



# VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :

## UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ  
TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE  
D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU





FMGC

**VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS**

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

# SOMMAIRE

- 1. Les partenaires**
- 2. Rappel technique**
- 3. Rappel historique**
- 4. Conditions expérimentales**
- 5. Détermination des pré - requis**
- 6. Résultats**
- 7. Bilan économique**
- 8. Conclusion**



FMGC

**VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS**

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## LES PARTENAIRES

- Les résultats qui suivent sont le fruit d'expérimentations menées en partenariat par :



**ALIAPUR** : société en charge de la collecte, de l'élimination et de la valorisation des pneumatiques usagés.



**CTIF** : centre de recherche et de développement français spécialisé en fonderie.



**FMGC** : fonderie spécialisée en conception, fabrication et commercialisation de contrepoids pour la manutention, les activités nautiques et les TP.

*avec le soutien de l'ADEME*





FMGC

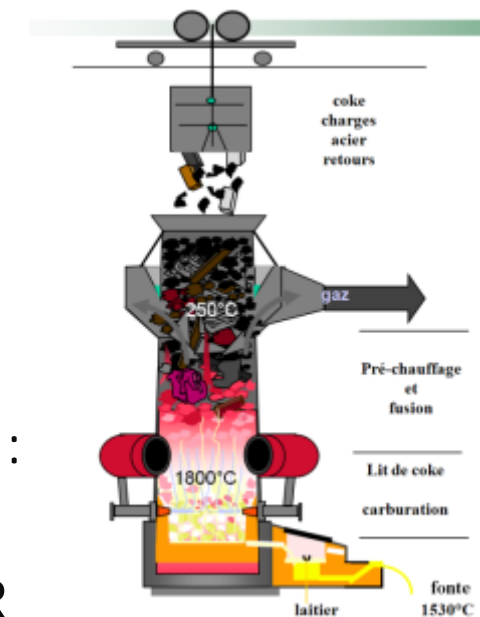
VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## RAPPEL TECHNIQUE

### ■ Pourquoi utiliser des pneus usagés en fonderie ?

- Pour produire de la fonte, on recycle des ferrailles en présence de coke (combustible provenant du charbon fossilisé) qui fournit la chaleur nécessaire à la fusion et le carbone, constituant essentiel de la fonte.
- Les pneus sont eux mêmes constitués, en moyenne, de :
  - 15 à 25 % de **fer selon leur type**,
  - 70 % de **carbone** (noir de carbone + élastomères).
- Le chargement de pneus dans le cubilot permet :
  - de limiter les apports en coke,
  - de valoriser le métal et le carbone des PUNR (plus de 50% de leur poids).





FMGC

VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## RAPPEL HISTORIQUE

### ■ Un projet en phase avec l'évolution technique et économique

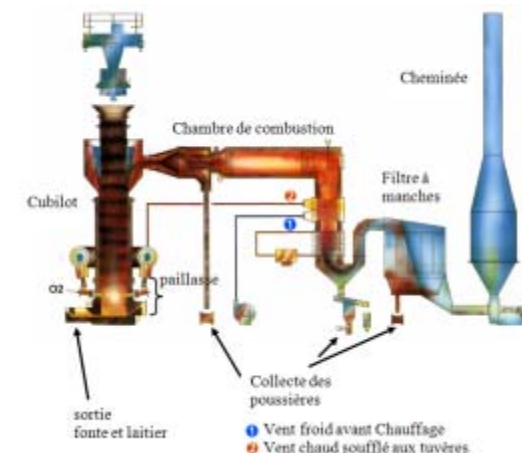
- Premières tentatives de chargement de PUNR en cubilot à partir de 1985 :

- résultats décevants en matière de **pollution** et de **qualité de la fonte**.

- Evolution du contexte :

- développement des cubilots à vent chaud,
- maîtrise du traitement des PUNR par des sociétés spécialisées,
- tensions sur le marché du coke et des ferrailles.

➔ *à partir de 2000 reprise des essais sous l'impulsion du CTIF*





FMGC

VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## RAPPEL HISTORIQUE

### ■ Des campagnes successives et approfondies

#### 2004 - 2005 :

- 1ère étude *CTIF – ADEME* (octobre 2003 – décembre 2005)

#### 2006 :

- 2ème étude *CTIF - ALIAPUR – FMGC- ADEME*

➔ **5 juillet 2007** : *obtention d'une Autorisation d'Exploitation Provisoire.*

#### juillet 2007 – juillet 2008 :

- Essais de longue durée :  
2 campagnes de 6 mois (*CTIF - ALIAPUR – FMGC- ADEME*)

➔ *validation industrielle de la faisabilité technique et de l'intérêt économique d'un enfournement en continu.*



FMGC

**VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS**

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

- **Des essais au long terme en conditions réelles d'exploitation**
  - ➔ **2 x 6 mois** d'essais industriels
  - ➔ **suivi permanent** et observation rigoureuse du processus
  - ➔ **chargement en continu** du mardi au jeudi
  - ➔ production d'environ **500t de fonte / jour**



