



**La FRENCH FAB**

**La transition écologique et énergétique  
dans le secteur des produits métalliques**  
Quelles solutions pour décarboner les usages  
énergétiques de la filière ?

**Webinaire du 19 janvier 2021**

Sylvain NONY DAVADIE  
Consultant ENEA

[sylvain.nony-davadie@enea-consulting.com](mailto:sylvain.nony-davadie@enea-consulting.com)

+33 6 10 66 85 13

# SOMMAIRE

- 01.** Les caractéristiques de la filière des produits métalliques et ses usages énergétiques
- 02.** Les solutions applicables et leur pertinence pour les procédés du secteur des produits métalliques
- 03.** L'exemple des Fonderies de Sougland : intervention de M. Yves NOIROT
- 04.** En résumé
- 05.** Vos questions



## SONDAGE N° 1

À quelle catégorie socioprofessionnelle appartenez-vous ?

- Universitaire (étudiant, chercheur, etc.)
- Secteur privé
- Fonction publique
- Retraité
- Autre



## SONDAGE N° 2

Dans quel secteur  
d'activité évoluez-vous ?

- Produits métalliques
- Autre industrie
- Énergie
- Finance et assurance
- Recherche
- Autre

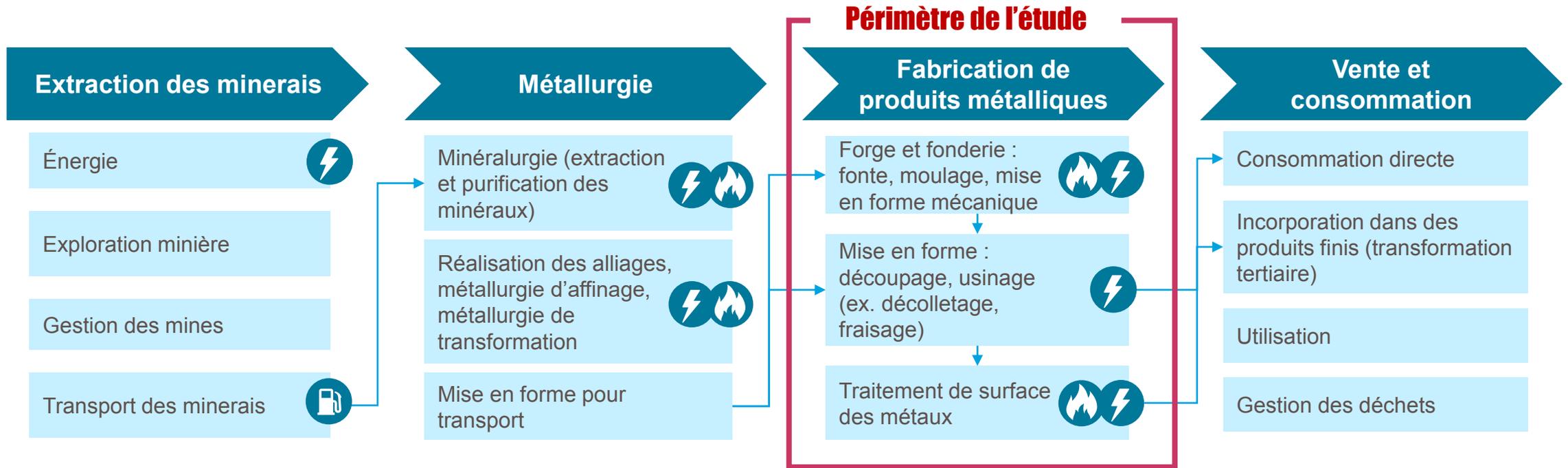




# LES CARACTÉRISTIQUES DE LA FILIÈRE DES PRODUITS MÉTALLIQUES ET SES USAGES ÉNERGÉTIQUES



# L'ANALYSE SE CONCENTRE SUR L'ÉTAPE DE FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES INTERVENANT À LA SUITE DE LA MÉTALLURGIE



## Bilan énergétique du secteur

- Équilibre entre besoins de chaleur et besoins électriques dans le secteur (en France)
- **Mix énergétique** = 40 % gaz naturel, 53 % électricité, 7 % d'hydrocarbures (en France)

## Une grande diversité de solutions TE peut s'appliquer au secteur :



Électricité renouvelable (solaire, éolien)



Biomasse et autre chaleur renouvelable (solaire thermique, géothermie)



Efficacité énergétique électrique



Mobilité bas-carbone



Biogaz



Efficacité énergétique thermique



Électricité



Chaleur



Combustibles liquides



Froid

Sources : Mineral Info, Insee.



# L'ÉNERGIE : UN DÉFI MAJEUR POUR LE SECTEUR DE LA FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES

Les secteurs de la métallurgie et de la production des produits métalliques font partie des **principaux consommateurs industriels d'énergie en France**

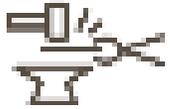
- En France, les secteurs « métallurgie » et « fabrication de produits métalliques » représentent le **2<sup>e</sup> poste de consommation d'énergie dans l'industrie**.
- La consommation d'énergie du secteur « fabrication de produits métalliques » représente environ **2 % de la consommation totale de l'industrie en France (7<sup>e</sup> position)**.
- Dans ce secteur, pour un même procédé, **la consommation d'énergie varie fortement en fonction des métaux travaillés** (ex. aluminium, cuivre, plomb, acier, fonte)
- Il est à noter, cependant, que **l'intensité énergétique du secteur a diminué de 12 % entre 2001 et 2012**.
- Sur la même période, le **secteur « industrie mécanique et fonderie » a connu une baisse de production de 15 %**.
- Toutefois, le secteur a à sa disposition de nombreuses solutions pour améliorer son empreinte énergétique et gagner en compétitivité.

