RECUPERATION DE CHALEUR DANS L'INDUSTRIE DE LA TERRE CUITE

Francis DEFEVER, Expert Engineer, CERATEC

Octobre 2020

Journée de l'énergie

©Simon Schmitt - www.globalview.be

Plan de l’exposé

- Présentation rapide de CERATEC
- Considérations générales sur l’énergie
- Considérations générales sur la production des briques et tuiles
- Récupération de chaleur
  - Des fours
  - Des séchoirs
  - D’installations de cogénération
- Perspectives
- Questions/réponses

Présentation de CERATEC

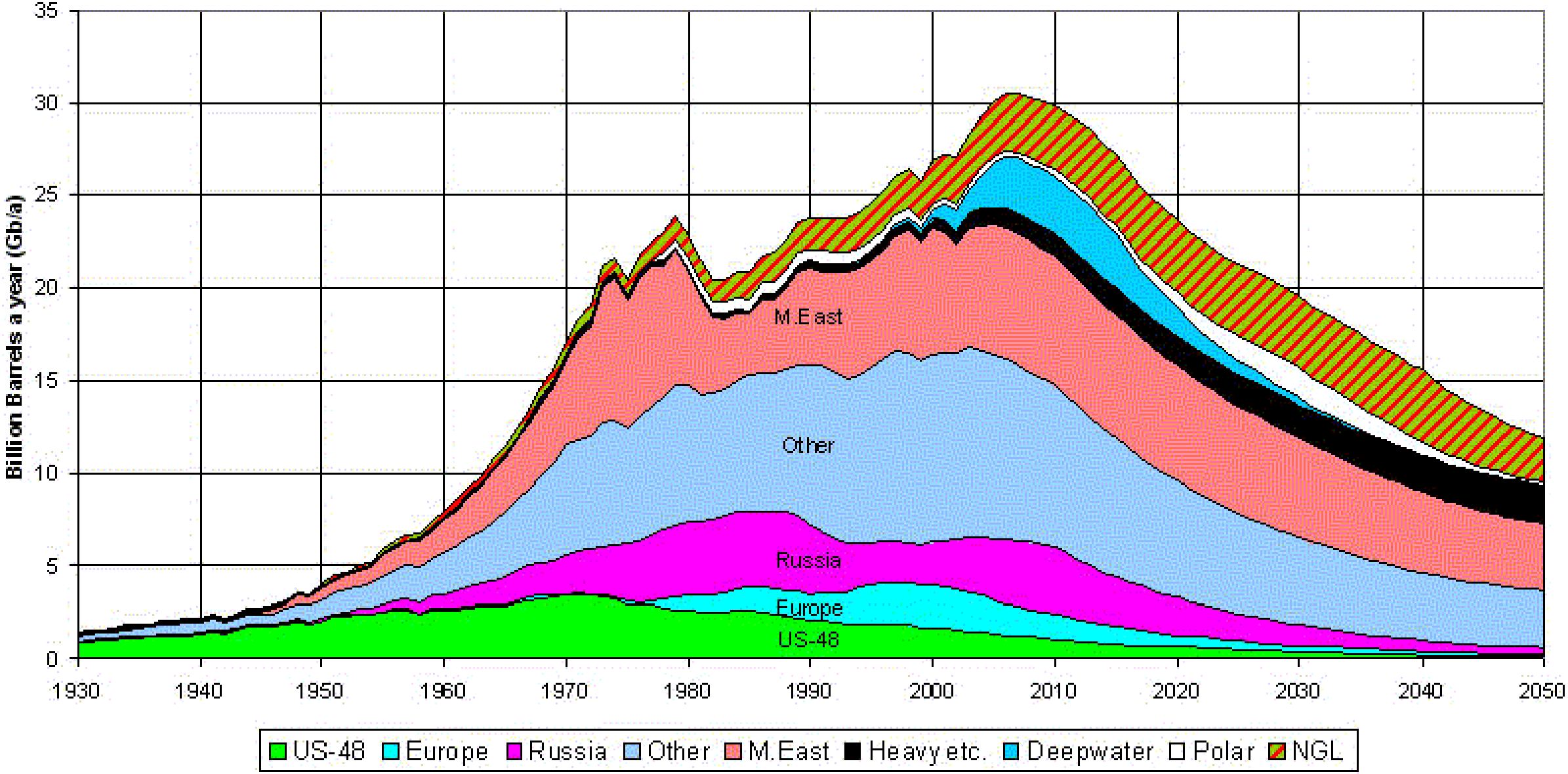
- Société sœur des Briqueteries de Ploegsteert
- 660 personnes
- C.A. 141 Millions €
- Siège à Ploegsteert, Comines, Hainaut
- Expert dans le département process, 27 ans d'expérience en séchage et en cuisson principalement (thermique, aéraulique et construction d'installations)
- Activité première en terre cuite, diversification en cours depuis une vingtaine d'années (cogénération, séchage autres secteurs…)