16 juillet 2008



FMGC

VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

- **Des essais au long terme en conditions réelles d'exploitation (suite)**
  - Objectifs :
    - ➔ mise au point de la **qualité des broyats**
    - ➔ suivi des **impacts environnementaux**
    - ➔ confirmation de la stabilité de la **qualité de la fonte coulée**
    - ➔ évaluation de l'incidence de l'enfournement sur la **stabilité du procédé**
    - ➔ vérification de l'influence du taux de pneus sur les **performances du cubilot**
    - ➔ impact de l'utilisation de broyats à long terme sur le **système de traitement de fumées**



## DÉTERMINATION DES PRÉ - REQUIS

### ■ Pré requis 1 : maîtriser la qualité de la matière première

➔ Il est indispensable d'utiliser une matière première de qualité définie et constante :

- pneus usagés de type **poids lourds** (rigidité structurelle et profil volumétrique des broyats),
- broyats de **calibre suffisant et homogène** (pour supporter la charge),
- **qualité de coupe** (pour un bon écoulement).





**VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS**

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

VISIOPUR

## ■ VISIOPUR : des broyats calibrés, une qualité garantie

- Avec le procédé VISIOPUR, Aliapur garantit des **spécifications techniques minimum** sur le format et la qualité de coupe des broyats.

➔ détermination du **produit adéquat**

➔ **fourniture régulière** de broyats répondant aux spécifications

➔ **mesures précises** et normalisées (NF AFNOR XO T47-751, 753, 756, 757)





FMGC

VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## DÉTERMINATION DES PRÉ - REQUIS

### ■ Pré requis 2 : maîtriser les conditions de production

➔ certaines préconisations relatives aux modes opératoires sont souhaitables pour assurer une production pérenne :

- enfourner des pneus lorsque l'installation a atteint son **équilibre thermique**
- contrôler :
  - la **température des fumées** à chaque étape du traitement,
  - la **puissance de l'exhausteur** nécessaire à leur aspiration,
  - la **pression dans les filtres** de dépoussiérage.



FMGC

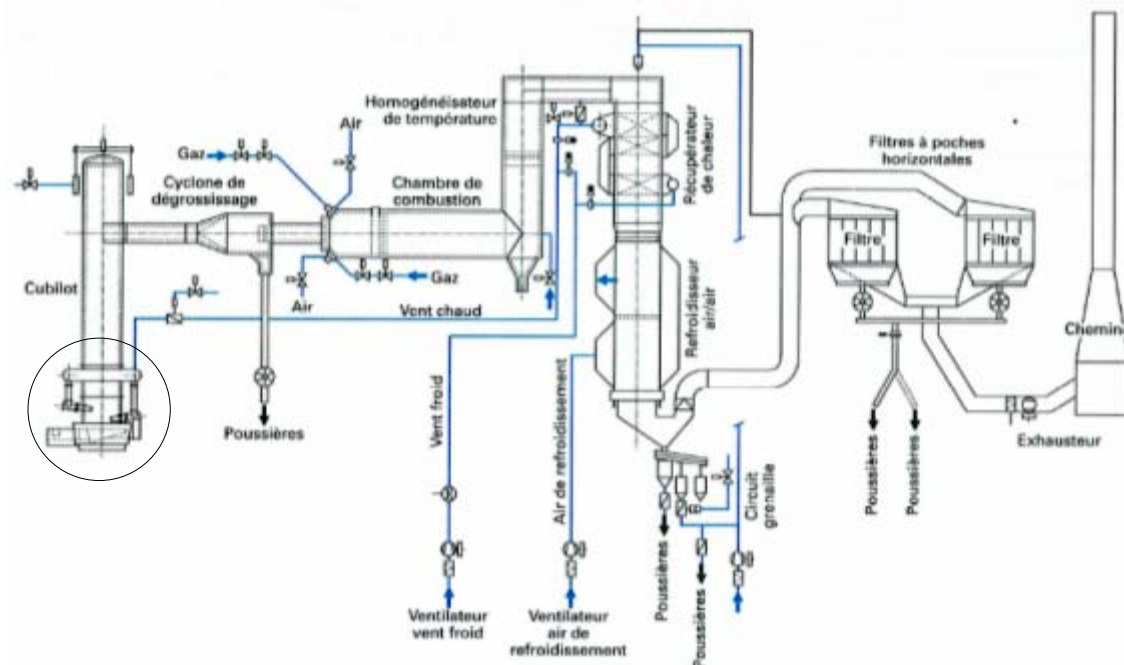
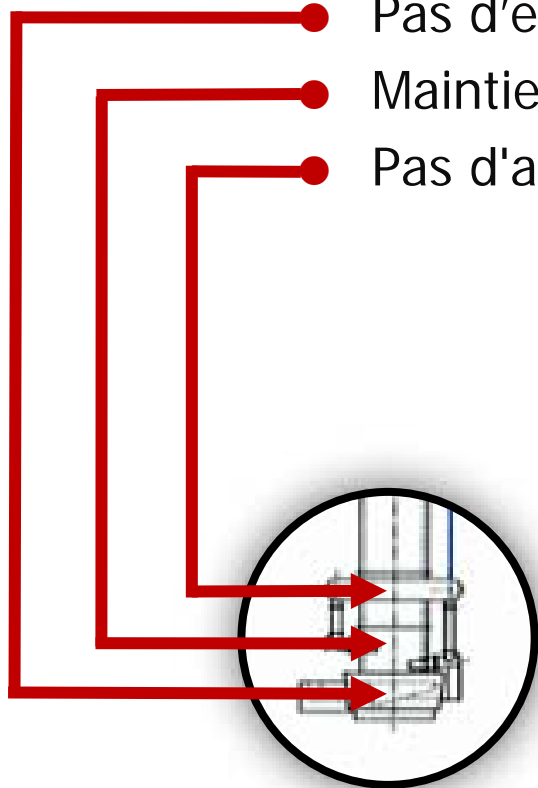
## VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE : UNE PREMIERE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGES POIDS LOURDS

