



Valorisation du métal et du noir de carbone des PUNR dans de la fonte



Gilles TIHON
CTIF

Service ROP
44 avenue de la Division Leclerc
92318 Sèvres Cedex
Tél. : 01 41 14 63 84
Fax : 01 45 34 14 34
tihon@ctif.com

Ingénieur civil chimiste et docteur en sciences appliquées, sciences des procédés, orientation métallurgie extractive.

Après une expérience industrielle aux fonderies Lecomte en Belgique, Gilles TIHON est arrivé au CTIF en 1999 en tant qu'ingénieur de projet et expert cubilot.

Il est professeur à l'Ecole supérieure de fonderie et de forge (ESFF) depuis 2006.



Gérard THUET
Président du Directoire
FMGC

ZI Hochepie – Soudan
44110 Chateaubriant
Tél. : 02 40 28 50 73
Fax : 02 2 40 28 50 96
gerard.thuet@fmgc.fr

FMGC : fonderie de fonte de contrepoids

CA : 60 M€

Effectif : 340 personnes

Production : 85 à 90 000 t de fonte par an
Marchés de la manutention, du TP et du nautisme

Résumé

A l'image de ce qui se passe dans les aciéries, les pneumatiques usagés intéressent les fonderies, notamment, pour leur carbone. En effet, l'acier, le carbure de silicium et le coke sont des matières premières très coûteuses qu'il devient de plus en plus intéressant de substituer.

A cet effet, afin de vérifier la faisabilité technique de l'utilisation de PUNR dans les fonderies, des essais d'introduction de PUNR ont été réalisés en 2004 et 2005 dans deux fonderies utilisant un cubilot à vent chaud pour une convention de recherche CTIF-ADEME.

Les résultats ont montré qu'il est possible de charger des pneus et de produire de la fonte possédant les critères requis.

Cependant, l'enfournement de pneus a été limité par des contraintes de temps d'expérimentation et de procédé. Par conséquent, une autre campagne de recherche a été menée par CTIF, financée par la fonderie FMGC et ALIAPUR avec le soutien de l'ADEME. Elle a validé la possibilité d'enfourner des broyats de pneus PL de manière continue. Pour FMGC, le système de traitement des fumées a atteint la saturation lors du chargement d'environ 1,1% de pneus dans la charge métallique.

De plus, les différents essais ont mis en évidence la nécessité de maîtriser parfaitement le format des broyats (taille, taux de barbules) pour limiter aux maximum les problèmes lors du chargement automatique des pneus. Une dernière expérimentation sur une durée de 6 mois a été initiée en 2007, après obtention d'une autorisation temporaire d'enfournement.

Les premiers résultats sur une longue période montrent que l'enfournement de pneus demande une excellente maîtrise du procédé de fusion et des broyats de caractéristiques précises.

Cette communication présente également une évaluation des bénéfices possibles résultant du changement de matière chargée au cubilot.

Mots clefs : valorisation, broyats, pneu, cubilot, fonte, ALIAPUR, CTIF, FMGC

Valorisation du métal et du noir de carbone des PUNR dans de la fonte

Gilles TIHON, CTIF

44 av de la Division Leclerc - 92318 Sèvres Cedex
Tél : 01 41 14 63 84 - Fax : 01 45 34 14 34 - tihon@ctif.com

Gérard THUET, FMGC

Z.I. de Soudan - 44110 Chateaubriant
Tél : 02 40 28 50 73 - Fax : 02 40 28 50 96
gerard.thuet@fmgc.fr

1 - NOTE LIMINAIRE

La société **FMGC** est installée à Soudan (Chateaubriant). Son activité principale est la conception, la fabrication et la vente de contrepoids en fonte de 500 à 15000 kg destinés aux marchés de la manutention, des travaux publics et du nautisme. FMGC appartient au Groupe FARINIA.

