



# Analyse pincement d'une unité de vaporeformage de gaz naturel

Paris, 9 juin 2016

M. Basin, P. Arpentinier | Air Liquide R&D

Etude réalisée avec ProSim (Q. Duval, P. Baudet, O. Baudouin)

## ■ Introduction

- Contexte industriel et objectifs
- Méthodologie utilisée

## ■ Diagnostic énergétique du procédé actuel

- Périmètre d'application de la méthode
- Principales conclusions du diagnostic énergétique

## ■ Optimisation énergétique du procédé sans changement des conditions opératoires

## ■ Optimisation énergétique du procédé par la modification des paramètres opératoires pour différents scénarios

## ■ Conclusions et perspectives

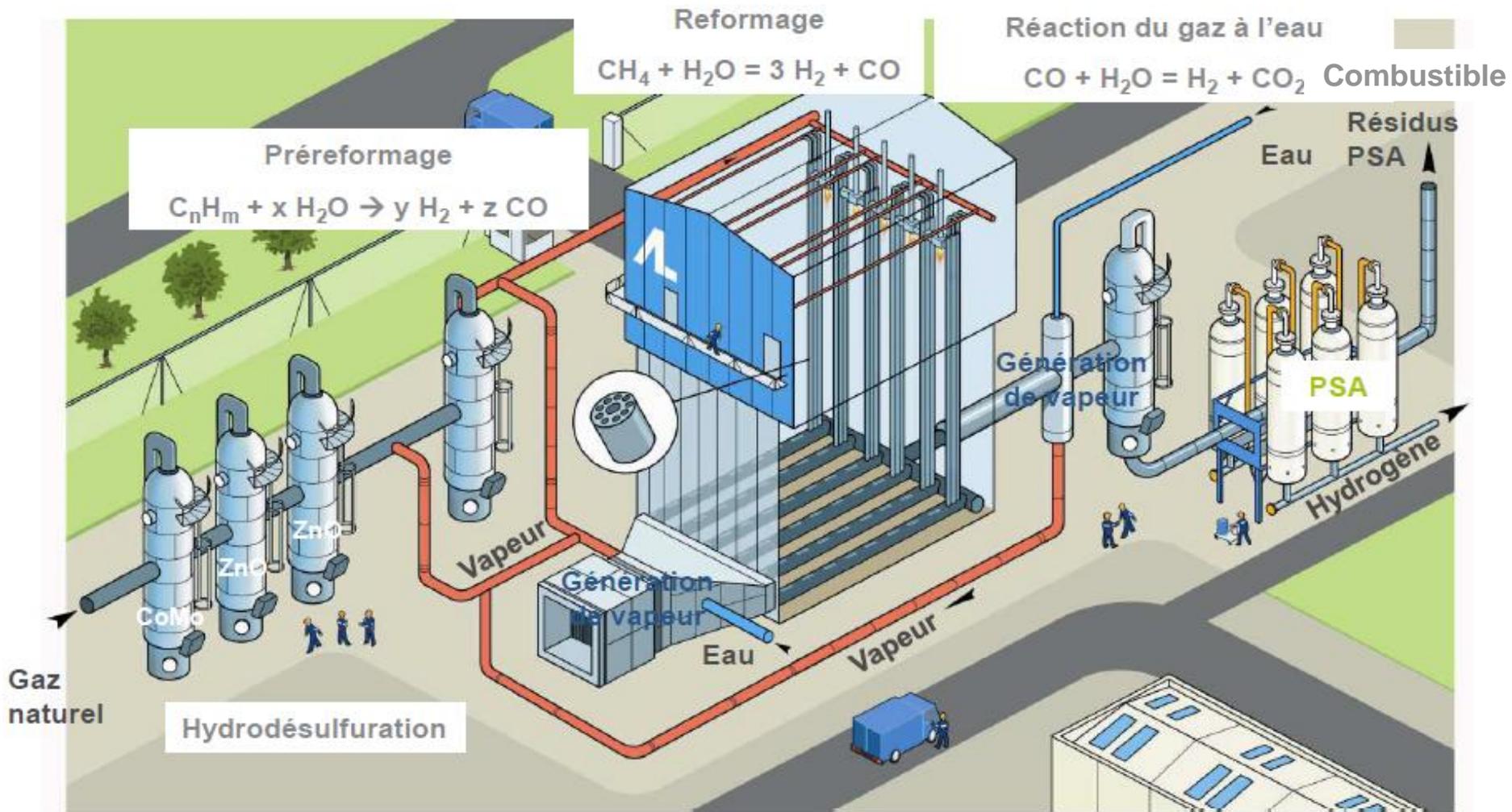


# Introduction – Contexte industriel et objectifs

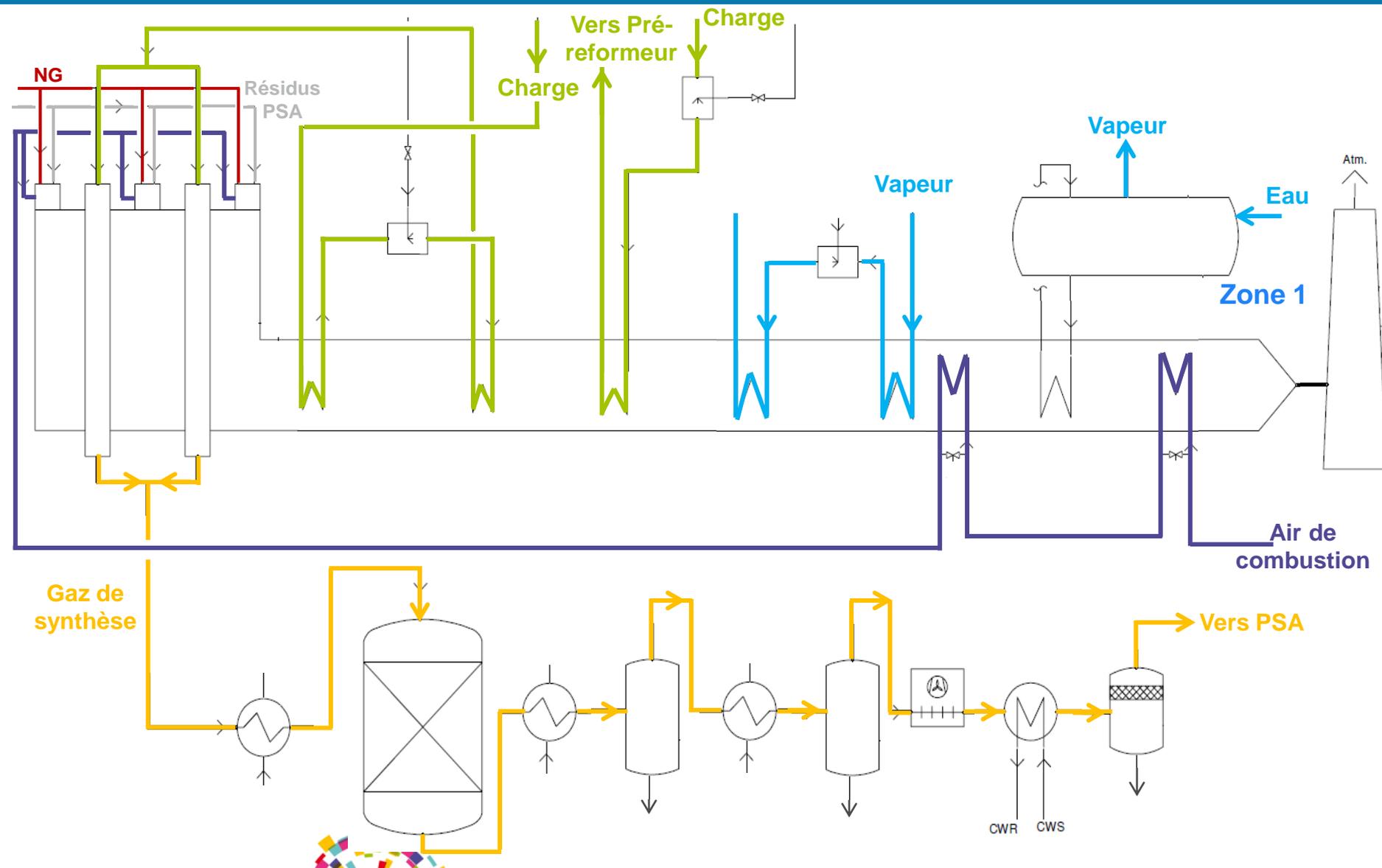
- L'étude se base sur un procédé Air Liquide de production d'hydrogène par vaporeformage de gaz naturel.
  - Dans ce procédé, de la vapeur est produite en excès et peut être vendue au client.
  - Suivant les géographies et les bassins industriels concernés, la vapeur produite peut être bien valorisée ou non.
  - Chaque unité industrielle a ses contraintes propres suivant les spécifications du client (ex. pression de la vapeur, température de surchauffe de la vapeur etc...)
- Les coûts opératoires sont essentiellement constitués par le coût du gaz naturel.
- Objectifs de l'étude
  - Réaliser le diagnostic énergétique du procédé par la méthode du pincement
  - Evaluer le potentiel de pistes d'amélioration sans changer les conditions opératoires, sur la base des conclusions de l'analyse pincement
  - Modifier les paramètres opératoires pour optimiser énergétiquement le procédé pour différents scénarios