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITE TECHNIQUE ET DE L'INTERET ECONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

### RÉSULTATS

#### ■ Un processus de fusion stable

- Pas d'encrassement de la sole
- Maintien de la paillasse
- Pas d'augmentation de la pression dans la boîte à vent





FMGC

**VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS**

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## RÉSULTATS

### ■ **Aucun effet sur les performances du cubilot**

- ➔ L'enfournement des PUNR est transparent vis-à-vis des performances du cubilot.
- ➔ En revanche, le système de traitement des fumées peut arriver à saturation du fait d'émissions accrues.



16 juillet 2008



FMGC

VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## RÉSULTATS

### ■ Une qualité de production maintenue

- L'analyse de la fonte à la sortie du cubilot atteste du **maintien des caractéristiques attendues** :
  - ➔ composition chimique non modifiée (teneurs en carbone et en carbone équivalent),
  - ➔ température et profondeur de trempe de la fonte conservées.
- Le suivi des modifications des étapes de traitement des pièces ne fait pas état d'une dégradation de la qualité due à l'emploi des PUNR.



16 juillet 2008



FMGC

**VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS**

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## RÉSULTATS

- Une innocuité environnementale assurée
  - **Aucune modification sensible des émissions en rejet final** n'est décelée au cours des **5 campagnes** de mesures successives :
    - ➔ pas d'élévation de la teneur en dioxines,
    - ➔ aucune incidence sur la quantité de poussières produites.

RESULTATS	SANS PNEUS	AVEC PNEUS
Teneur en pneus	-	0,80%
Indice de production maximum	100	95
Indice des poussières arrêtées*	100	111
Indice des poussières émises**	100	67
Indice des dioxines émises*	100	90
*pas de différence statistiquement significative		
**émissions de poussières et de dioxines statistiquement corrélées		



FMGC

VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## RÉSULTATS

### ■ Le respect des installations existantes

- ➔ L'adaptation du système de traitement des fumées suffit pour absorber la sollicitation supplémentaire due à l'utilisation des broyats : **pas d'investissements** au niveau d'introduction considéré (0,8%).
- ➔ **Aucune dégradation** du système de traitement de fumées :
  - augmentation de la fréquence de nettoyage des conduites superflue,
  - efficacité des filtres maintenue,
  - aucun accroissement notable de la pression dans les filtres.





FMGC

**VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS**

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## RÉSULTATS

### ■ Une valorisation matière effective

- + de 50 % du poids total
  - + de 90 % de l'acier et du carbone minéral
- des pneus usagés  
**passent dans la fonte.**

Enfournement de **1000 t** de broyats



Recyclage de **235 t** de ferraille + économie de **550 t** de coke



**VALORISATION DE BROYATS DE PNEUS EN CUBILOT DE FONDERIE :  
UNE PREMIÈRE POUR LE RECYCLAGE DES PNEUS USAGÉS POIDS LOURDS**

VALIDATION INDUSTRIELLE DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE ET DE L'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE D'UN ENFOURNEMENT EN CONTINU

## BILAN ÉCONOMIQUE

### ■ Un bilan économique favorable

#### ■ Gain matière :

**1 tonne de broyats = 550 kg de coke et 235 kg de ferraille.**

→ **Aucun investissement** complémentaire pour FMGC.

→ **Pas d'augmentation des charges** provenant d'une dégradation de la qualité de production.

→ **Accroissement du volume de fumées à traiter** pour 1% de pneus enfournés : 12%.

#### ■ Et aussi

→ **Moindre dépendance** vis-à-vis des contraintes d'approvisionnement en coke et en ferrailles.

→ **Meilleur positionnement** sur un marché fortement concurrencé par les pays en voie de développement.



# CONCLUSION

→ **Le chargement de broyats de pneus poids lourds usagés en fonderie constitue un mode de valorisation matière :**

- industriellement efficace,
- écologiquement sûr,
- économiquement rentable.



→ **Les pré - requis relatifs à la matière première et à l'outil de production sont définis et maîtrisés.**

→ **Les bénéfices obtenus engagent à considérer cette pratique comme une réelle voie de recyclage des PUNR.**

