four de 130 t.

La mise au point définitive du processus de substitution de pneus usagés à de l'antracite, s'est faite en partenariat avec Aliapur, chez LME, au cours des années 2002 et 2003. Industeel Belgium a commencé à son tour en 2004.

Aujourd'hui ces deux aciéries ont atteint un niveau de fonctionnement stable, en enfournant de façon régulière une quantité de pneumatiques déchetés pouvant atteindre 8 à 12 kg par tonne d'acier, ce qui entraîne une économie sensible et durable d'antracite.

■ INTRODUCTION

La substitution de pneus usagés, à de l'antracite consommé habituellement dans les fours électriques, a fait l'objet d'études en France, par la R&D d'Usinor, dès 1997, puis d'Arcelor Research, et à présent Arcelor Mittal.

Les premières expériences se sont déroulées dès 1997, successivement avec deux aciéries Lorraines, dans le cadre d'un partenariat entre Usinor, Michelin et l'Ademe.

En 1997 et 1998, une première série de 55 coulées, dans un four de 110 t, non saturé en capacité, a permis d'établir les conditions de faisabilité technique, elle a également mis en évidence l'absence d'impacts significatifs sur l'environnement.

En 2000, une nouvelle série de 163 coulées, réalisée cette fois-ci dans un four de 130 t, soumis à une très forte cadence de production, a permis de valider les premières conclusions, et a mis en relief la nécessité d'ajuster avec précision, la quantité de carbone introduite dans le four par les pneumatiques.

Ces expériences avaient fait l'objet, alors, d'une présentation aux Journées Sidérurgiques Internationales, à Paris, en 2001, ainsi qu'au 7^e EESC à Venise en 2002, puis d'un article dans la Revue de Métallurgie-CIT en janvier 2003.

Suite à ces premiers résultats très encourageants, mais toutefois insuffisants pour en déduire des règles de bonne pratique, les essais ont été poursuivis chez LME, aciérie du Groupe Beltrame, située dans le Nord de la France, pour enfin aboutir à la décision de développer le procédé industriellement, à Trith Saint Léger, jusqu'à atteindre un rythme régulier de consommation de 7.000 tonnes par an en 2005.

Au vu des premiers résultats de LME, Industeel Belgium, encouragé en cela par la Région Wallone, a développé à son tour le procédé, à partir de 2004, pour atteindre en 2005 une allure de marche de 1500 t par an. Cette seconde expérience industrielle, a confirmé les résultats observés chez LME, tant en matière de consommation spécifique de pneumatiques, que d'économie d'antracite.

Ces deux applications industrielles, ouvrent désormais la voie à une nouvelle technologie pour le recyclage des pneumatiques usagés.

Cette pratique, qui procure des économies sensibles de matières premières aux aciéries, répond à un besoin pour l'industrie du pneumatique et s'avère de plus favorable à l'environnement.

Charging used tyres in the EAF, as a substitute for carbon: a success story for LME and Industeel Belgium

P. Ayed (Arcelor Purchasing), C. Clauzade (Aliapur), B. Gros (Consultant), J.-C. Huber (Arcelor Research), C. Lebrun (LME), N. Vassart (Industeel BE)

Introduction

As soon as 1997, surveys on the substitution of used tyres, for anthracite, usually charged in electric arc furnaces, were conducted in France, by the R&D department of Usinor, then by Arcelor, and to day Arcelor-Mittal.

The first experiments took place as early as 1997, successively in two steelworks in Lorraine, within a partnership convention between Usinor, Michelin and the French Agency for Environment Ademe.

In 1997 and 1998, a first series of 55 heats, in a 110 t capacity furnace, not fully laden in terms of daily production, settled the conditions of technical fitness as well as the absence of significant impacts on environment.

In 2000, a new series of 163 heats, then conducted in a 130 t capacity furnace, with a very high rate of production, enforced the previous conclusions, and enhanced the necessity to adjust precisely the amount of carbon from the tyres put into the furnace.