Considérations générales sur l'énergie

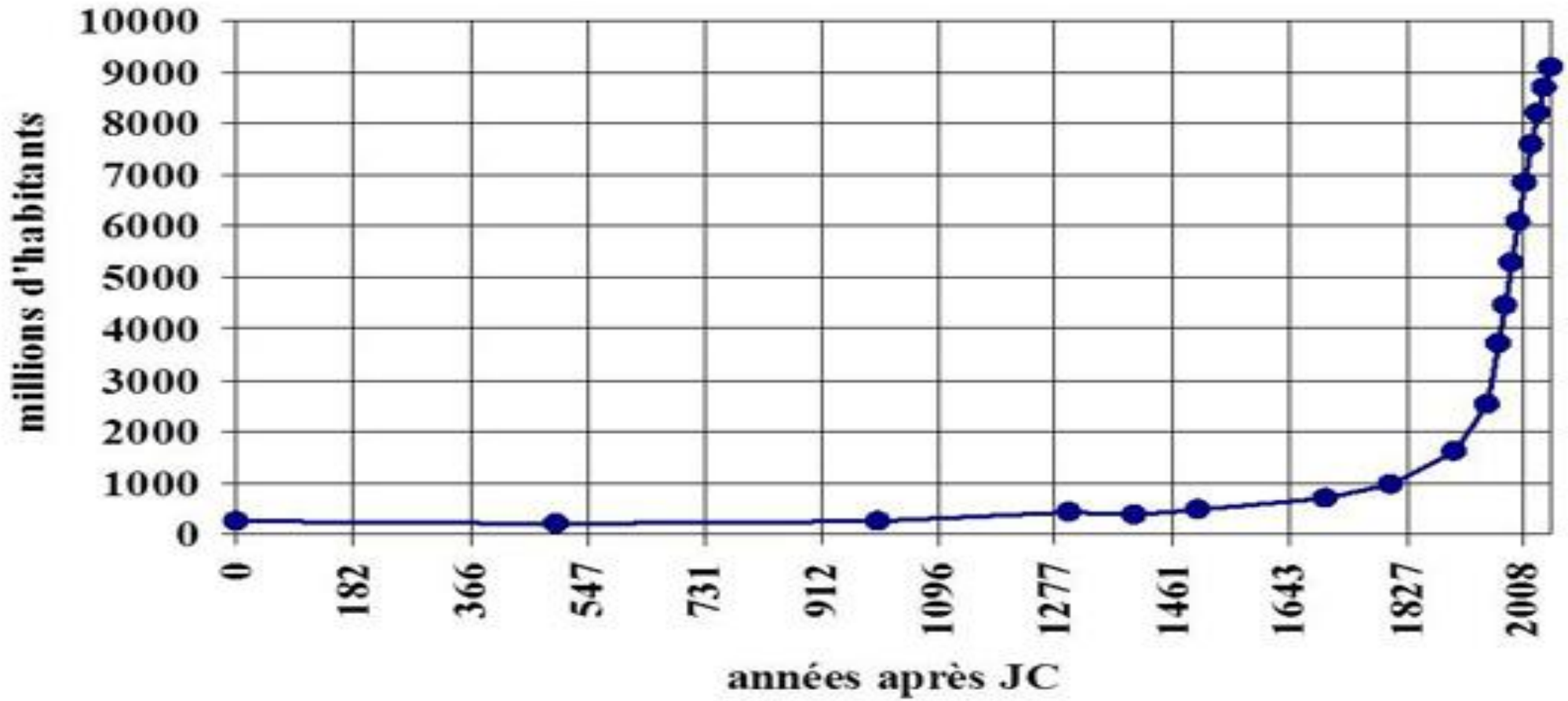
- Prix en Belgique :
  - Gaz : 20-30 €/MWh
  - Electricité : 100 €/MWh
  - Essence-diesel : 100-150 €/MWh (1 litre = 10 kWh)
  - Remarque: prix très favorables à la cogénération au gaz naturel. Un moteur à gaz avec un rendement de 40% produit de l'électricité pour 50 € de gaz/MWh d'électricité produite, au prix du gaz de 20 €/MWh.
- L'énergie est pour le moment très bon marché
  - Coût énergie fossile/PIB mondial = seulement 4% (gaz, pétrole, charbon)
  - Un Français moyen consomme 50-60.000 kWh/an (tout compris)
  - Un travailleur manuel produit +/- 100 kWh/an => chacun d'entre nous utilise une quantité d'énergie équivalente à celle fournie par 500-600 travailleurs manuels.
  - Au coût salarial de 30.000 €/an, l'énergie du travailleur manuel vaut 300.000€/MWh

Considérations générales sur l'énergie

- Les prix faibles de l'énergie ne justifient pas son gaspillage, pour 3 raisons
  - Le monde a passé le pic de production de pétrole conventionnel en 2008. En 2030, on s'attend à des problèmes d'approvisionnement en pétrole, et en 2050, on sera proche de son épuisement. Le gaz suivra, puis ensuite le charbon => de moins en moins d'énergie fossile disponible.
  - L'augmentation rapide de la population et son aspiration à une vie meilleure => de plus en plus de demande d'énergie au niveau mondial.
  - Le problème climatique dû au CO2 émis par les combustibles fossiles.
- Voir graphiques
  - Pic de production
  - Population : 1,5 milliards en 1880 - 7,5 milliards en 2020 – 10,5 en 2100


Billion Barrels a year (Gb/a)
35
30
25
20
15
10
5
0
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
2020
2030
2040
2050
M.East
Other
Russia
Europe
US-48
US-48
Europe
Russia
Other
M.East
Heavy etc.
Deepwater
Polar
NGL