# Introduction – Contexte industriel et objectifs



# Introduction – Contexte industriel et objectifs

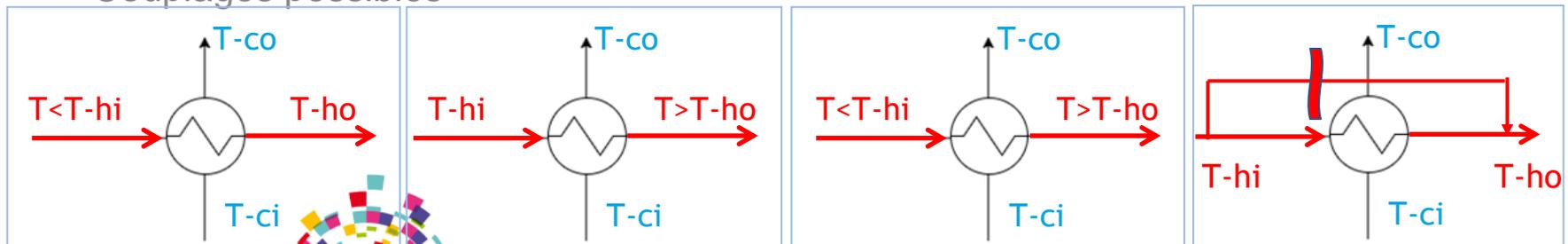


# Introduction – Méthodologie utilisée par ProSim

- Développement d'une simulation du procédé avec ProSimPlus® puis utilisation de Simulis® Pinch
- Simulis® Pinch est un outil de diagnostic énergétique et de proposition de réseaux d'échangeurs, développé par ProSim
  - Pour le diagnostic énergétique, Simulis® Pinch identifie les besoins minimum en utilités froide et chaude et le maximum d'énergie récupérable (MER) par la méthode du « pincement »
  - Pour l'intégration énergétique, Simulis® Pinch propose des réseaux d'échangeurs permettant une récupération maximale de la chaleur récupérable.
- Hypothèse principale de Simulis® Pinch : entre un flux chaud et un flux froid, la puissance maximale est échangée.

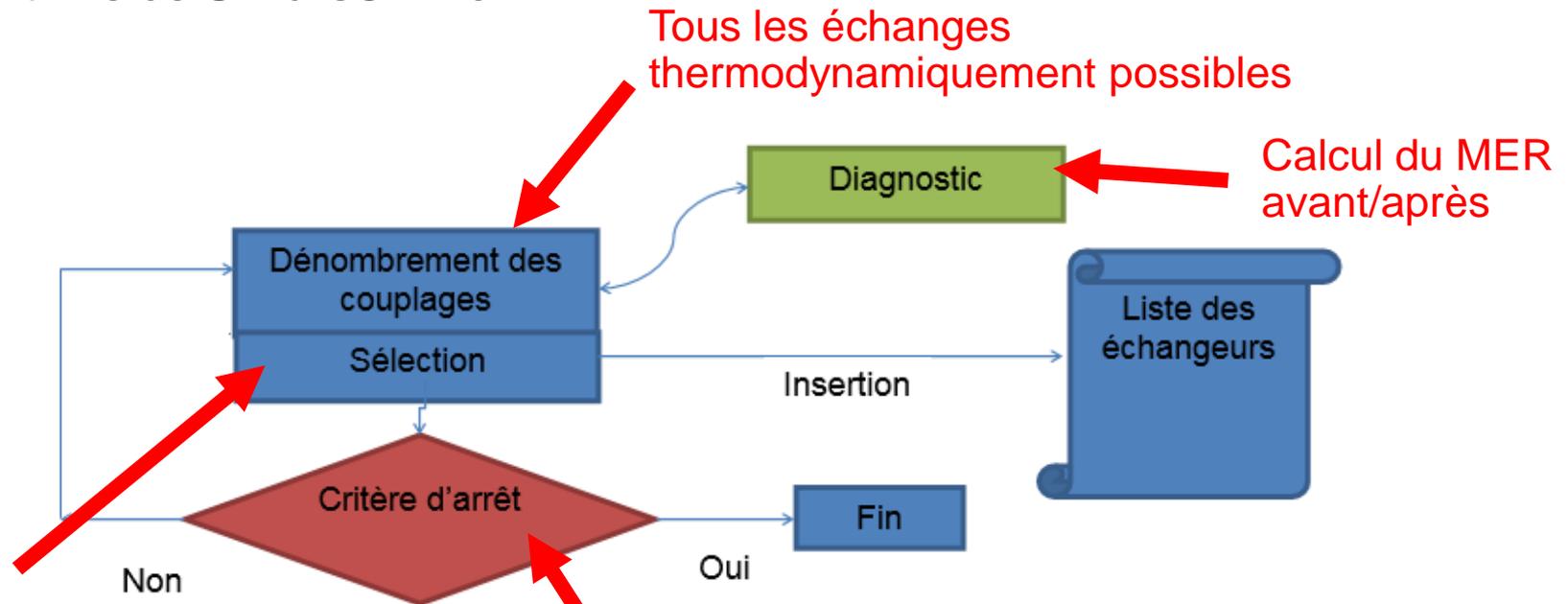
- Permet de dénombrer le nombre de couplages possible