These experiments had been set forth at the International Steelmaking Conference of ATS in Paris, in 2001, at the 7th EESC at Venice, in 2002, then in an article published by "Revue de Métallurgie-CIT" in January 2003.

Industrialisation of the process at LME

From these first encouraging, though insufficient, results to draw rules of good practice, the tests were carried on at LME, a steel mill of the Beltrame Group, located in the North of France, to come up to the final decision to have the process industrially developed at Trith Saint Léger.

After a new perfecting period, in 2002, which eventually allowed the charging rules to be defined, the steelwork reached by 2006 an even consuming rhythm of 7500 t of tyres a year, which means saving next to 5000 t of anthracite along the year.

Industrialisation at Industeel Belgium

Considering the first results of LME, and thus encouraged by the Walloon Region, Industeel Belgium has also developed this process from 2004, to reach a rate of 1500 t a year. This second industrial experiment has confirmed the results observed at LME, as well in the field of a specific tyres consuming, as in this of anthracite saving.

Charging rules

From the two above industrials experiments, we can deduce capital injunctions for the success of such a substitution of materials:

In order to prevent all excess in the emission of flames when charging, one must be careful of putting the pieces of tyres in the right place, in the scrap basket, for instance half height of the load, to prevent direct contact with liquid steel left in the furnace.

A perfect control of the total load of carbon is required. It implies precise and reproducible weighing of the amount of tyres charged, as well as an adequate and strict decrease of the amount of carbon, usually loaded in the form of coal.

Under these conditions, and in the field of carbon steel production, it is quite possible to add 8 to 12 kg of tyres, for each ton of steel produced.

Conclusions

These two industrial experiments now open the way to a new technology for used tyres recycling.

From this process, steelworks seriously save raw materials, and it also encounters a need of the pneumatics industries. Moreover it benefits the environmental balance.

However, a sustained difficulty remains in convincing the Regional Public Authorities, sometimes made defiant by questionable practice in the valorization of some refuses. Actually, they have some difficulties in getting convinced of the lasting aspect of a substitution for coal, of a product rich in carbon and perfectly controlled by a collecting and valorization channel offering all guaranties of transparency and seriousness.

■ PNEUMATIQUES

Composition des pneumatiques

Carbone, hydrogène et fer constituent les éléments prédominants, puisqu'ils représentent à eux trois plus de 90% de la masse d'un pneumatique (*tableau I*).

TABLEAU I : Composition des pneumatiques.

TABLE I: Chemical analysis of tyres.

Analyse chimique moyenne (% de la masse)		
Éléments	Tourisme	Poids Lourd
Carbone	71	62
Hydrogène	7	6
Oxygène	4	3
Azote	0,5	0,5
Soufre	1	1
Fer	15,5	25,5
Zinc	1	2
Total	100	100

Le carbone se présente sous plusieurs formes, élastomères et noir de carbone (*tableau II*).

TABLEAU II : Répartition des matériaux constitutifs des pneumatiques.

TABLE II: Distribution of materials in tyres.

Contenu par matériau (% de la masse)		
Matériaux	Tourisme	Poids Lourd
Elastomères	47	43
Noir de carbone	21,5	21
Acier	16,5	27
Textiles	5,5	0
Oxyde de zinc	1	2
Soufre	1	1
Autres	7,5	6
Total	100	100

Contrairement à ce que l'on pourrait penser de prime abord, c'est le fort contenu carbone du pneumatique qui offre le principal intérêt pour l'aciériste, en ce sens qu'il influe directement sur la consommation d'antracite. L'intérêt du contenu fer est du second ordre, surtout pour les pneus de tourisme, car il est difficile de mesurer une mise au mille.

Détermination d'un mode d'enfournement

Une fois acquise l'idée que les pneumatiques pourraient remplacer, en tout ou partie, le charbon, il reste à déterminer sous quelle forme, et par quels moyens, les introduire dans un four

à arc, et à évaluer les incidences possibles sur le processus sidérurgique et l'environnement. Ce fut donc l'objet des expériences Lorraines et des deux premières années de mise au point chez LME.