Evolution de la population humaine mondiale



Sources INED

Production des briques et tuiles

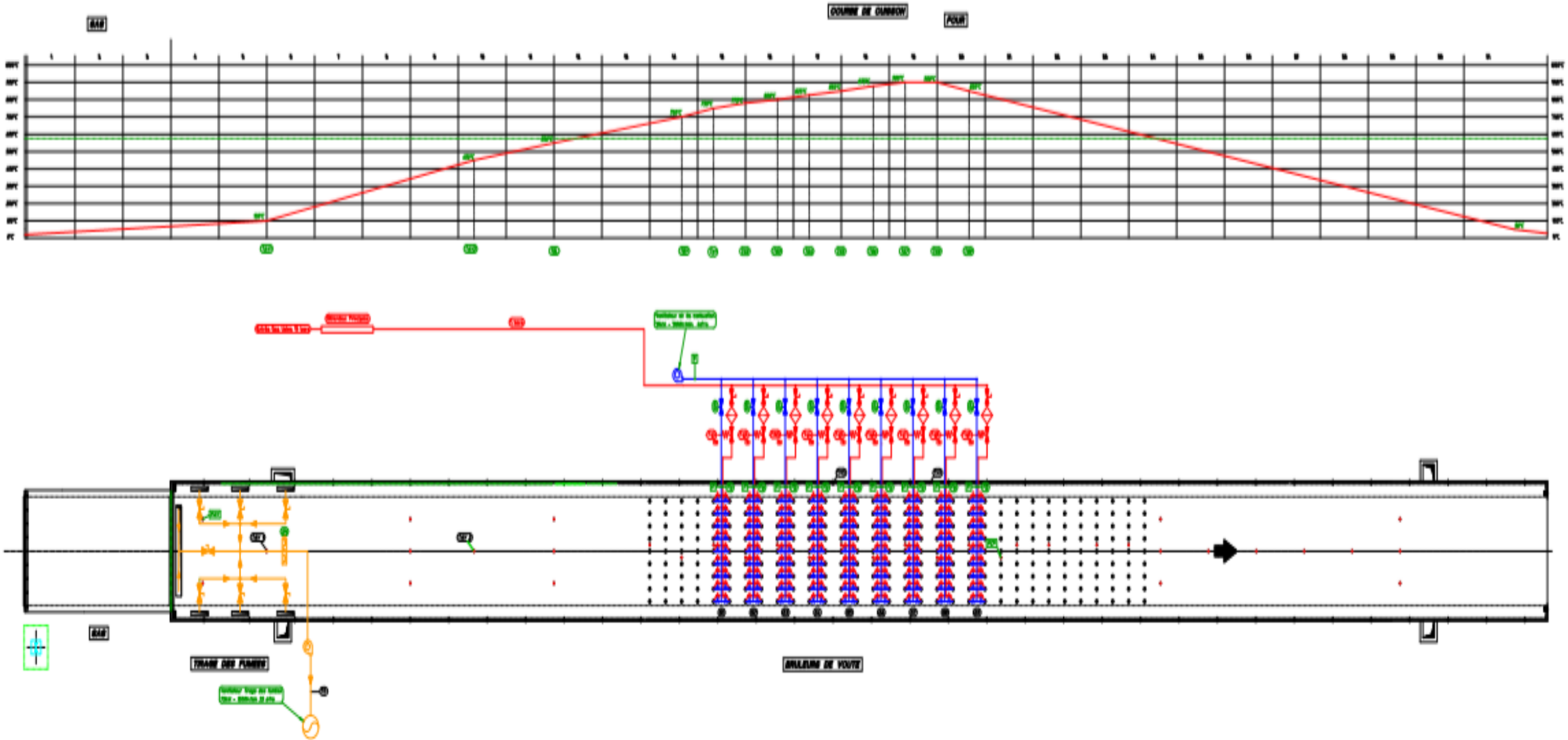
- Mélange et humidification des matières premières (argile, sable)

  Le mélange doit être humide pour être plastique (15-30% eau)
- Fabrication par pressage ou par extrusion
- Séchage en chambres (discontinu) ou en tunnels (continu) à <100°C
- Cuisson en four tunnel (continu) à 800-1200°C selon produit
  - Produits disposés d'une certaine manière sur des wagons roulant sur des rails et garnis de réfractaires et d'isolation
  - Les produits entrent froids et sortent « froids » du four
  - Circulation d'air et des fumées de combustion à contre-courant des produits
- Consommation très importante (produit à basse valeur ajoutée)