ALIAPUR <http://www.ALIAPUR.com> est acteur de référence dans la valorisation des pneus usagés non réutilisables (PUNR). Cette société désire augmenter les possibilités de recycler les pneus usagés, tandis que FMGC désire diversifier ses ressources en matières premières.

CTIF <http://www.ctif.com> est un centre de recherches et développement français spécialisé en fonderie. Au cœur de la filière de transformation des matériaux, il œuvre en permanence à relier la recherche appliquée au monde industriel. Ses objectifs sont de favoriser le développement des pièces moulées dans tous les secteurs industriels.

La fonderie souhaite recycler la matière contenue dans les PUNR et utilisable pour produire de la fonte: le métal et le noir de carbone. FMGC a demandé et obtenu une autorisation temporaire d'enfournement durant six mois des PUNR que ALIAPUR lui fournirait. CTIF supervise la réalisation de cette campagne d'essais.

Le présent document a pour objectif de porter à la connaissance de l'audience de ce colloque la nature et les conditions de réalisation de cette campagne d'essais de six mois.

2 - RAISONS DU PROJET DE SIX MOIS

Il existe déjà plusieurs méthodes de valorisation des PUNR (voir <http://www.ALIAPUR.com>). Charger des broyats de PUNR se fait déjà en aciérie pour remplacer le carbone qui est utilisé pour réduire les oxydes de fer et qui est apporté par l'antracite.

Lors de deux recherches antérieures, CTIF a montré qu'il est possible de recycler les PUNR dans les cubilots à vent chaud, mais qu'il y a des difficultés. Les cubilots à vent chauds, décrits plus loin, sont des fours de fusion de fonte, la fonte étant composée principalement de fer avec du carbone et du silicium principalement, ainsi que du manganèse, du phosphore et du soufre. Il peut y avoir d'autres oligo-éléments.

Les pneus poids lourds contiennent environ 25% d'acier et le prix de cette matière première augmente. Les propriétés techniques des cubilots à vent chaud leur permettent et leur imposent le chargement d'acier, matière première moins onéreuse que la fonte. Une partie du carbone nécessaire pour que la fonte liquide ait la bonne composition chimique est fournie par le coke. Mais il faut aussi charger des matières recarburantes pour augmenter la teneur en carbone de la fonte coulée. Le chargement de PUNR permet de recycler leur noir de carbone dans la fonte et d'augmenter ainsi sa teneur en carbone.

Le recyclage des PUNR valorise leur métal et leur noir de carbone. La moitié environ des pneus se retrouve dans les pièces produites. Le chargement de PUNR au cubilot a ainsi trois avantages:

1. diminution des stocks de pneus usagés en France
2. valorisation du métal et du noir minéral contenus dans les pneus poids lourds (environ 50% en poids)
3. diminution du taux de coke utilisé par la fonderie et donc de la consommation de carbone fossile.

➤ La diversification des possibilités d'utilisation des PUNR réduit leurs quantités en France et diminue le coût de leur élimination.

➤ Le recyclage du métal et du noir minéral ainsi que la réduction de la consommation de coke permet à la fonderie de se défendre dans un milieu économique très fortement soumis à la concurrence des pays à main d'œuvre bon marché.

3 - LE CUBILOT A VENT CHAUD

Le cubilot à vent chaud est un four de fusion de fonte cylindrique et vertical (figure page suivante). L'énergie nécessaire est apportée principalement par la combustion du coke. Le cubilot peut être décrit comme un appareil de fusion de fonte à contre-courant. La matière première à fondre est constituée de vieilles ferrailles de fonte et d'acier et de ferro-alliages de carbone, silicium et manganèse. Ces vieilles ferrailles sont chargées par le dessus du cubilot après avoir été pesées avec le coke et la castine. Le coke sert de combustible et d'apport de carbone pour la fonte, tandis que la castine (CaCO_3) sert de fondant pour le laitier. Le taux de coke est généralement exprimé en pourcentage de la charge métallique.