- Couplages possibles



# Introduction – Méthodologie utilisée par ProSim

## ■ Algorithme de Simulis® Pinch



Selon critères de sélection définis par l'utilisateur :

- Puissance
- Efficacité
- ...

Selon critères d'arrêt définis par l'utilisateur :

- Nombre d'échangeurs
- Pourcentage de récupération du MER
- ...



# Diagnostic énergétique du procédé actuel

## ■ Périmètre d'étude de la méthode du pincement

### ■ Principes fondamentaux de cette méthode

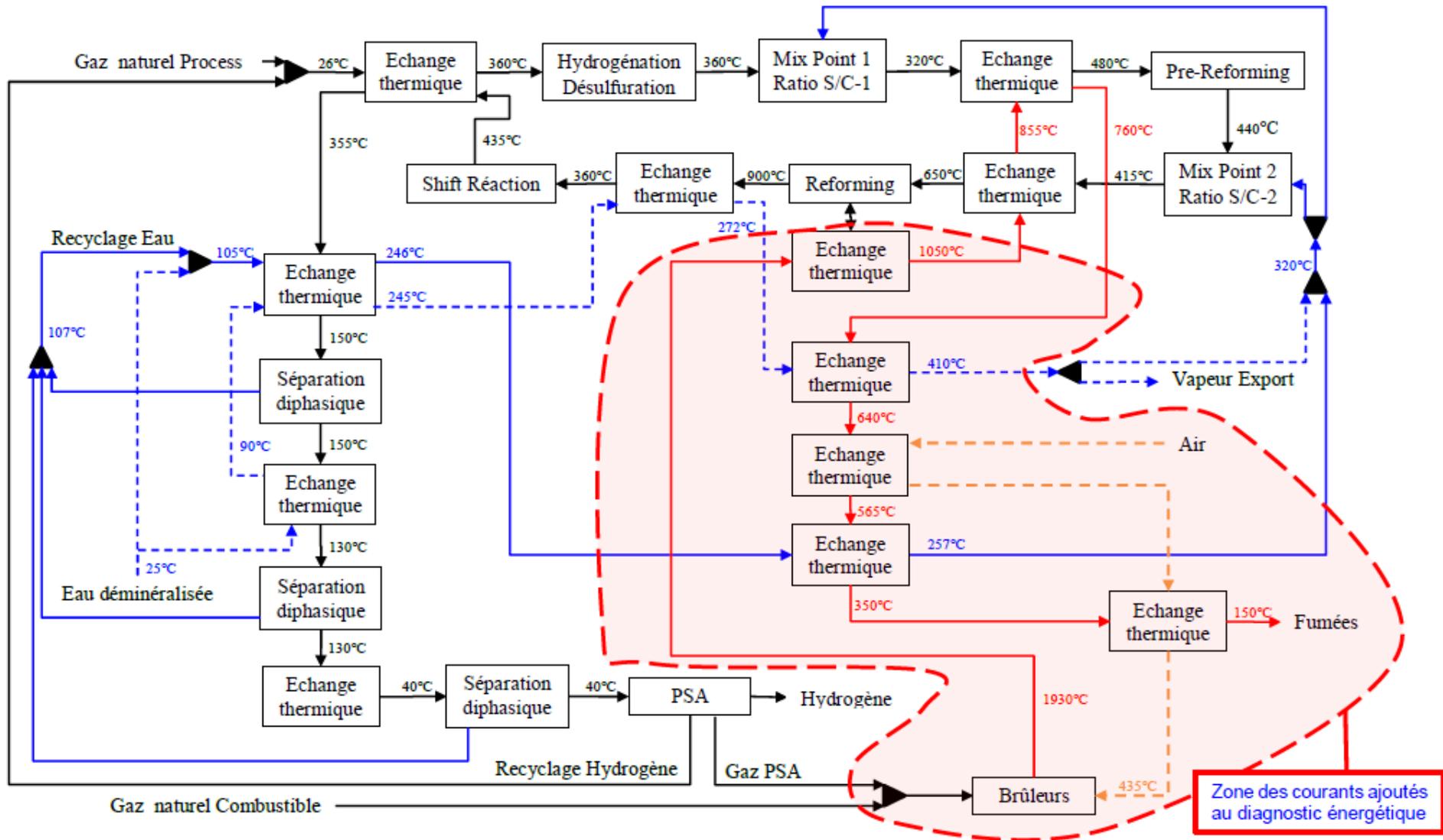
- Les courants « procédés » se définissent comme les courants indispensables à la production de la valeur ajoutée du site (ici, l'hydrogène).
- Les courants « utilités » sont caractérisés comme les courants responsables de l'apport et du retrait d'énergie nécessaires au fonctionnement du procédé; ils peuvent être remplacés par d'autres types d'utilités.