RECUPERATION D'ENERGIE DES FOURS

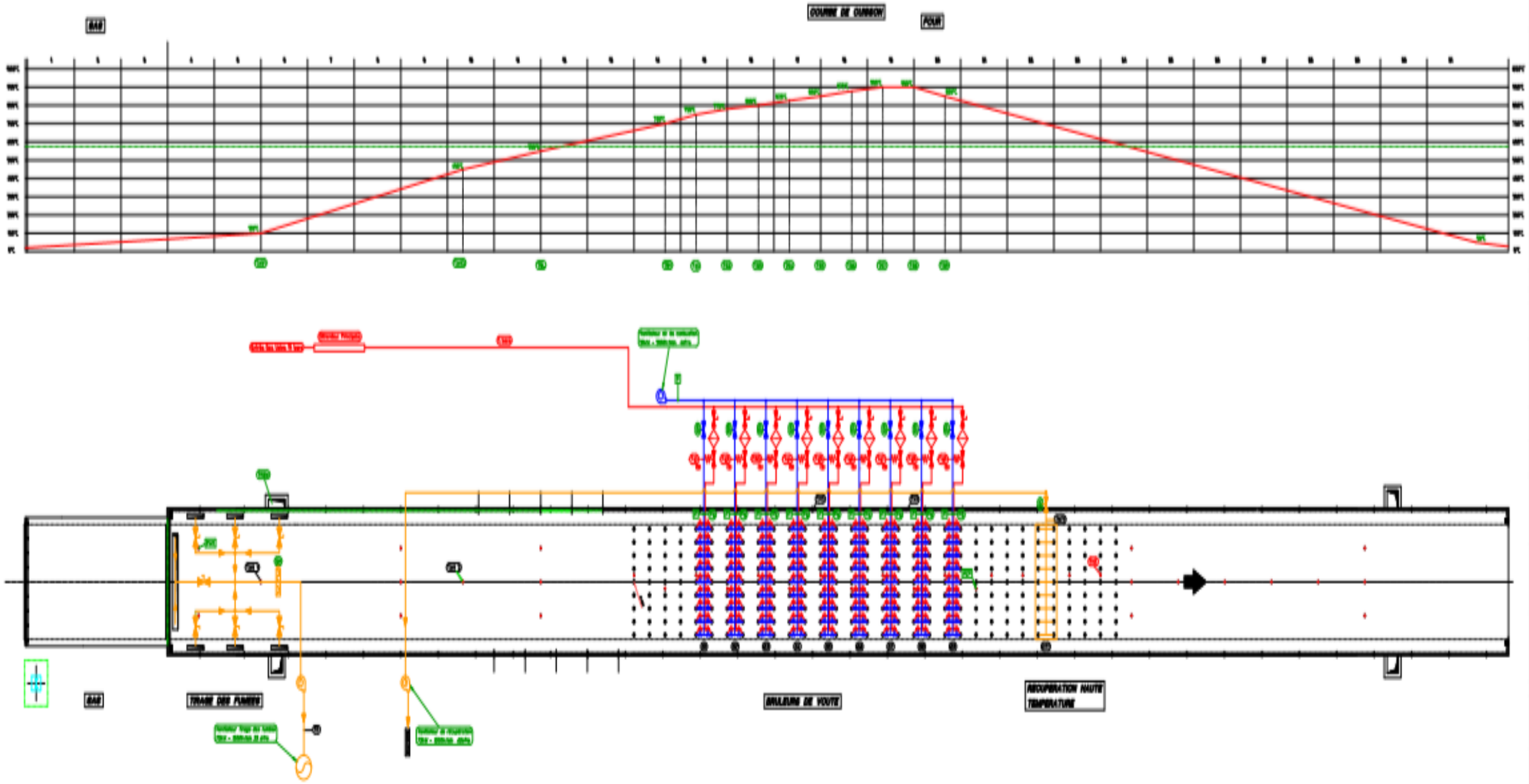
- Figure 1. Les produits entrent froids dans le four et en sortent à une température dépendant de la longueur du four et du débit de tirage des fumées. Aucune chaleur n'est récupérée. Il y a un sas à l'entrée du four. Le sas sert à avoir toujours du tirage dans le four, même lorqu'on y entre un wagon.

  La sortie du four est ouverte (pas de porte).