Sources : INSEE, FIM



# LE SECTEUR RASSEMBLE DES PROCÉDÉS AUX APPLICATIONS ET AUX INTENSITÉS ÉNERGÉTIQUES TRÈS LARGES...

La fabrication de produits métalliques implique des sous-secteurs aux procédés et applications bien distincts



## Forge et fonderie :

- **Fonderie** : fusion puis moulage du métal pour lui donner la forme souhaitée
- **Forge** : travail mécanique d'un produit de fonderie (chauffé ou non) pour lui donner la forme souhaitée



## Mise en forme :

- **Usinage** : mise en forme de la pièce par enlèvement de « copeaux »
- **Découpage thermique** (ex. laser)
- **Soudure** : assemblage de deux éléments métalliques



## Traitements thermiques et de surface :

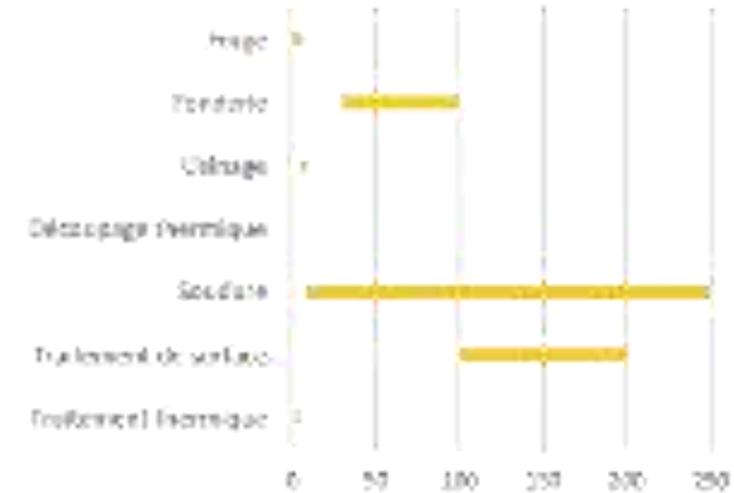
- **Traitement thermique** (ex. trempe, revenu, recuit) : acquisition de caractéristiques mécaniques spécifiques
- **Traitements de surface** : procédé permettant de conférer à la surface des propriétés spécifiques

Sources : CETIM, University of Kentucky



Pour un même métal, l'intensité énergétique est très variable d'un procédé à l'autre

Comparaison de l'intensité énergétique pour certains procédés de traitement de l'aluminium (unité : MJ/kg)



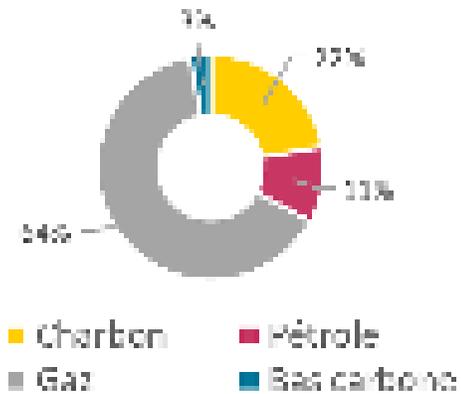
- À titre de comparaison, les procédés du secteur textile ont une intensité énergétique comprise entre 5 et 35 MJ/kg



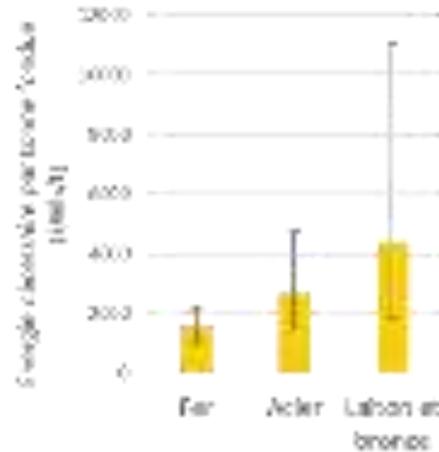
# ... MAIS AUX PROFILS DE CONSOMMATION SIMILAIRES

**Le mix énergétique du secteur reste majoritairement carboné et son intensité dépend du métal traité**

Mix énergétique lié au procédé de fusion du cuivre

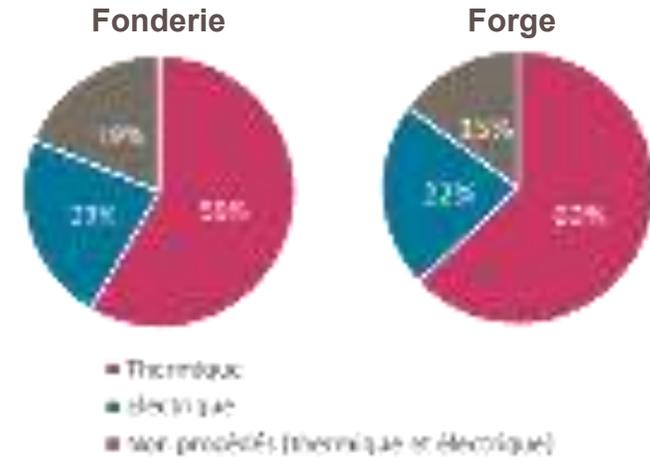


Intensité énergétique de la fonte de (ex. de certains métaux - Canada)



**La répartition entre besoins électriques et besoins thermiques est similaire pour les différentes filières du secteur**