Rappelons les objectifs visés au cours des expérimentations réalisées entre 1997 et 2000:

- Vérifier si la substitution du carbone par le pneu modifiait ou non le mode de fonctionnement du four.
- Mesurer les éventuelles émissions propres aux pneumatiques, dans les fumées et sur le plancher du four, sous la surveillance directe des autorités administratives (DRIRE, CHSCT), particulièrement attentives sur un tel dossier.
- Quantifier les équivalences énergétiques.
- Déterminer les formes et dimensions des éléments à enfourner.
- Déterminer le taux optimal de substitution du charbon par le pneu.
- En déduire des règles d'utilisation rigoureuses, basées sur les meilleures pratiques.

Ceci a conduit à optimiser les modes de préparation et d'introduction des pneumatiques dans la charge.

■ CAMPAGNES DE 1997 ET 1998, SUR 55 COULEES

Éléments analysés dans les rejets

L'autorisation provisoire donnée par le Pouvoirs Publics, pour procéder à cette première campagne, imposait d'effectuer une grande variété de mesures sur les rejets du four. Ces mesures ont été réalisées par le laboratoire d'Etude et Contrôle de l'Environnement Sidérurgique (LECES), devenu aujourd'hui Sechaud Environnement (*fig. 1*):

- Au niveau du captage primaire (en voûte de four) et du captage secondaire (en toiture de halle): O₂, CO, CO₂, COV, SO₂, H₂.

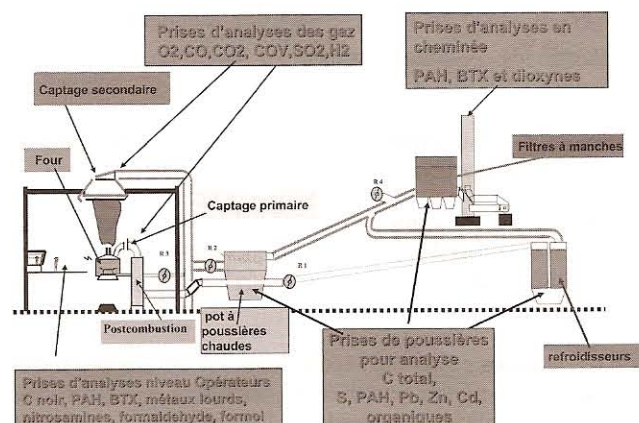


Fig. 1 - Mesures des rejets au four électrique.

Fig. 1 - Measurements of emissions at the electric arc furnace.



Fig. 2 - Enfournement de pneus déchiquetés.

Fig. 2 - Load of shredded tyres.

- Dans les poussières : C total, S, PAH, Pb, Zn, Cd, organiques.
- En sortie de cheminée : PAH, BTX, dioxines.
- Au niveau des opérateurs : Carbone noir, PAH, BTX, métaux lourds, nitrosamines, formaldéhyde, formol.

Résultats de cette première campagne

En matière d'émissions, pour toutes les molécules suivies, y compris les dioxines, il n'avait été constaté alors aucune différence significative entre les coulées avec charbon et celles avec pneus.

En ce qui concerne le fonctionnement du four, ces expériences avaient montré qu'il était possible d'opérer sans difficultés particulières, à condition de respecter, scrupuleusement, un minimum de règles :

- Doser soigneusement les volumes de pneus ajoutés, en les pesant de façon précise.
- Positionner correctement les morceaux de pneus dans la charge, ni sur le haut, ni sur le pied de bain.
- Éviter de placer les pneus en face des brûleurs du four.
- Adapter les conditions de mise en œuvre de la post-combustion.

En outre, il s'est vérifié que le pneu n'apportait pas plus de soufre que le charbon.

Enfin, les pneumatiques déchiquetés, dans un broyeur à couteaux, en éléments de 50 à 200 mm, ont paru constituer le produit le plus compatible avec les contraintes imposées par le four.

En résumé, ces essais ont révélé, mais sur un nombre limité de coulées il est vrai, qu'il était possible, à consommation électrique constante, de remplacer 1 kg de carbone enfourné sous forme d'antracite, par 1,7 kg de pneumatiques. Ils n'ont toutefois pas permis de juger de l'impact d'une utilisation régulière, sur le temps de préparation des paniers de ferrailles.