COURBE DE CUISSON
TRAME DES FUMEES
BRULEURS DE VOUTE

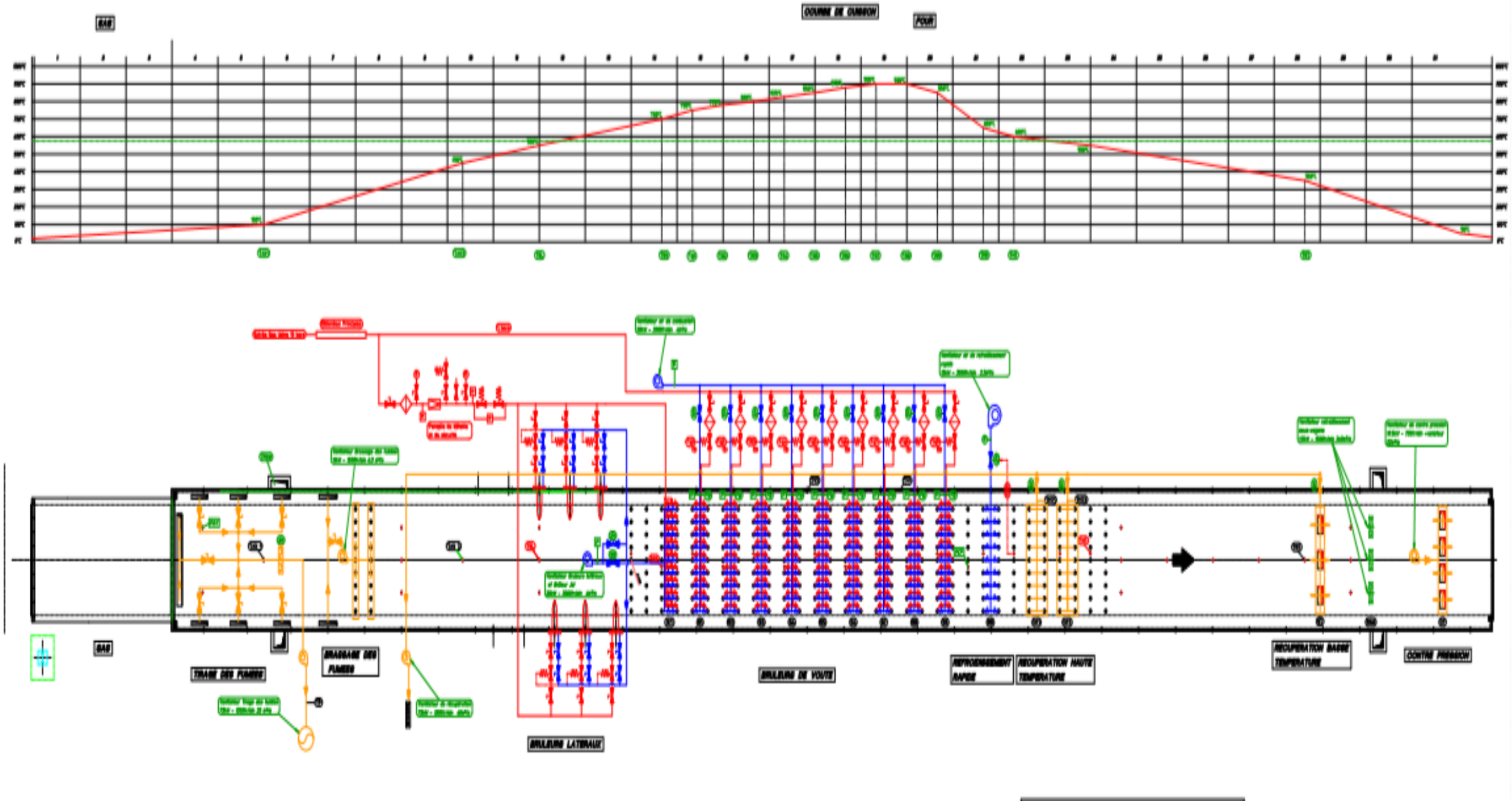
RECUPERATION D'ENERGIE DES FOURS

- Figure 2. Ajout d'un système de récupération d'air chaud, réduction du débit de tirage des fumées, et envoi de l'air chaud récupéré au séchoir.
- C'est le ventilateur de récupération qui assure le refroidissement des briques.
- Récupération de 30-40% de la consommation du four pour le séchage.


COURBE DE CUISSON
FOUR
TRAME DES FUMEES
BRULEURS DE VOUTE
RECUPERATION HAUTE TEMPERATURE

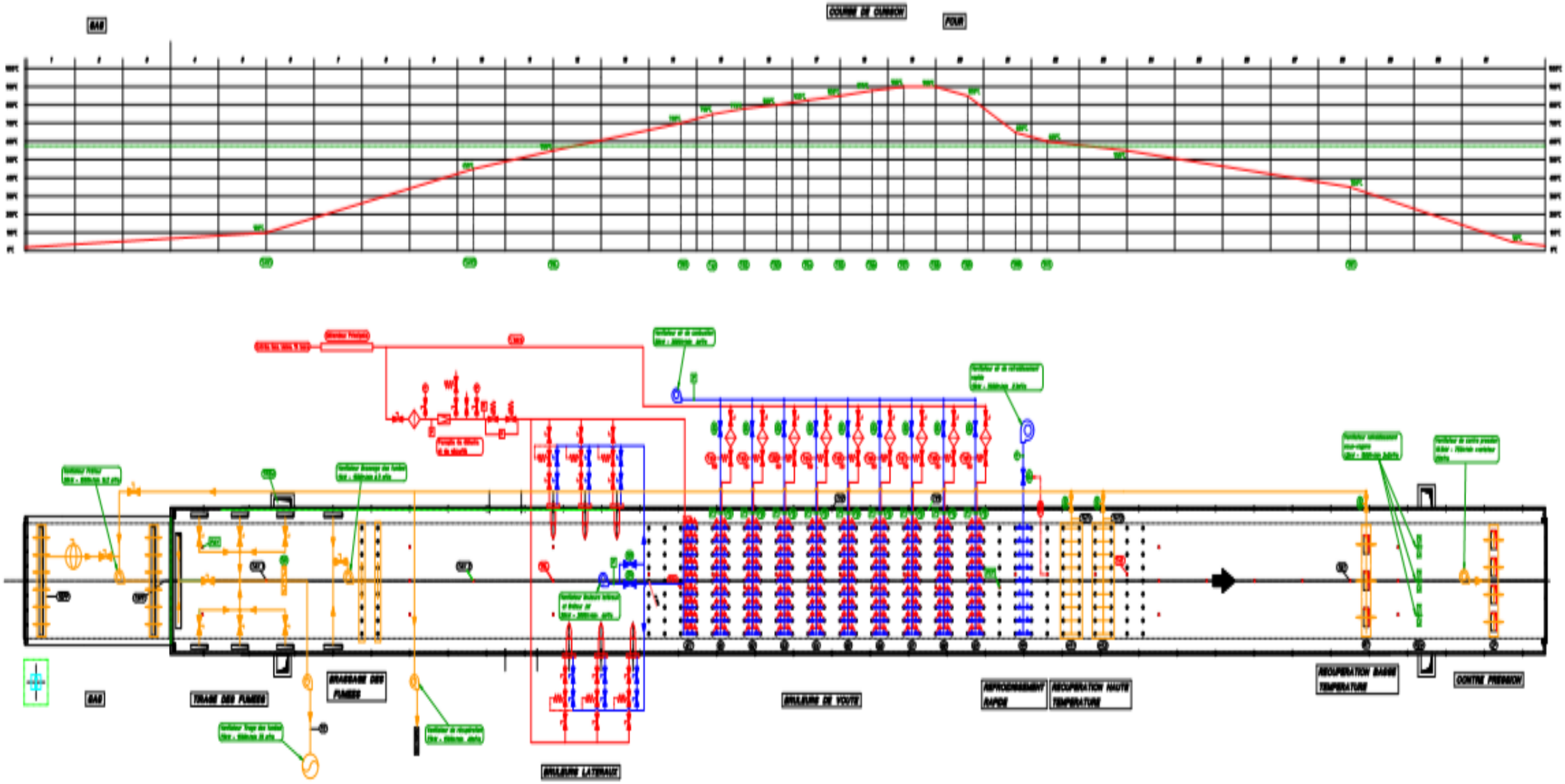
RECUPERATION D’ENERGIE DES FOURS

- Figure 3. Raccourcissement de la longueur du four pour réduire les pertes par les parois et les wagons, par l’intensification des échanges de chaleur par : un refroidissement rapide, une porte de sortie et une insufflation en fin de four, des systèmes de brassage, des brûleurs jets… Récupération de 50% de la consommation du four.