Comparaison des besoins électriques et thermiques de deux filières



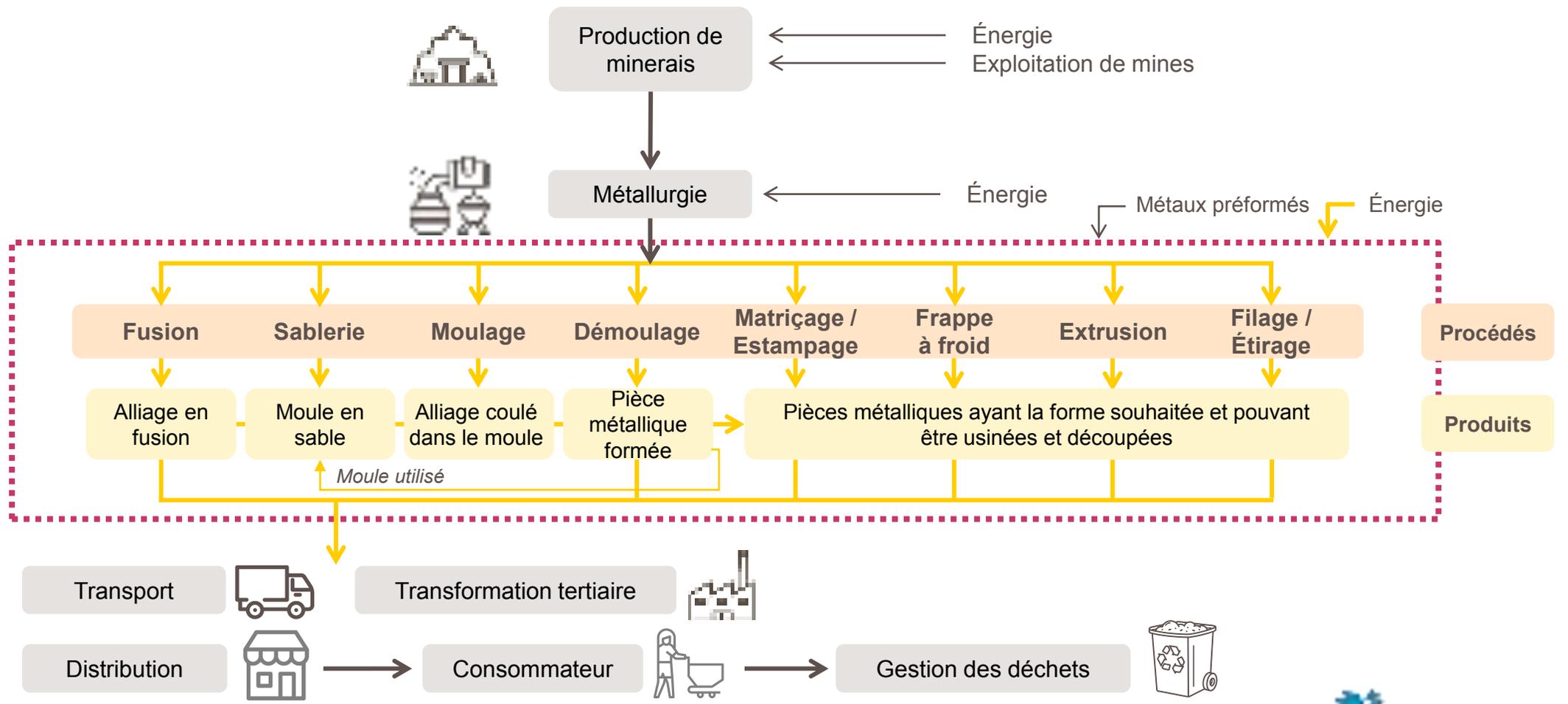
**Les différents procédés identifiés ont des besoins énergétiques similaires.** Une étude à l'échelle sectorielle est donc suffisante pour appréhender l'ensemble des solutions de transition énergétique pertinentes.

Sources : Forge et fonderie, Medium, PEEIC Canada



# EXEMPLE DE LA FILIÈRE « FORGE ET FONDERIE » REPRÉSENTATIVE DU SECTEUR

- Exploitation des mines
- Métallurgie
- Forge et fonderie
- Transformation Distribution

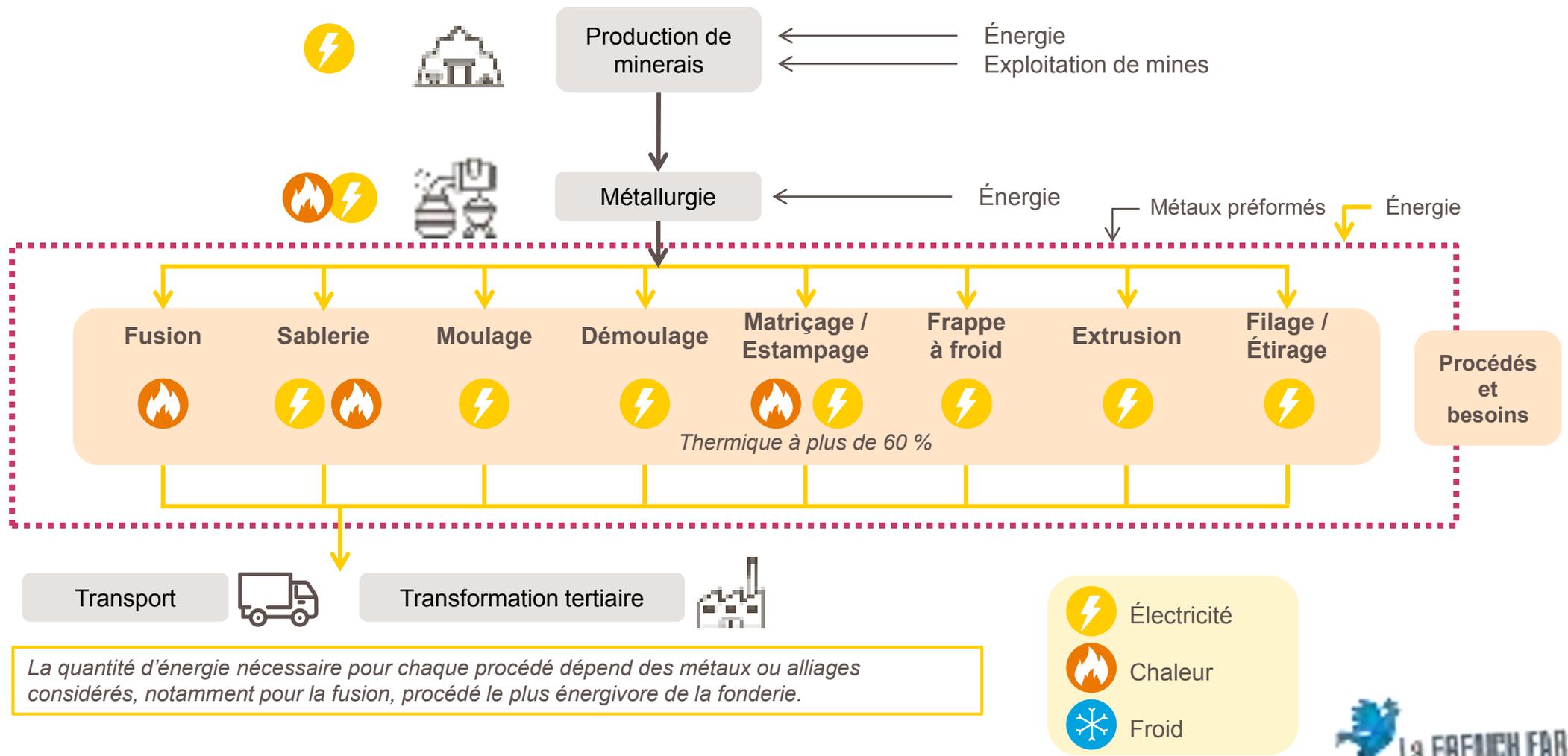


Source : CETIM



# EXEMPLE DE LA FILIÈRE « FORGE ET FONDERIE » REPRÉSENTATIVE DU SECTEUR

- Exploitation des mines
- Métallurgie
- Forge et fonderie
- Transformation Distribution