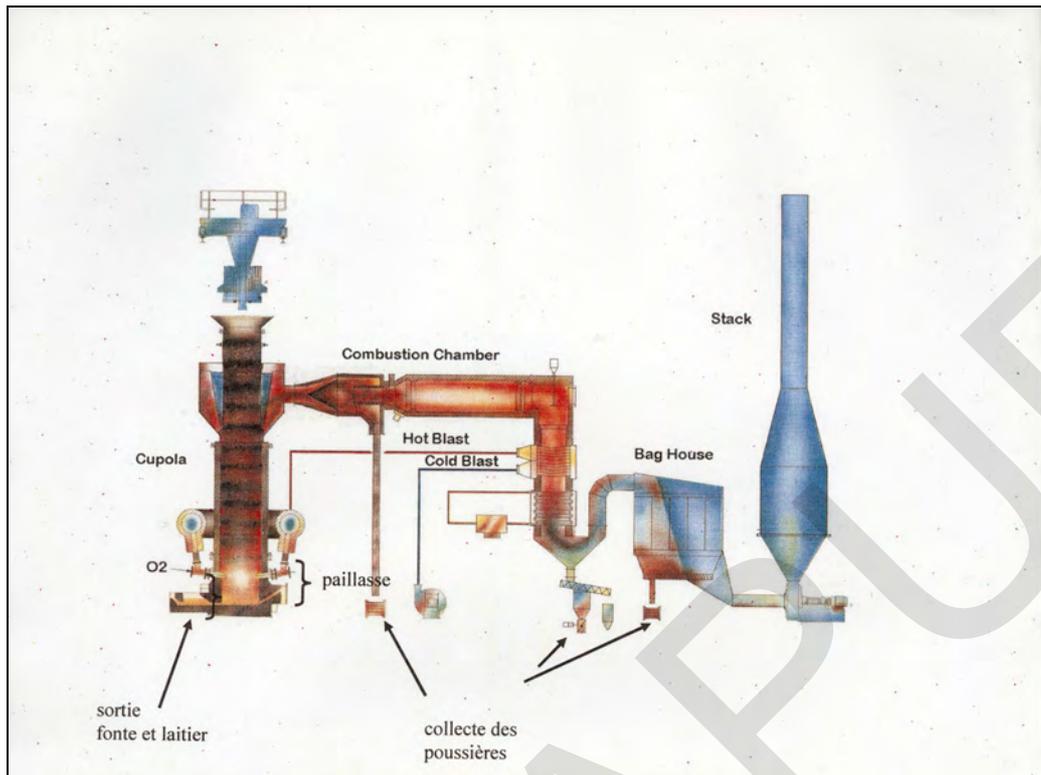
De l'air chaud est introduit dans le bas du four par les tuyères et brûle le coke dans la paillasse en dégageant de la chaleur. La paillasse est constituée de coke et sert de support à la charge dans le cubilot. Elle se situe sur la sole et occupe le fond du four jusqu'à environ un mètre au-dessus des tuyères. Les fumées chaudes produites par la combustion montent et échangent leur chaleur avec la charge métallique qui descend, se chauffe puis fond. Un orifice sur le côté dans le fond du four permet de sortir la fonte et le laitier.

En face des tuyères, la combustion est complète selon la réaction $\text{C} + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g})$

Par après, le $\text{CO}_2(\text{g})$ réagit avec le coke de la paillasse selon la réaction de Boudouard $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C} \longrightarrow 2\text{CO}(\text{g})$. Ce $\text{CO}(\text{g})$ se retrouve dans les fumées.

Les fumées émises par le cubilot passent préalablement par un premier cyclone de dépoussiérage, puis vont dans une chambre de combustion (parfois appelée de post-combustion) afin de brûler le CO et les COV. Une trappe permet d'évacuer les poussières collectées dans cette chambre. Les fumées passent ensuite à travers un échangeur, ce qui permet de récupérer une partie des chaleurs latente et sensible pour chauffer le vent soufflé aux tuyères et pour d'autres valorisations. Les fumées sont ensuite refroidies et filtrées avant d'être évacuées par la cheminée. Le schéma présenté ici est un schéma type de cubilot. La chambre de post-combustion est éloignée du cubilot et est verticale à la FMGC.