BAS
COURBE DE CUISSON
FOUR
BAS
TRAME DES FUMEES
BRASSAGE DES FUMEES
BRULEURS LATERAUX
BRULEURS DE VOUTE
REFROIDISSEMENT RAPIDE
RECUPERATION HAUTE TEMPERATURE
RECUPERATION BASSE TEMPERATURE
CONTRE PRESSION

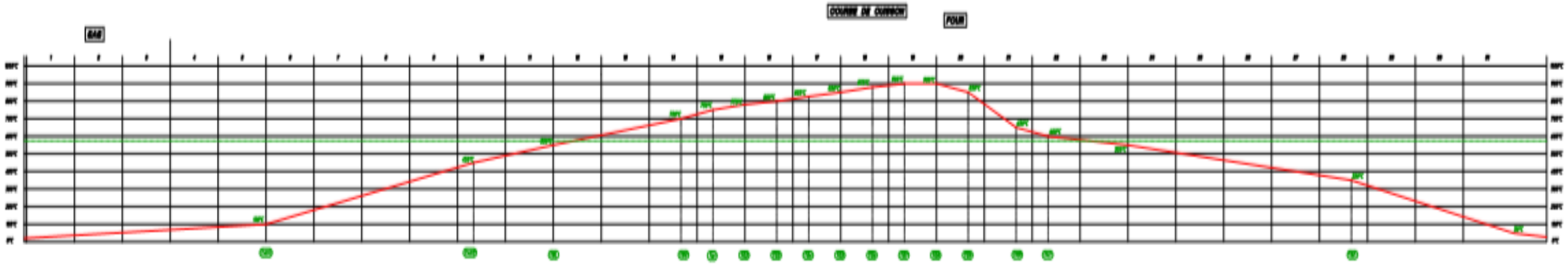
RECUPERATION D'ENERGIE DES FOURS

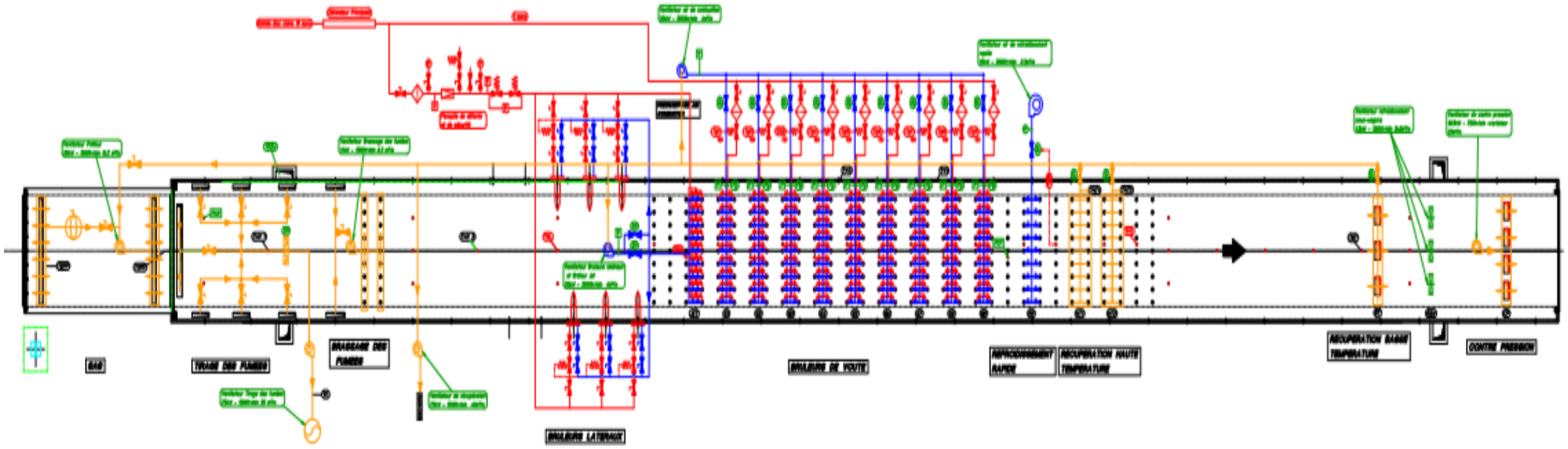
- Figure 4. Ajout d'un préfour permettant de terminer le séchage des produits, de raccourcir le four, tout en utilisant de l'air chaud récupéré. Permet de réduire la consommation du séchoir de 5-10%.
- Sans préfour, l'humidité résiduelle sortie séchoir doit être <2%
- Avec préfour, elle peut être de 4%
- Risque de reprise d'humidité par les produits en attente d'entrer dans le four.


BAS
COURBE DE CUISSON
FOUR
BAS
TIRAGE DES FUMEES
BRASSAGE DES FUMEES
BRULEURS LATERAUX
BRULEURS DE VOUTE
REFROIDISSEMENT RAPIDE
RECUPERATION HAUTE TEMPERATURE
RECUPERATION BASSE TEMPERATURE
CONTRE PRESSION

RECUPERATION D’ENERGIE DES FOURS

- Figure 5. Utilisation d’air chaud pour préchauffer l’air de combustion et réduire la consommation de gaz des brûleurs. Permet de réduire la consommation du four de quelques %, en fonction de la température de l’air préchauffé.