Source : CETIM



# CERTAINES PROBLÉMATIQUES ENVIRONNEMENTALES FONT PESER UN RISQUE SUR LE MAINTIEN DE L'ACTIVITÉ DU SECTEUR, PARTICULIÈREMENT EN EUROPE

## Environnement

**Ex. : restriction de l'usage des plombs de chasse et de pêche**

- L'agence européenne de produits chimiques (ECHA) a initié en octobre 2019 une consultation publique concernant la nocivité du plomb utilisé pour la chasse et la pêche.
- Il est attendu, à l'issue de cette consultation, une restriction au niveau européen de l'usage récréatif du plomb à partir d'octobre 2020

## Climat

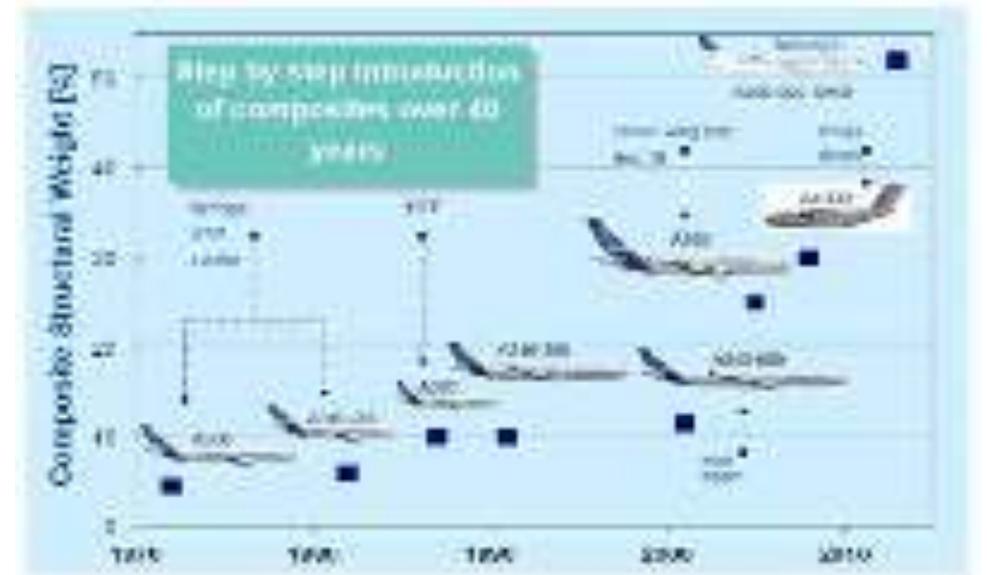
**Ex. : entrée en vigueur de la phase IV de l'EU ETS (2021-2030)**

- La filière sidérurgique européenne s'attend à une réduction conséquente (-85 %) de la marge brute par tonne d'acier produit (env. 35 € depuis 2008), du fait d'un renchérissement du coût de la tonne de CO2 et des nouvelles règles de calculs l'obligeant à doubler la quantité de quotas à acheter sur les marchés

## Concurrence accrue des matériaux composites

**Ex. : introduction des matériaux composites dans la structure des avions**

- Sur 40 ans d'évolution des aérostructures des Airbus, le pourcentage en poids des composites est passé de 5 % pour l'A300 à 53 % pour l'A350.
- Le remplacement des métaux par des composites répond aux doubles enjeux de la réduction de la consommation de kérosène et de l'amélioration des performances de vol.



Sources : ECHA - <https://echa.europa.eu/fr/-/call-for-evidence-on-possible-restriction-of-lead-in-shot-bullets-and-fishing-tackle>, EADS - [https://www.senat.fr/rap/r12-658/r12-658\\_mono.html#toc224](https://www.senat.fr/rap/r12-658/r12-658_mono.html#toc224) et Sénat - <https://www.senat.fr/rap/r18-649-1/r18-649-1.html>





# LES SOLUTIONS APPLICABLES ET LEUR PERTINENCE POUR LES PROCÉDÉS DU SECTEUR DE LA FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES



# SYNTHÈSE DE L'INTÉRÊT DES SOLUTIONS DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE POUR LE SECTEUR « FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES » ET RÉPLICABILITÉ

Pertinence et répliquabilité des solutions au sein du secteur

	<b>Biogaz</b>	
	<b>Biomasse</b>	
	<b>Éolien</b>	
	<b>Solaire PV</b>	
	<b>Solaire thermique</b>	
	<b>Géothermie</b>	
	<b>Efficacité thermique</b>	
	<b>Efficacité électrique</b>	
	<b>Transport bas carbone</b>	

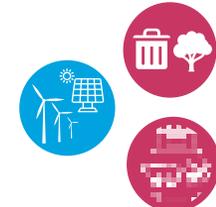
Forte   Faible 

Explications de la notation et illustrations

- Potentiel limité pour le secteur ne générant pas de déchets méthanisables.** Cependant, la solution peut présenter un intérêt si le site est situé à proximité d'un site de production de tels déchets (ex. élevage), mais peu reproductible. Intéressant, par exemple pour la soudure, procédé très énero-intensif.
- Intéressant pour certains procédés thermiques,** mais difficilement compétitive face à des solutions d'efficacité (ex. récupération de chaleur fatale). Pertinent pour besoins en chauffage/ECS, répliquable pour usages transverses.
- Potentiel assez limité,** malgré une consommation électrique importante : emprise au sol & coûts importants. Des contraintes opérationnelles pour intégration sur site. Solution à réévaluer dans le cadre de *Green Corporate PPA*.
- Solution pertinente principalement en autoconsommation pour répondre aux besoins électriques d'un site.** Particulièrement pour le sous-secteur « mise en forme » qui repose principalement sur des procédés électriques.
- Peu adaptée aux procédés du secteur dont les niveaux de température sont très élevés** (250-1800 °C pour la fusion). Pour la partie chauffage/ECS, en concurrence avec le gisement de chaleur fatale très important.
- Peu adaptée aux procédés du secteur dont les niveaux de température sont très élevés** (250-1800 °C pour la fusion). Pour la partie chauffage/ECS, en concurrence avec le gisement de chaleur fatale très important.
- Solutions pertinentes pour les procédés thermiquement intensifs** (principalement « forge et fonderie » & « traitements thermiques/de surface »). Gisements de chaleur fatale importants (équipements thermiques et électriques).
- Particulièrement pertinentes pour les sous-secteurs plus électro-intensifs comme la mise en forme des métaux** (ex. usinage, soudure) ou pour des applications transverses liées aux bâtiments (ex. éclairage, climatisation).
- Peu pertinent pour un secteur n'ayant pas de grands besoins de mobilité.** Le secteur pourrait être impacté par le transport bas-carbone, notamment par le remplacement des pièces métalliques par des pièces plastiques dans les voitures.