■ Dans ce contexte, les courants liés au four (air de combustion, fumées et combustible) ne sont pas considérés dans le diagnostic énergétique.

■ Procédé basé sur une technologie de four tubulaire : les tubes ne sont pas dissociables des fumées chaudes.



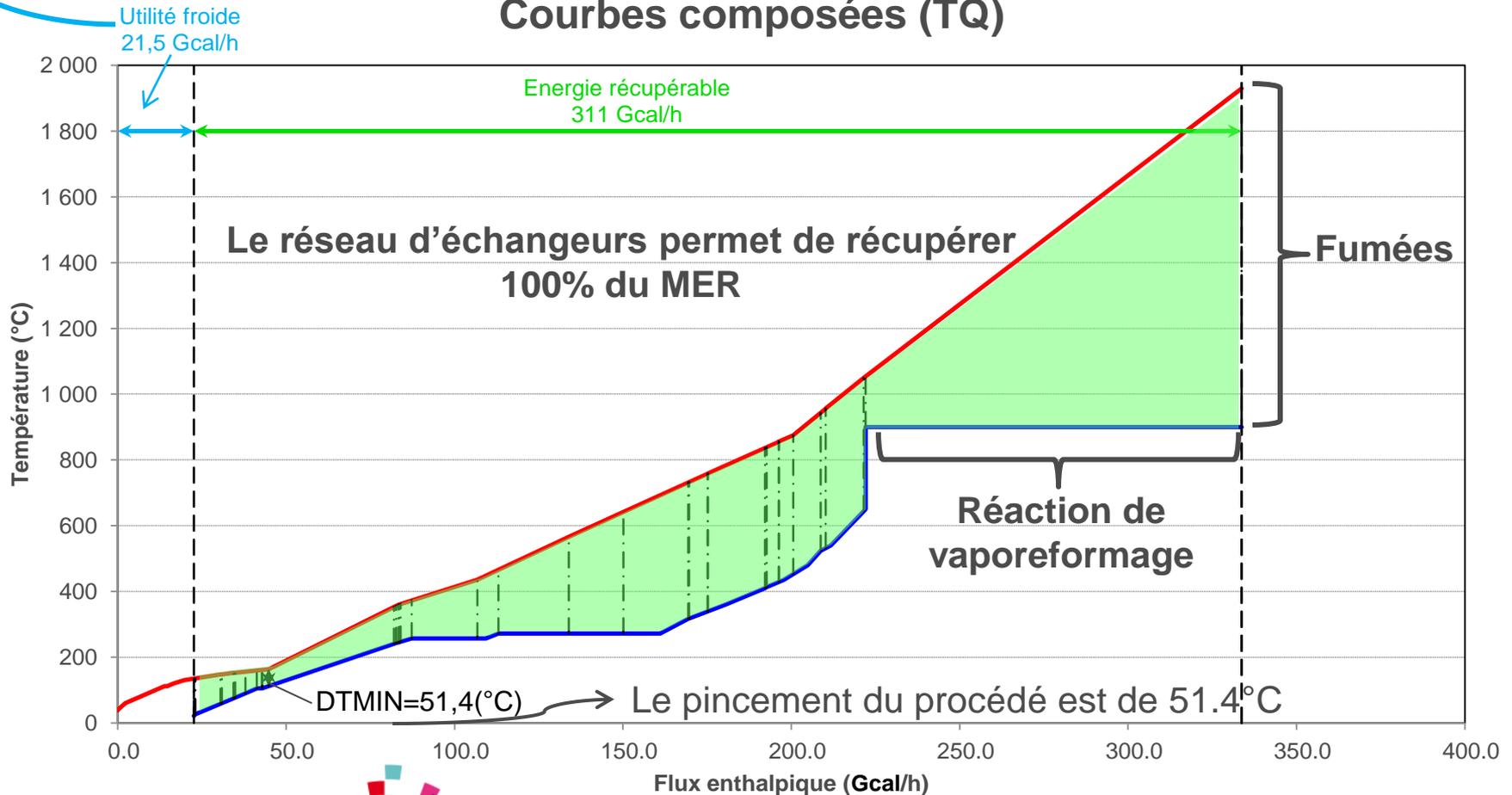
# Diagnostic énergétique du procédé actuel