COURBE DE CUISSON
FOUR
GAS

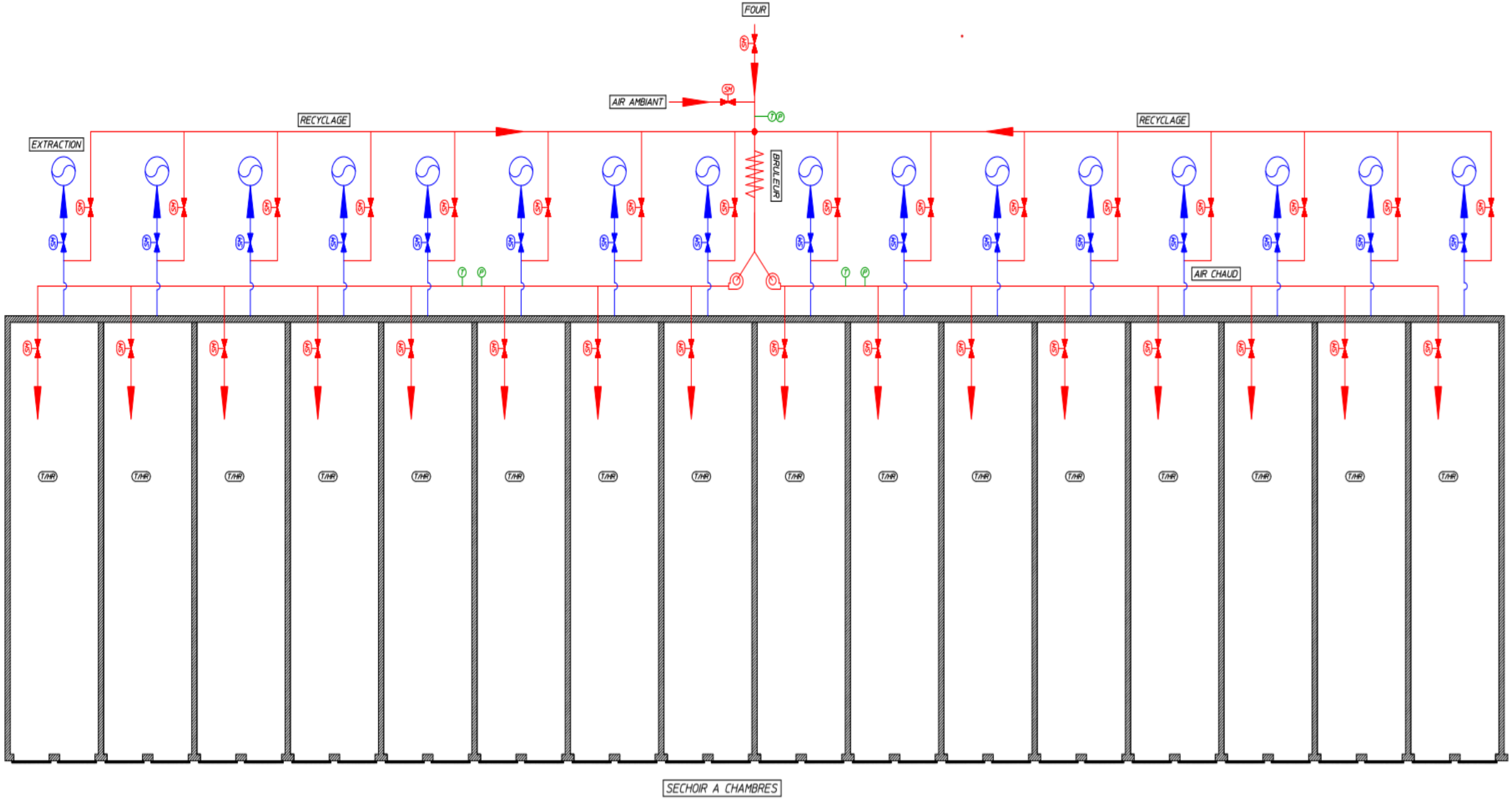

GAS
TIRAGE DES FUMEES
BRASSAGE DES FUMEES
BRULEURS LATERAUX
BRULEURS DE VOUTE
REFROIDISSEMENT RAPIDE
RECUPERATION HAUTE TEMPERATURE
RECUPERATION BASSE TEMPERATURE
CONTRE PRESSION

RECUPERATION D'ENERGIE DES SECHOIRS

- Séchoirs tunnels : les cheminées n'évacuent que de l'air tiède (35-40°C) et saturé en vapeur d'eau (>95% d'humidité relative).