Le cubilot à vent chaud de FMGC coule entre 450 et 520 tonnes par jour, du lundi matin au vendredi soir. Les pneus ne sont enfournés que du lundi midi au vendredi 04 heures du matin, lorsque les paramètres de fusion seront stabilisés.



4 - ESSAIS D'ENFOURNEMENT DE PNEUS DEJA REALISES

CTIF a déjà conduit deux études de recyclage des pneus au cubilot. La première recherche a eu lieu en 2004-2005 et a été financée pour moitié par CTIF et pour moitié par ADEME. La deuxième recherche a eu lieu en 2006 et a été financée par FMGC et ALIAPUR qui ont reçu un soutien de l'ADEME.

4.A- Recherche CTIF-ADEME

La recherche CTIF-ADEME a fait des essais dans deux cubilots à vent chaud. Il a été montré que:

- Lors de leur descente dans le cubilot, les pneus pyrolysent. La fonderie doit charger des broyats de pneus poids lourds afin de réduire les émissions de composés pyrolysés qui doivent être brûlés dans la chambre de post-combustion.
- L'acier des pneus passe dans la fonte sans nuire à sa qualité. Le carbone des pneus permet la carburation de la fonte. Il n'y a pas augmentation des teneurs en zinc, azote et oxygène dans la fonte.
- Le chargement de pneus peut se réaliser sans nuire aux conditions opératoires quand le débit de fonte est modéré. L'essai exploratoire a montré la stabilité de fonctionnement du cubilot A lors du chargement de 1.06% de pneus durant 7,5 heures à débit de fonte réduit. Les essais à la fonderie D ont montré un chargement possible de 1.6% de pneus durant 4 heures, également à débit de fonte réduit, et de 1.1% de pneus à débit normal durant plus de six heures.
- Les fumées émises doivent être brûlées puis refroidies avant rejet final. La limitation à l'enfournement de pneus se trouve dans le traitement ultérieur des fumées, pas dans l'enfournement de pneus ni dans la conduite du cubilot.
- La partie métallique des pneus poids lourds (environ 25%) et une partie de leur noir minéral (environ 20%) passent dans la fonte.
- La pyrolyse des pneus augmente considérablement la charge de travail du système de traitement des fumées. Nous avons calculé les quantités d'air supplémentaire nécessaire pour brûler puis refroidir les fumées lorsque des pneus sont chargés. Un kilogramme de pneus PL demande 9,8 Nm³ d'air de combustion et 12,5 Nm³ d'air de refroidissement, soit un total de 22,3 Nm³.

La valorisation matière des pneus permet de réduire le taux de coke qui doit fournir moins de carbone à la fonte. Lors de nos essais, un kilo de pneu a remplacé un demi-kilo de coke.

4.B - Recherche ALIAPUR-FMGC

La recherche ALIAPUR-FMGC a été faite sur différents broyats de pneus poids lourds : les broyats A, B, C et "en vrac". Les lots de broyats sont constitués de morceaux de pneus de taille variable, d'environ 5 centimètres sur 20 centimètres. Le procédé de cisailage des pneus et l'usure des couteaux confèrent des caractéristiques différentes à ces morceaux. La figure ci-jointe montre des broyats de PUNR chargés.