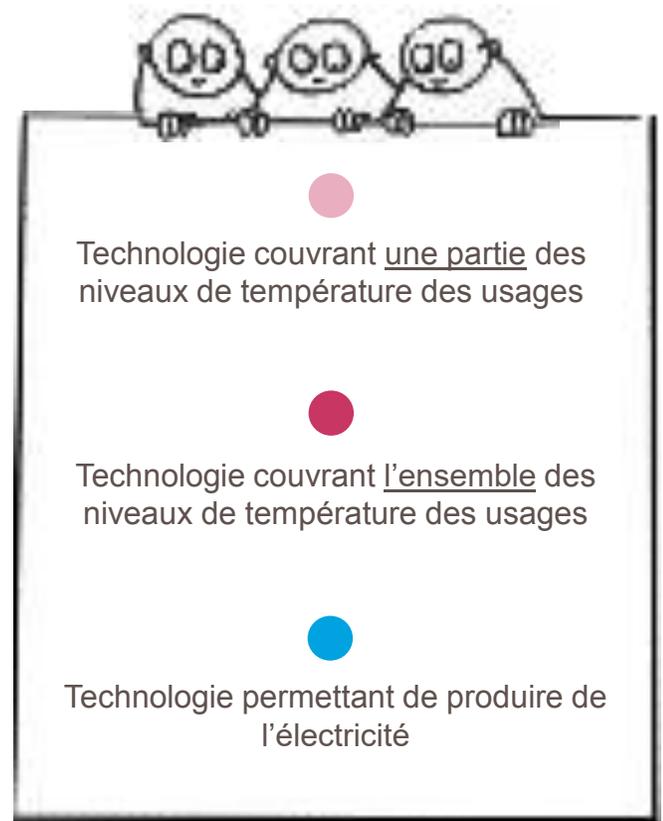


# DE NOMBREUSES MESURES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉPONDENT AUX PROCÉDÉS DU SECTEUR DE LA FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES



Pertinence de solutions énergies renouvelables pour les principaux procédés de fabrication de produits métalliques

	Usinage/mise en forme	Forgeage à froid	Forgeage à chaud	Fonderie	Découpage/gougeage	Assemblage	Traitements thermiques	Traitements de surface	Chauffage/ECS
Géothermie (TBE)							●		●
Solaire thermique									●
Biogaz	●	●	●	●	●	●	●	●	
Biomasse	●	●	●	●	●	●	●	●	
Solaire/Eolien	●	●	●		●	●		●	



Source : CETIM

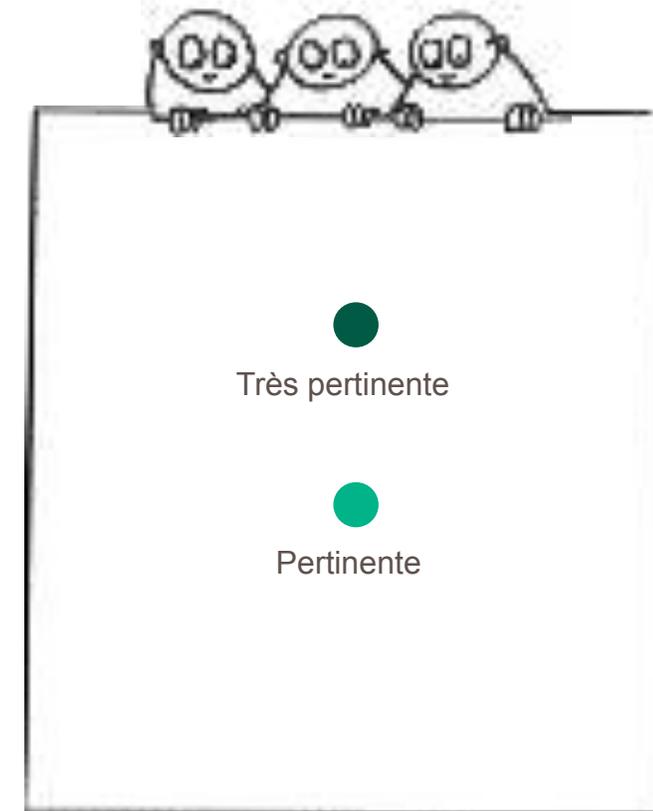


# DE NOMBREUSES MESURES D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE RÉPONDENT AUX PROCÉDÉS DU SECTEUR DE LA FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES



Pertinence de solutions d'efficacité énergétique pour les principaux procédés de fabrication de produits métalliques

	Usinage/mise en forme	Forgeage à froid	Forgeage à chaud	Fonderie	Découpage/gougeage	Assemblage	Traitements thermiques	Traitements de surface
Récupération de chaleur fatale basse température sur procédés électriques (ex. compresseurs)	●	●	●		●	●		●
Récupération de chaleur fatale haute température sur procédés thermiques (ex. fours)			●	●	●		●	
Optimisation et remplacement des équipements	●	●	●	●	●	●	●	●
Électrification des procédés			●	●	●		●	



Source : CETIM



# LA BIOMASSE EST PARTICULIÈREMENT BIEN ADAPTÉE AUX PROCÉDÉS MOYENNE TEMPÉRATURE ET AUX BESOINS EN CHAUFFAGE ET ECS



## Caractéristiques de l'utilisation de biomasse

- Amélioration la performance énergétique des sites industriels
- Encouragement des filières locales
- Solution très modulable selon le besoin, mais peu de tolérance pour les changements de charge
- Réduction la dépendance aux énergies fossiles