■ CAMPAGNE DE 2000, SUR 163 COULEES

L'objectif était cette fois-ci de déterminer les conditions optimales d'un fonctionnement réellement industriel :

- Détermination des quantités maximales à enfourner.
- Choix des moyens de manutentions appropriés.
- Détermination du meilleur positionnement dans la charge.
- Mise en conformité du parc à ferrailles pour recevoir ce type de produits inhabituel et inflammable.

Cette deuxième campagne, a permis de commencer à formuler un certain nombre de règles

Les pneus peuvent être ajoutés, sans inconvénients, à la charge d'un four électrique, à raison de 8 à 12 kg de pneus par tonne d'acier.

Le taux de substitution stoechiométrique est de 1,7 kg de pneu pour 1 kg d'équivalent carbone.

L'addition de pneus exige plus de soin que l'addition de charbon, si l'on veut que le carbone s'oxyde dans la charge en donnant du CO, puis dans le four en donnant du CO₂, et non dans le système de captage: Ce résultat est rendu possible en positionnant judicieusement les éléments de pneus dans le panier à ferrailles.

Les pneus déchiquetés, en fractions dont la grande dimension se situe entre 150 et 200 mm, semblent le mieux répondre aux exigences d'une exploitation industrielle. Nous en donnons une illustration à la *figure 2*.

■ PREMIERES PRECONISATIONS

Positionnement dans la charge

Pour prévenir toute émission excessive de flammes à l'enfournement, il faut veiller au positionnement des pneumatiques dans le panier de ferrailles, par exemple à mi-hauteur de la charge, afin d'éviter un contact direct avec le pied de bain.

Fours équipés de brûleurs

Ceux-ci doivent être allumés seulement après fermeture de la voûte.

Bilan carbone

Le succès de la valorisation des pneumatiques usagés dans le four électrique, indépendamment des ratios énergétiques et métallurgiques, passe avant tout par une maîtrise de la charge totale de carbone. Ceci implique une pesée précise, et reproductible, de la quantité de pneumatiques enfournée, ainsi qu'une diminution adaptée et rigoureuse de la quantité de carbone sous forme de charbon.

Post combustion

L'utilisation de pneumatiques, nécessite d'adapter les paramètres de postcombustion. Il faut que la combustion du CO se produise dans le four et non pas en partie dans le circuit de captage, ce qui occasionnerait une perte d'énergie par les fumées et une sollicitation thermique excessive de l'installation.

Captage

Tout four électrique d'aciérie, équipé d'une installation de captage assurant une régulation efficace en marche normale, est en mesure d'utiliser les pneumatiques en substitution partielle à l'antracite.

Toutefois, un rythme de production régulier et soutenu est souhaitable, afin d'éviter les périodes pendant lesquelles l'aspiration des fumées serait faible, ce qui favoriserait les émissions hors du four, et notamment les odeurs.

INDUSTRIALISATION CHEZ LME

Brève présentation de cette société

Elle appartient au Groupe Beltrame, avec une participation Arbed.

Son aciérie, située à Trith-Saint-Léger, à proximité immédiate de Valenciennes, est dotée d'un four électrique, d'une capacité annuelle de 680 kt.

Cette aciérie alimente trois trains de laminoirs à fers marchands:

- Deux laminoirs à Trith Saint Léger, d'une capacité totale de 400.000 tonnes,
- Un laminoir à Ruau-Charleroi en Belgique, de capacité 280.000 tonnes.

Les caractéristiques, du four de Trith Saint Léger

- Four à courant continu, monoélectrode.
- 5 mètres de diamètre de cuve.
- Puissance 52 MW, 100 kA, 550 V.
- Chargement exclusivement à base de ferrailles, 100 t par charge, pour produire 92 t d'acier par coulée, et 24 coulées par jour.
- La consommation initiale d'antracite était de 6,5 kg par tonne d'acier liquide. Cet antracite était introduit dans le premier panier.