Il a été montré que :

- Les broyats de pneus poids lourds ont des caractéristiques variables ainsi que toutes les matières premières et les vieilles ferrailles. Cette étude a montré que les broyats de type C sont une excellente matière première et que les broyats "en vrac" conviennent. Les broyats A et B sont à éviter.
- Ces broyats C et "en vrac" peuvent être chargés par le système de chargement de la fonderie mais il y a des arrêts de fonctionnement. Une adaptation de l'équipement faciliterait le chargement de broyats.
- Les broyats peuvent être chargés au taux de 1,05% de la charge métallique sans perturber le processus de fusion dans le cubilot. Le traitement des fumées constitue la limite à l'enfournement de pneus. La principale limite se trouve dans le système de régulation de la combustion des fumées.
- 56% des broyats de PUNR vont dans le métal liquide sous forme de fer et de carbone, valeur supérieure aux premières déterminations. Le chargement de 1,05% de pneus permet de réduire le taux de petit coke de 0,6%. 1000 kilos permettent de charger 255 kilos de ferraille ainsi que 571 kilos de coke en moins.
- Les émissions en rejet final présentent des concentrations négligeables à l'exception des teneurs mercure et en dioxine et furanes supérieures à la valeur de 0,1 ng TEQ/Nm³ qui constitue un objectif de performance pour le cubilot à vent chaud dans le BREF fonderie.

4. C - Emissions en rejet final

Des mesures à l'émission en rejet final à la cheminée ont été accomplies dans les deux études.

- Les émissions en rejet final des poussières, en SO₂, CO, COV, NO_x, métaux lourds, HCl, HF sont inférieures aux limites légales (arrêté du 02/02/1998) lors de l'enfournement de pneus et sans enfournement de pneus lors de tous les essais.
- Les mesures en Cd+Tl+Hg ainsi qu'en dioxines et furanes ont des valeurs différentes selon les essais. Ceci est repris dans le tableau ci-dessous:

	première série		deuxième série	
	avec pneus	sans pneus	avec pneus	sans pneus
Cd+Tl+Hg (limite: 0,1 mg/Nm ³ exprimé en Cd+Tl+Hg) et 0,05 mg/Nm ³ par métal pour un flux > 1 g/h	0,311 mg/Nm ³ 0,0067 kg/h	0,129 mg/Nm ³ 0,0031 kg/h	0,010 mg/Nm ³ 0,000429 kg/h	0,056 mg/Nm ³ 0,0026 kg/h
dioxines et furanes > 0,1ngTEQ / Nm ³)	valeurs moins élevées lors du chargement de pneus		valeurs plus élevées lors du chargement de pneus	

A la suite de la deuxième mission de CTIF, FMGC a réalisé un certain nombre d'améliorations :

- le changement des manches du filtre;
- le revamping de l'échangeur;
- le changement de la consigne de la teneur en O₂ à la sortie de la chambre de post-combustion
- l'augmentation du débit d'air de refroidissement de cette chambre.

Ces améliorations ont permis de diminuer les émissions de dioxines et furanes.

4. D- Conclusions des deux premières études

En conclusion de ces deux premières études,

1. Il est possible de charger environ 1,1% de pneus poids lourds dans le cubilot à vent chaud de FMGC et de produire de la fonte possédant les qualités requises.
2. Environ la moitié des pneus est recyclée dans la fonte: 45% lors des premiers essais, 56% lors des deuxièmes essais. Le métal et le noir minéral sont valorisés, et ceci permet de réduire le taux de coke.
3. Le chargement de broyats de PUNR sollicite fortement le système de traitement des fumées.
4. En 2006, le système de traitement des fumées a montré des difficultés de fonctionnement et CTIF a aidé à en éliminer quelques unes. Ceci est abordé dans le chapitre suivant.
5. La durée des essais a été trop faible pour déterminer la faisabilité technique et économique d'un enfournement pérenne.

5 - DESCRIPTION DU PROJET

Le cubilot à vent chaud de FMGC émet déjà de grandes quantités de CO à brûler dans la chambre de post-combustion. Ces fumées doivent ensuite être refroidies. L'apport de chaleur réalisé par la combustion supplémentaire des gaz provenant de la pyrolyse des pneus est inutile au procédé actuel et cette énergie supplémentaire doit être évacuée.