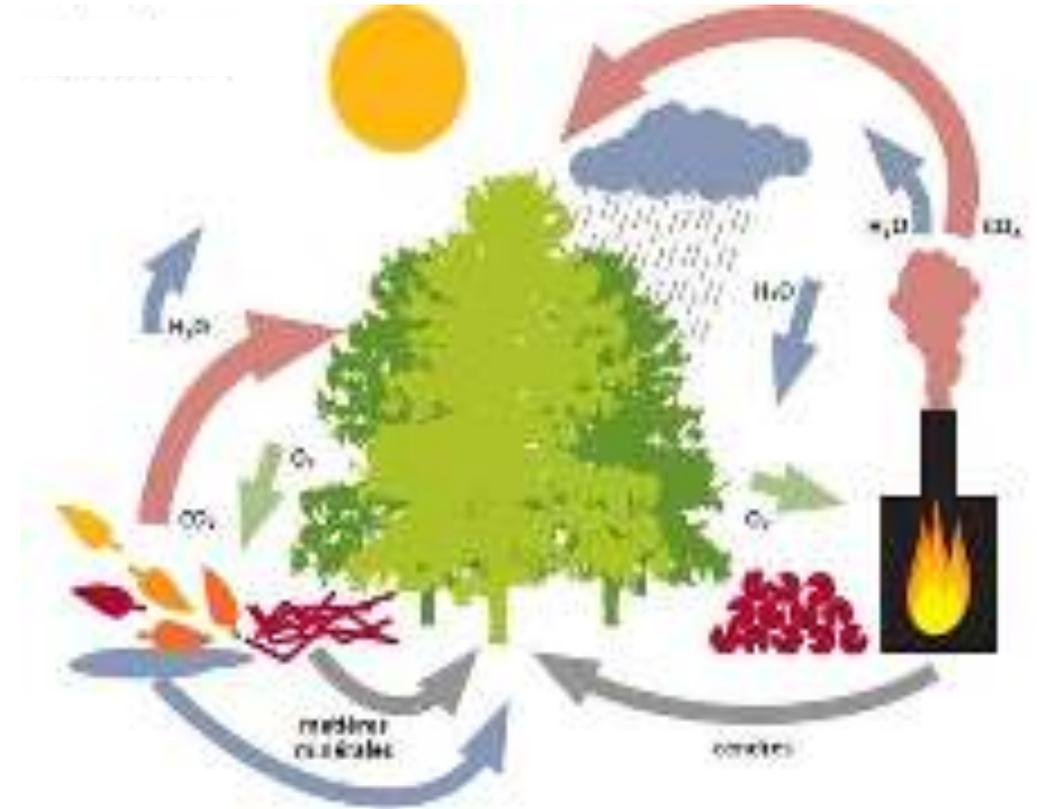
La biomasse dispose de **mécanismes d'aides** (ADEME - Fonds chaleur pour la cogénération). Elle est **généralement moins onéreuse que le biogaz, donc plus adaptée aux entreprises n'ayant pas de déchet organique humide à valoriser.**

## Différentes technologies selon les usages

**Cogénération** = 45 – 75 €/MWh<sub>utile</sub>/an 

**Chaleur** = 45 - 80 €/MWh<sub>utile</sub>/an 

- Approvisionnement des intrants critique : multiples flux valorisables (plaquettes forestières, déchets bois, sous-produits agricoles) et besoins particuliers en granulométrie, humidité, taux de cendres pour un pouvoir calorifique important
- Remplace les combustibles fossiles



Sources : ADEME, EVERGAZ



# EXEMPLES DE PROJETS BIOMASSE ÉNERGIE DANS PLUSIEURS SOUS-SECTEURS DE LA FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES



**Produit :** Mécanique générale de précision

**Solution :** Chaudière biomasse

**Diagnostic :** Consommation énergétique importante d'un site de 700 m<sup>2</sup> à cause d'une mauvaise isolation thermique et d'un système de chauffage obsolète

**Solutions :**

- **Isolation** du local
- Installation d'une **chaudière biomasse de 110 kW** à la place d'une vieille chaudière charbon-fioul
- Installation d'un **réseau de chaleur aéraulique**
- Installation de **4 aérothermes électriques**



Investissement : **67 k€**

Participation ADEME : **15 %**

Participation région + département : **30 %**

**Résultats :**

- Economies: 102 MWh/an et 100 % des besoins couverts
- **9,2 t CO<sub>2</sub>e** évitées par an
- Economies de **5,1 k€/an** sur la facture énergétique
- Temps de retour sur investissement : **7 ans**

**Produit :** Fabrication de couteaux

**Solution :** Chaufferie biomasse

**Diagnostic :**

- Utilisation des chutes de bois pour alimenter une chaudière biomasse de puissance **980 kW** datant de 1973.
- Utilisation de **fioul en appoint** parce que la chaudière produit trop de poussières.

**Solutions :**

- Installation d'une **chaudière biomasse plus performante de 600 kW**
- Ajout d'une **briqueteuse** pour transformer les chutes de bois en combustible utilisable par la nouvelle chaudière



Investissement :  
**290 k€**

**Résultats :**

- Économies de fioul : **120 MWh/an** (soit 40 000 L de fioul)
- **10,8 t CO<sub>2</sub>e** évitées par an
- Economies: **21,1 k€/an** (en fioul)
- Temps de retour sur investissement : **5,1 ans**

Schéma de principe d'un système équipé d'une chaudière biomasse



Sources : CETIM



# DE NOMBREUSES ACTIONS D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE THERMIQUES ET ÉLECTRIQUES PEUVENT ÊTRE ENTREPRISES



## Caractéristiques des solutions d'efficacité énergétique (thermique et électrique)

- Optimisation du contrôle des procédés
- Économies d'énergie et de coûts d'exploitation