Mise au point courant 2002

La mise au point définitive du processus de substitution de pneus usagés à de l'antracite, s'est faite en partenariat avec Aliapur, société française constituée par les manufacturiers, pour la valorisation des pneumatiques en fin de vie.



Fig. 3 - Convoyeur d'acheminement vers la trémie peseuse.

Fig. 3 - Belt conveyor to the weighing hopper.

Les premières expériences, prenant en compte les résultats obtenus précédemment en Lorraine, se sont déroulées en 2002.

Plusieurs séries de mesures comparatives, avec et sans pneus, ont été à nouveau réalisées :

- Sur les rejets liquides, solides et gazeux de l'installation.
- Sur l'air ambiant de l'aciérie, dans la halle et dans l'environnement immédiat du four.

Dans l'ensemble, les résultats observés ont confirmé ce qui avait été constaté initialement. Toutefois, chaque installation ayant sa spécificité, un certain nombre d'ajustements ont été nécessaires.

Depuis 2003, LME consomme des pneus usagés de façon régulière et industrielle, économisant ainsi de l'antracite.

Le ratio de substitution est confirmé, à 1,7kg de pneus pour 1kg d'équivalent carbone.

LME ayant fixé, dans un premier temps, son besoin en carbone additionnel à 600 kg par charge, ceci a conduit à introduire 1000 kg de pneus par charge.

Fonctionnement industriel

A partir de 2003, et toujours en partenariat avec, Aliapur, LME s'est fixé un objectif de consommation, à terme, de 7500 t de pneumatiques par an.

Ce chiffre, en passe d'être atteint en 2006, donne pour une production d'acier se situant entre 650 et 700 kt, un ratio d'enfournement de 1,2% à 1,3%.

L'économie d'antracite correspondante se situe, à l'expérience, entre 600 et 800 kg par coulée.

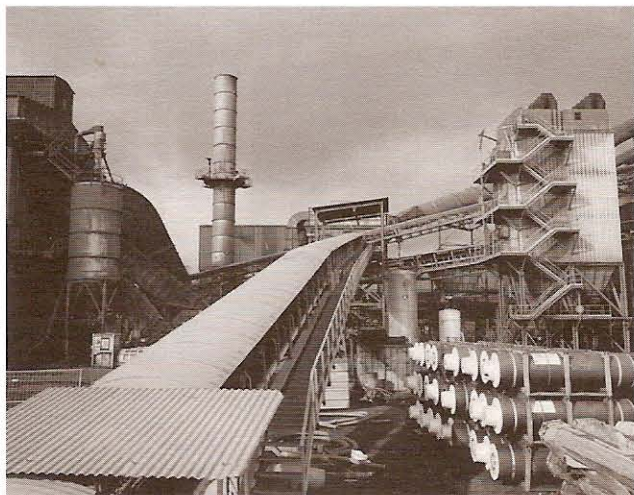


Fig. 4 - Vue générale du convoyeur.

Fig. 4 - Overview of the conveyor.



Fig. 5 - Alimentation du panier.

Fig. 5 - Loading of the basket.

Chargement des paniers

Pour l'introduction des éléments de pneus dans le panier, LME a eu l'opportunité de pouvoir utiliser un ancien système de convoyage, initialement conçu pour alimenter le four en continu avec des ferrailles broyées. Les camions, qui livrent les pneumatiques déchiquetés, vident leur chargement directement sur ce convoyeur (fig. 3), lequel achemine les pneumatiques déchiquetés (fig. 4) vers une trémie, intégrant un système de pesage précis, située en un endroit compatible avec le circuit de chargement des paniers (fig. 5).

Cette trémie, de conception maison, assure une bonne répartition des éléments de pneumatiques à la surface des ferrailles, sans ajouter de frais de main d'œuvre par rapport à l'enfournement d'anthracite

Les pneus sont ainsi introduits, en une seule fois, au niveau du premier tiers du premier panier.

Après addition des pneumatiques, le panier retourne ensuite au parc à ferrailles pour compléter sa charge.

Captage

Une attention particulière doit être apportée au captage primaire, sur la voûte du four.