FMGC et ALIAPUR ont décidé conjointement de réaliser une campagne de cinq à six mois de validation industrielle avec enfournement permanent de 0,8% de broyats de PUNR poids lourds et ont demandé à CTIF d'être l'organisateur de cette campagne. Le taux de 0,8% de PUNR est inférieur à ce qui a déjà été testé mais il a été choisi afin d'assurer un traitement des fumées complet.

Ce projet a pour objectifs :

- 1) la mise au point de la qualité des broyats (vis à vis de l'écoulement dans la trémie du chargement et de la régularité de la fourniture) ;
- 2) la confirmation de la stabilité de la qualité de la fonte coulée ;
- 3) le suivi des impacts environnementaux ;
- 4) la détermination de l'incidence de l'enfournement sur la stabilité du procédé ;
- 5) la vérification de l'influence du taux de PUNR sur la capacité de débit de fonte ;
- 6) l'impact de l'utilisation de broyats durant une longue durée sur les composants du système de traitement des fumées (fréquence de nettoyage des conduites, efficacité des filtres, etc.).

5.1 Mise au point de la qualité des broyats

ALIAPUR désire pouvoir fournir à la fonderie le meilleur type de broyats pour le procédé industriel envisagé. Il faut donc produire plusieurs sortes de broyats et les introduire dans le four. Il faut par exemple déterminer l'importance de l'usure des couteaux sur la taille et l'aspect des fils de métal (les barbules) dépassant les morceaux de PUNR. La fonderie FMGC essaiera ces différents broyats et déterminera ceux qui peuvent être chargés et ceux qui ne le peuvent pas.

5.2 Assurer la qualité de la fonte coulée

Les quelques heures d'enfournement de pneus lors des deux premières recherches ont montré que leur utilisation est envisageable car la fonte produite a la qualité requise. Cependant, ceci doit être confirmé sur une longue durée, quels que soient la vieille ferraille enfournée et le type de pneus. Il faut s'assurer du maintien de la qualité de la production. Il faut notamment vérifier l'évolution des teneurs en carbone et en soufre de la fonte.

5.3 Suivi des impacts environnementaux

Les deux premiers projets ont montré la difficulté de maîtriser la qualité des effluents gazeux. Ils ont montré des résultats contradictoires en ce qui concerne les dioxines mais surtout quelques déficiences de la chambre de combustion. La fonderie a modifié l'outil et ses paramètres de conduite pour améliorer la situation. Il est prévu de faire de nombreuses mesures par un organisme accrédité COFRAC, dont cinq fois les mesures de débit, de température et d'hygrométrie des fumées, ainsi que leurs teneurs en CO, CO₂, O₂, dioxines et furanes en rejet final.

5.4 Détermination de l'influence de l'enfournement sur la stabilité du procédé

L'enfournement de pneus sur une longue durée pourrait avoir une influence sur le maintien de la paillasse, l'encrassement de la sole, la propreté des chenaux. Il faut déterminer aussi la possibilité d'enfourner les PUNR de manière régulière sans perturber la production sur de longues périodes, et la compatibilité de cette charge particulière avec tous les types de vieilles ferrailles qui seront enfournés. Des visites de CTIF feront un état de la situation de manière régulière pour en informer ALIAPUR et FMGC et proposer des actions correctives si nécessaire.

5.5 Vérification de l'influence du taux de pneus sur la capacité de débit de fonte

L'enfournement de PUNR augmente la charge de travail de la chambre de post-combustion et de tout le système de traitement des fumées. CTIF déterminera dans quelle mesure l'enfournement de 0,8% de broyats diminue le débit de fonte possible par essais sur site. Toutes autres choses restant égales par ailleurs, dans un premier temps, nous considérons que la combustion des fumées est complète tant que la mesure du CO en continu installée par la fonderie en rejet final est nulle. Nous avons déterminé le débit maximal de fonte sans pneus en augmentant le débit de vent soufflé aux tuyères jusqu'à frôler la limite en CO. Ensuite, nous avons chargé 0,8% de pneus et ajusté le débit de fonte de manière que les teneurs mesurées en CO soient nulles. La fonderie stabilisera le procédé de fusion avec enfournement régulier de pneus en se basant sur les mesures CO affichées au poste de fusion.