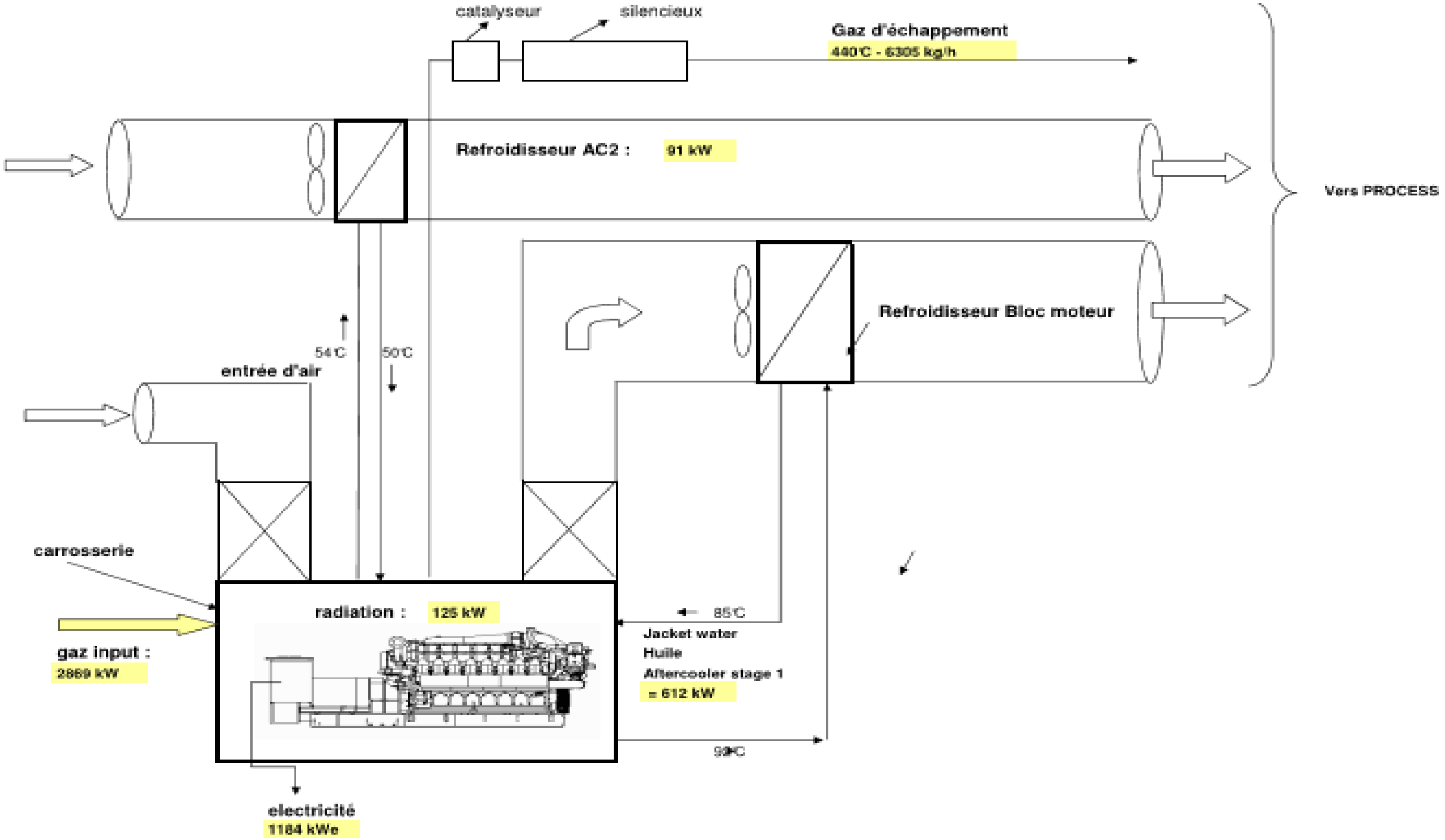
On peut récupérer la chaleur sensible des produits sortant du séchoir, par brassage d'air et aspiration d'air, air qui sera utilisé pour remplacer l'air ambiant (air ambiant utilisé en complément de l'air récupéré du four pour sécher les produits).

- Séchoirs à chambres : en fin de processus de séchage, les cheminées évacuent de l'air chaud et presque sec. Cet air chaud peut être récupéré pour d'autres chambres en début de processus de séchage.
- Figure.


FOUR
AIR AMBIANT
RECYCLAGE
RECYCLAGE
EXTRACTION
BRULEUR
AIR CHAUD
T/HR
SECHOIR A CHAMBRES

Intégration d'une unité de cogénération

- Figure : cogénération par moteur à gaz
- Récupération :
  - Des gaz d'échappement à 400-450°C
  - De la chaleur de refroidissement de l'eau et de l'huile du moteur (échangeur HT à 90°C)
  - De la chaleur de refroidissement du turbo (échangeur BT à 40-45°C)
  - De la chaleur émise par le moteur, l'alternateur, les pompes dans leur local isolé.
- Rendement d'un moteur à gaz : +/- 40%
  - Pour 100 unités d'énergie sous forme de consommation gaz du moteur, 40 se retrouvent sous forme d'électricité et 60 sous forme de chaleur récupérable. Rendement global proche de 100%, voire 105% (condensation des fumées) si toute la chaleur est récupérable.
- Ordre de grandeur de l'investissement : 1.000 €/kW électrique installé


catalyseur
silencieux
Gaz d'échappement
440°C - 6305 kg/h
Refroidisseur AC2 :
91 kW
Vers PROCESS
Refroidisseur Bloc moteur
54°C
50°C
entrée d'air
carrosserie
radiation :
125 kW
85°C
Jacket water
Huile
Aftercooler stage 1
= 612 kW
gaz input :
2869 kW
electricité
1184 kWe

PERSPECTIVES

- Optimiser les consommations :
  - ne produire qu'en flux continus pour améliorer les rendements (fours tunnels, séchoirs tunnels). Travail 7 jours par semaine.
  - spécialiser les unités de production au détriment de la flexibilité pour améliorer les rendements (dimensionnement optimal).
  - préférer peu d'unités de grande taille à beaucoup de petites unités.
- En cas de besoin de chaleur, penser à la cogénération pour baisser la consommation et les coûts, si la chaleur n'est pas récupérable en quantité suffisante d'un autre procédé déjà existant.
- Fabriquer localement pour éviter la consommation d'énergie du transport.
- D'une manière générale, arrêter de produire ce qui n'est pas indispensable, et les objets non recyclables.