Depuis les premiers essais, des améliorations ont été réalisées, au niveau de la chambre de post combustion, des water jackets, et des tubes refroidisseurs. Le débit de captage est alors passé, de 90.000 m³/h à 176.000 m³/h. Ceci permet désormais de fonctionner en toute sécurité, sous réserve de bien respecter les règles d'enfournement.

Les paramètres du système de captage ont par ailleurs fait l'objet d'un suivi, avec l'aide d'Aliapur (analyse des poussières) et l'appui d'Air Liquide (analyses des gaz en continu, CO, CO₂, CH₄, H₂)

Four

Dans le cas du four de LME, qui fonctionne en courant monophasé (une seule électrode), le point le plus délicat du cycle se situe à 75% du temps de fusion du premier panier, alors que la puissance consommée est comprise entre 8000 et 9000 KWh.

A ce moment se produit un affalage assez brutal de la charge, ce qui n'est pas le cas dans un four à trois électrodes.

Les principaux paramètres du four, tap to tap, énergie consommée, θ° , O₂, ainsi que les paramètres de la charge enfournée, C par panier, CaO par panier, ont été suivis de façon régulière, ce qui n'a rien révélé de particulier.

Résultats

En ce qui concerne les rejets dans l'air, il n'apparaît toujours aucune différence, entre les fusions avec anthracite ou avec pneus.

Même constat pour la conduite des processus et la qualité de l'acier.

L'économie du système, repose sur le différentiel de prix entre l'anthracite et le pneumatique usagé, déchiqueté. Dans le contexte actuel des marchés de matières premières, le gain réalisé par l'aciérie est substantiel.

En conclusion

Après avoir ajusté son propre mode opératoire, par rapport aux premières expériences réalisées en Lorraine, LME a confirmé les résultats espérés.

L'usage des pneumatiques a été généralisé. Le rythme actuel d'enfournement se situe entre 1000 et 1300 kg par fusion, ce qui correspond à une économie de 800 kg d'anthracite par coulée.

La consommation annuelle de pneumatiques, se situe désormais, de façon régulière, entre 7000 et 7500 t.

■ INDUSTRIALISATION CHEZ INDUSTEEL BELGIUM

L'expérience d'Industeel Belgium s'est déroulée de façon un peu différente, mais le résultat est très voisin de celui de LME.

Brève présentation de cette société

Industeel est une filiale d'Arcelor-Mittal, produisant des aciers inox et des aciers alliés au carbone, elle possède deux usines en France, au Creusot (71) et à Chateaufort (42) et une troisième en Belgique.

Industeel Belgium, ex Fafer, est située dans la région de Charleroi.

Sa production annuelle est de l'ordre de 350 kt d'acier liquide, dont 110 kt d'aciers inox et 240 kt d'aciers au carbone, parmi lesquels des aciers pour usages cryogéniques, à 9% Cr et des aciers pour moules et outils d'abrasion, à haute limite élastique, dits HIC.

L'usage des pneumatiques est limité aux aciers au carbone hors 9% Cr et hors HIC, soit un tonnage de 180 kt par an.

A la différence de LME, le site de Charleroi est doté d'un four classique à trois électrodes, d'une capacité de coulée de 190 t, ce qui correspond à un enfournement de 210 t. Il est équipé de trois brûleurs jets. Son chargement est réalisé en trois paniers.

Mise au point courant 2004

Les premiers essais se sont déroulés courant 2004. La quantité de pneus enfournée par charge est progressivement passée de 400 à 4000 kg, l'objectif étant de remplacer 100% de l'antracite.

Des perturbations ont été observées à partir de 3000 kg. Ceci se traduit en général par des fumées sortant du four, et des montées en température sur les circuits de captages.

L'optimum entre une conduite des processus en toute sécurité, et une économie maximale d'antracite, a ainsi été déterminé pour un enfournement de 2 t par charge, pour les aciers au carbone. Ce ratio, comparable initialement à celui de LME, est aujourd'hui inférieur, LME ayant entre-temps atteint le niveau 1,3 t pour 100 t.