Les premières mesures environnementales couplées aux mesures au poste de fusion ont permis de déterminer les conditions de travail pour la suite de la campagne de six mois. Ces interprétations, complétées par celles faites à la fin de la campagne de six mois, permettront de connaître de façon précise l'influence des pneus sur la diminution de production due à l'enfournement des pneus et la détermination des équipements nécessaires dans le cas d'une production au débit maximal avec enfournement de 0,8% de pneus jusqu'à 2% de pneus.

5.6 Impact de l'utilisation de broyats durant une longue durée sur les composants du système de traitement des fumées

CTIF veut vérifier que l'introduction de 0,8% de PUNR n'entraîne pas

- une saturation de la chambre de combustion,
- une augmentation de la fréquence de nettoyage des conduites entre le gueulard du cubilot et la chambre de post-combustion,
- une modification de l'efficacité des filtres par un encombrement des pores des manches de filtration,
- une augmentation de la pression dans le filtre et par là une augmentation de la puissance demandée par l'exhausteur en rejet final jusqu'à ce qu'il atteigne ses limites.

5.7 Mesures environnementales

La production de fonte avec la qualité requise lors du chargement de pneus est possible. Cela doit être confirmé sur une longue période pour en déterminer les avantages économiques et environnementaux. Cela doit se faire en émettant des fumées en rejet final avec des concentrations en composés inférieures aux limites.

Les deux premières campagnes (ADEME-CTIF et ALIAPUR-FMGC) ont montré une contradiction dans les émissions en dioxines et furanes. Les dioxines et furanes proviennent également d'autres sources que les pneus: charges métalliques, combustibles, paramètres de fonctionnement de l'installation dont la combustion des fumées dans la chambre de post-combustion.

Il faut donc approfondir nos connaissances. Ceci permettra de déterminer si le chargement de pneus modifie les émissions en rejet final, de mieux connaître les capacités de l'équipement de traitement des fumées actuel, et d'envisager l'installation d'outils de traitement des fumées supplémentaires, comme l'installation de systèmes d'injection de charbon actif dans le flux des fumées, ou de mélanges de zéolite et chaux.

6 - PHASES DU PROJET

Les travaux peuvent être divisés en trois phases principales :

6. A- Phase 1 : Validation des conditions préalables et définition des essais à réaliser

Objectif

Indépendamment de l'introduction de PUNR, l'installation actuelle a montré certaines limites lors des campagnes de mesures réalisées par CTIF. A la suite de la mission du CTIF, FMGC a engagé un certain nombre d'améliorations :

- le changement des manches du filtre ;
- le revamping de l'échangeur ;
- le changement de la consigne de la teneur en O₂ à la sortie de la chambre de post-combustion ;
- l'augmentation du débit d'air de refroidissement de cette chambre.

En parallèle à ces actions, ALIAPUR et FMGC ont mis en place toutes les mesures logistiques et contractuelles pour assurer de façon régulière l'approvisionnement et le chargement en PUNR de qualités adéquates à un taux moyen de 0,8 %, et ce, pendant une période de 5 à 6 mois.

Dans cette phase « Validation des conditions préalables et définition des essais à réaliser », CTIF a assuré que tout est place pour lancer la 1^{er} campagne de mesures environnementales dans de bonnes conditions. Les actions suivantes ont été faites :

- Détermination des débits maximum dans les conditions opératoires usuelles (Matières premières et coke).
- Evaluation de l'impact de l'introduction de 0,8 % PUNR sur le débit de fonte maximal.
- Interprétation des résultats, afin de mettre en place les
- Paramètres de fonctionnement pour la Phase 2.