Secteur  
spécifique

### Différentes solutions d'efficacité électrique selon les procédés



- **Lumières** (remplacement lampes à incandescence par LED, mise en place de détecteurs de présence, conduits de lumière naturelle)
- **Moteurs** (pilotage assisté, moteurs à vitesse réglable (VEV), déséquilibres de tension, dimensionnement, maintenance, choix du système de transmission)
- **Pompes** (pilotage assisté ; adapte la pompe aux variations de charge, prévient la casse, remplacement par des pompes « haute efficacité », maintenance préventive et curative - ex. changement des pièces mobiles)
- **Systèmes hydrauliques** (optimisation du choix de la pompe (pompe à cylindrée fixe, pompe à cylindrée variable, servopompes) ; récupération d'énergie au freinage ; s'assurer de la qualité de l'huile ;
- **Compresseurs** (pilotage assisté ; repérage et réparation des fuites d'air comprimé ; remplacement d'un compresseur mono étage par un compresseur bi étage (unité frigorifique basse température) ; optimisation et maintenance du réseau de distribution d'air comprimé ; mise en place d'un variateur électronique de vitesse ; utilisation d'un système auxiliaire (pompe, ventilateur) pour les périodes de faible activité)

### Différentes solutions d'efficacité thermique selon les procédés



- **Chauffage d'un bâtiment** (déstratificateur/ brasseur d'air, chauffage décentralisé, chauffage plus performant)
- **Production d'eau chaude et chaudières** (préchauffage de l'eau ; utilisation d'eau de récupération chaude ; bon dimensionnement ; limitation de la température de l'eau chaude sanitaire ; optimisation et isolation des chaudières)
- **Refroidissement des machines** (utilisation de ventilateurs pour les pompes et les moteurs ; installation d'échangeurs condenseur/évaporateurs performants ; installation de systèmes de détente flexibles selon la charge thermique et les conditions extérieures ; régulation des besoins en fonction de la charge des fours)
- **Fours** (optimisation du choix du four ; fonctionnement du four à température optimale ; calorifugeage des fours ; préchauffage de l'air de combustion ; planification des temps de fonctionnement des fours ; entretien des composants ; maintenance des fours)
- **Récupération de chaleur** (récupération de chaleur des fours ; des gaz de combustion ; sur compresseur d'air ; sur une machine à laver pour l'usinage ; sur les pompes d'air comprimé)

Source : CETIM



# EXEMPLE DE PROJETS D'EFFICACITÉ ÉLECTRIQUE DANS PLUSIEURS SOUS-SECTEURS DE LA FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES



**Produit :** Zingage électrolytique (traitement de surface)

**Problématique :** Optimiser plusieurs pompes permettant la circulation d'eau de refroidissement des bains

**Solution :** Installation d'un variateur électronique de vitesse pour adapter le débit d'eau froide aux besoins réels de refroidissement.



**Investissement :** 3 k€

**Retour sur investissement :** 3 ans

## Résultats :

- Économies d'énergie : **18 MWh/an** (31 % de la consommation)
- Économies sur la facture énergétique : **1 k€/an**

**Produit :** Mobiliers métalliques

**Problématique :** Optimiser le fonctionnement des extracteurs d'air permettant de rejeter les gaz chauds de la ligne de production

**Solution :** Installation d'un variateur électronique de vitesse pour contrôler le débit de l'extracteur d'air du four de cuisson, qui représente environ 20 % de la consommation actuelle du four



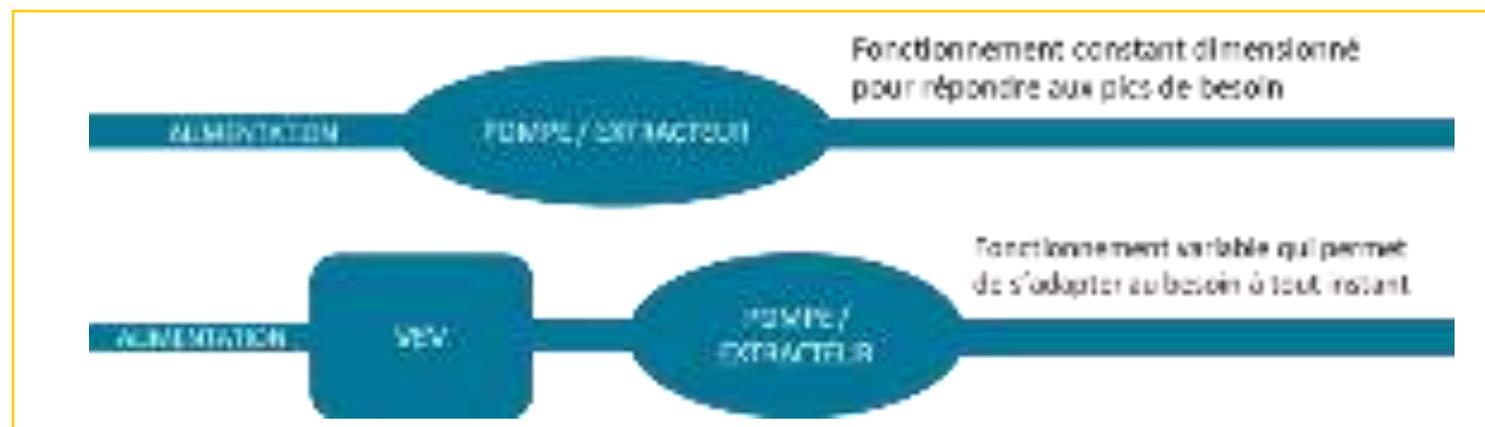
**Investissement :** 12 k€

**Retour sur investissement :** moins de 2 ans

## Résultats :

- Économies d'énergie : **320 MWh/an**
- Économies sur la facture énergétique : **9,2 k€/an**
- Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> : **28,8 tCO<sub>2</sub>eq/an**

Schéma des changements apportés par un variateur électronique de vitesse (VEV)



Sources : CETIM



# EXEMPLE DE PROJETS D'EFFICACITÉ THERMIQUE DANS PLUSIEURS SOUS-SECTEURS DE LA FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES



**Produit :** Lames de ressorts pour la suspension de poids lourd

**Problématique :** Diminuer la consommation des fours de traitement thermique

- Consommation actuelle : **13,8 GWh**
- Coût associé : **240 k€/an**

**Solution :** Récupération de chaleur des cheminées de 4 fours pour préchauffer les pièces et l'air comprimé des brûleurs



**Investissement :** 20 k€

**Retour sur investissement :** 4 ans

**Résultats (estimés) :**

- Économies d'énergie : **276 à 414 MWh/an** (2 à 3 % de la consommation totale des fours)
- Économies sur la facture énergétique : **5 à 8 k€/an**
- Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> : **25 à 37 tCO<sub>2</sub>eq/an**

**Produit :** Pièces de fonderie usinées pour l'automobile

**Problématique :** Diminuer la consommation des machines de lavage des pièces usinées avec une eau à 45 °C

- Chauffage de l'eau d'appoint 42 MWh/an pour 3 k€/an
- Maintien des bains en T° 323 MWh/an pour 23 k€/an

**Solution :** Récupération de chaleur des fours de traitement thermique pour préchauffer l'eau de lavage stockée dans un ballon de grande capacité.