En fait, INDUSTEEL supporte un handicap par rapport à LME sur deux points :

- Une incertitude plus grande sur la pesée.
- Un nombre moindre de coulées par jour qu'à LME, ce qui peut entraîner des temps d'attentes durant le cycle, situation toujours défavorable à la valorisation de la totalité du carbone à l'intérieur du four.



Fig. 6 - Stockage des pneus déchiquetés dans le parc à ferrailles.

Fig. 6 - Storage of shredded tyres in the scrap yard.

Fonctionnement industriel

Stockage

Les pneumatiques déchiquetés, sont livrés par camions dans une case du parc à ferrailles (fig. 6). Une alimentation en flux tendu est souhaitable, pour limiter la quantité en attente et répondre ainsi aux exigences du service sécurité.

Les produits sont chargés au grappin dans les paniers.

Chargement

Celui-ci s'effectue au grappin, dans le premier, puis dans le deuxième panier.

La pesée, est effectuée sur l'un des deux pesons au sol, équipant le parc (fig. 7). Ces pesons supportant la totalité du panier, permettent en usage courant, de mesurer les quantités de ferrailles ajoutées, par catégories pour constituer le lit de fusion.

La précision de mesure, de l'ordre de 250 kg, est donc moindre qu'à LME, où l'on utilise une bascule indépendante, de force appropriée. Ceci justifie la limitation de la quantité enfournée à 2 t, alors que les essais avaient montré qu'il était théoriquement possible de monter à 3 t.

Le plan de chargement est finalement le suivant :

- 1 t dans le premier panier, niveau deuxième moitié,
- 1 t dans le deuxième panier, niveau troisième tiers.

Ceci conduit Industeel Belgium à une consommation régulière de 1800 t de pneus par an, engendrant une économie de plus de 1000 t d'antracite.

■ CONCLUSION

En conclusion de ces deux expériences, réussies, nous pouvons dire qu'il s'est établi une substitution fiable, tant sur le plan économique qu'écologique.



Fig. 7 - Peson pour paniers.

Fig. 7 - Load cell for baskets.

Une synergie s'est ainsi révélée entre deux secteurs industriels:

- L'industrie du pneumatique peut désormais compter sur une filière nouvelle, et fiable, de valorisation de ses produits en fin de vie.
- L'industrie de l'acier a découvert une nouvelle matière première, capable de remplacer l'anthracite, à un coût beaucoup plus avantageux.

- Les deux Industries, en jouant gagnant/gagnant sur le plan économique, ont adopté à cette occasion, une démarche favorable à l'environnement.

Toutefois une difficulté subsiste, pour convaincre les Pouvoirs Publics régionaux, lesquels souvent rendus méfiants par des pratiques douteuses, ayant pu affecter la valorisation de certains déchets, ont des difficultés à se convaincre du caractère durable, qu'offre la substitution à du charbon, d'un produit riche en carbone, et parfaitement maîtrisé par une filière de collecte et valorisation, offrant toutes les garanties de transparence et de sérieux.

■ REFERENCES

- (1) (J.-J.) ALMON, (J.-P.) BIRAT, (J.-P.) GOREZ, (C.) GRISVARD, (B.) GROS, (J.-C.) HUBER - Recycling used tyres in the Electric Arc Furnace, International Steelmaking Conference, ATS, Paris, December 2001.
- (2) (J.-P.) BIRAT, (J.-P.) GOREZ, (C.) GRISVARD, (B.) GROS, (J.-C.) HUBER, (X.) LE COQ) - Charging tyres in the EAF, as a fuel substitute for carbon, 7^e EBSC Venice May, 2002.
- (3) (J.-P.) GOREZ, (B.) GROS, (J.-P.) BIRAT, (C.) GRISVARD, (J.-C.) HUBER, (X.) LE COQ - Charging tyres in the EAF as a substitute to carbon, *Revue de Métallurgie-CIT*, n°1, p.17-24, January 2003.
- (4) Des pneus usagés en aciérie électrique, un succès industriel. Brochure éditée par Aliapur en 2006.