6. B- Phase 2 : Campagnes de mesures environnementales

Objectif

Déterminer, au débit maximal de fonte possible (estimé en « Phase 1 »), l'influence de l'introduction de pneumatiques (0,8 %) sur les débits et la température des fumées en rejet final, les émissions de CO et CO₂ (et O₂), de poussières, de dioxines et furanes. Ces mesures - étant faites en cinq fois - sont les suivantes :

- 1) Mesures sans PUNR de manière à avoir les paramètres de base de fonctionnement dans les conditions de la fonderie actuelles
- 2) Mesures avec 0,8% de PUNR, après avoir enfourné des pneus durant deux semaines et demi
Ces deux premières campagnes de mesures ont été faites.
- 3) Mesures avec 0,8% de PUNR, après les congés
- 4) Mesures avec PUNR à la fin de la campagne des 5 à 6 mois.
- 5) Mesures sans PUNR quelques semaines après la fin de la campagne des 5 à 6 mois de manière à ce que toute l'installation ait été "lavée".

Toutes les mesures à faire à la cheminée en rejet final sont reprises dans le tableau ci-joint. En plus du CO, CO₂, O₂, poussières et dioxines+furanés les trois premières campagnes de mesure, nous mesurerons : HCl, HF, SO₂, oxydes d'azote, substances organiques exprimées en carbone organique total, les HAP, les métaux lourds : cadmium et ses composés, le thallium et ses composés, le mercure et ses composés ainsi que (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V...) à la fin de la campagne d'essais.

Lors de ces mesures, les poussières arrêtées aux cyclones et aux filtres seront pesées, de manière à pouvoir comparer les quantités totales de poussières produites sans et avec enfournement de PUNR.

Mesures à la cheminée en rejet final					
	10 mai 11 juillet		17-18 oct	décembre	?
PNEUS	sans	avec	avec	Avec ou sans	Sans ou avec
débit/température	Fait	Fait	X	X	X
hygrométrie	Fait	Fait	X	X	X
poussières	Fait	Fait	X	X	X
CO, CO ₂ , O ₂	Fait	Fait	X	X	X
dioxines et furanes	Fait	Fait	X	X	X
NO _x	■	■	■	X	X
SO ₂	■	■	■	X	X
COV en C total	■	■	■	X	X
HCl et HF gazeux	■	■	■	X	X
Métaux lourds part	■	■	■	X	X
Métaux lourds gaz	■	■	■	X	X
HAP	■	■	■	X	X

6. C- Phase 3 : Suivi de l'enfournement sur une longue période

Objectif

- L'objectif de cette phase est de donner à chaque partenaire les informations nécessaires à l'établissement du contrat pluriannuel de fourniture et d'utilisation de PUNR. Le chef de projet CTIF effectuera des visites régulières pour analyser avec FMGC et ALIAPUR les résultats du suivi, pour optimiser éventuellement le programme de suivi et assister les partenaires à analyser l'impact réel de l'introduction des PUNR sur les phénomènes constatés.
- L'introduction de PUNR à 0,8 % durant une longue durée permettra de connaître le fonctionnement du cubilot et de ses périphériques sur le long terme et procurera les informations nécessaires si on portait le taux de PUNR à 2%.

7 - CONCLUSION PROVISOIRE

L'enfournement de broyats de PUNR poids lourds durant six mois a commencé.

- L'utilisation de lots différents a montré que les pneus sont à considérer comme une matière première. Leur préparation a beaucoup d'influence sur leur possibilité d'utilisation. Des types de broyats de pneus PL conformes, acceptables et inacceptables pour la fonderie ont déjà été déterminés.
- Le débit maximum de fonte a été déterminé avec et sans pneus dans les conditions de travail de la fonderie ces jours-là. D'autres mesures permettront d'affiner les connaissances et de déterminer l'intérêt industriel du procédé.

Cette étude montre la nécessité de faire des essais d'enfournement de pneus sur une longue période.