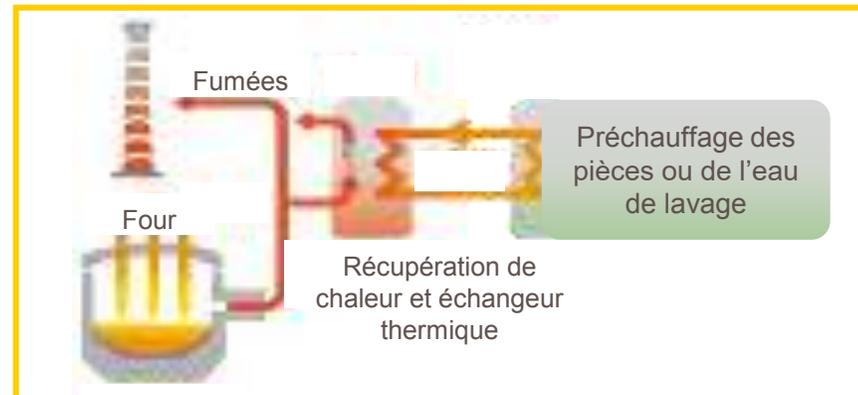
**Investissement :** 70 k€

**Retour sur investissement :** 3 ans

**Résultats :**

- Économies d'énergie : **362 MWh/an**
- Économies sur la facture énergétique : **24 k€/an**

*Schéma de principe de récupération de chaleur sur un four*



Sources : CETIM



# EXEMPLE DE PROJETS D'EFFICACITÉ THERMIQUE DANS PLUSIEURS SOUS-SECTEURS DE LA FABRICATION DE PRODUITS MÉTALLIQUES



**Produit :** Éléments hydrauliques (ex. pour la réalisation de moteurs hydrauliques)

**Problématique :** Utilisation de l'air chaud sortant du circuit de refroidissement à huile des compresseurs. Deux compresseurs (capacité : 8000 m<sup>3</sup>/h - puissance de 75 kW) L'air chaud est actuellement rejeté en extérieur.

**Solution :** **Récupération de chaleur fatale** sur compresseur avec renvoi de l'air réchauffé vers les ateliers, ce qui permet de **récupérer environ 70 % de l'électricité** fournie aux compresseurs sous forme de chaleur



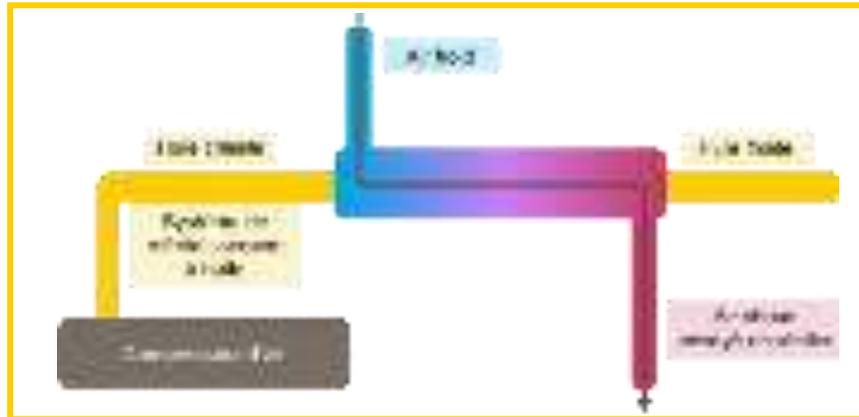
**Investissement :** 10 k€

**Retour sur investissement :** 1,5 an

## Résultats :

- Économies d'énergie : **238 MWh/an** en gaz naturel
- Économies sur la facture de gaz naturel : **7,2 k€ par an**

Schéma de récupération de chaleur sur compresseur



Sources : CETIM, Termico



**Activité :** Découpage, pliage, soudage et peinture de tôle et fils métalliques pour la production de rayonnages

**Problématique :** Optimisation du chauffage de 2 bâtiments (surface : 3 500 m<sup>2</sup>) ayant une consommation annuelle totale de **780 MWh**.

**Solution :** Chauffage par émetteurs infrarouges à tubes radiants sombres fonctionnant au gaz.



**Investissement :** 42 k€

**Retour sur investissement :** 7,8 ans

## Résultats (estimés) :

- Économies d'énergie : **190 MWh/an**
- Économies sur la facture énergétique : **6,65 k€/an**
- Tonnes de CO<sub>2</sub> évitées : **17,1 tCO<sub>2</sub>eq/an**

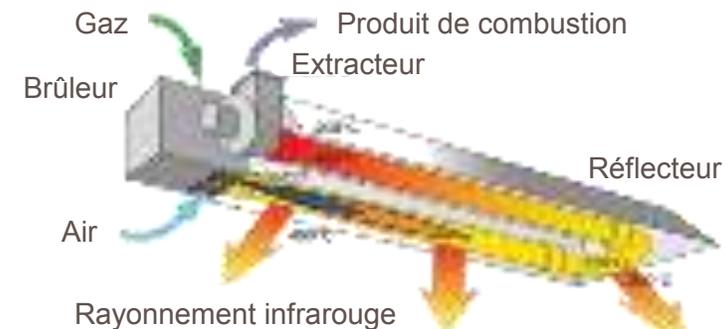
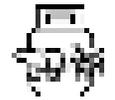


Schéma de principe d'un chauffage à tubes radiants sombres



# QUELQUES ACTEURS POSITIONNÉS SUR L'OFFRE DES SOLUTIONS DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



**Biogaz**



**Biomasse**



**Éolien**



**Solaire PV**



**Solaire thermique**



**Géothermie**



**Transport bas carbone**



**Efficacité énergétique thermique**



**Efficacité énergétique électrique**