# Diagnostic énergétique du procédé actuel

Besoins en utilités froides  
= besoins minimaux du  
diagnostic

## Courbes composées (TQ)



# Optimisation énergétique sans changement des conditions opératoires

## ■ Proposition d'un nouveau réseau d'échangeurs

- Le réseau actuel est composé de 19 échangeurs d'intégration et 4 échangeurs d'utilités. Simulis® Pinch ne fournit pas de réseau composé de moins d'échangeurs et permettant une récupération d'énergie de 100% du MER.
- La proposition d'un nouveau réseau d'échangeurs aussi performant et comptabilisant moins d'échangeurs n'est pas réalisable.

## ■ Utilisation de machines thermiques

- La température de pincement est de 138°C.
- Cette température est trop élevée pour envisager une machine thermique (pompe à chaleur ou cycle organique de Rankine)

## ■ Toutefois la méthode du pincement ne permet pas de mettre en évidence toutes les pistes d'économies d'énergie, comme par exemple:

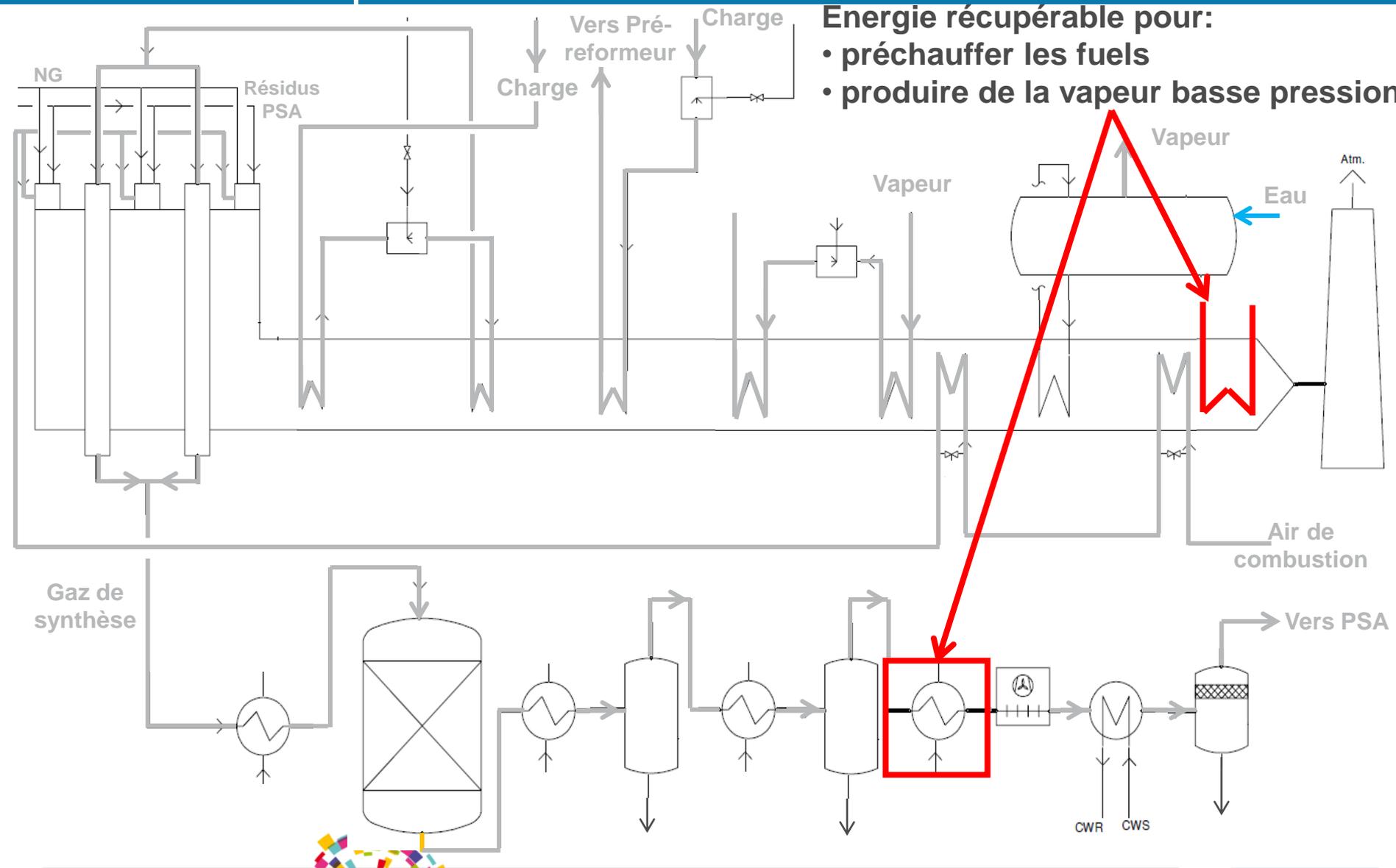
- Certains courants sortant du procédé pouvant être refroidis pour de la récupération d'énergie
- Certains courants non chauffés qui pourraient l'être pour diminuer les consommations d'énergie



# Optimisation énergétique sans changement des conditions opératoires

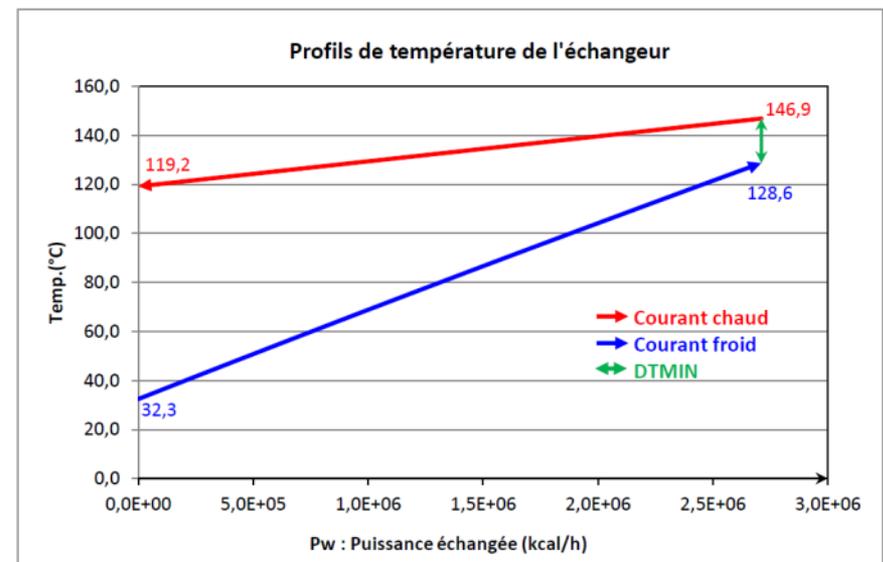
Energie récupérable pour:

- préchauffer les fuels
- produire de la vapeur basse pression



# Optimisation énergétique sans changement des conditions opératoires

- Préchauffage du combustible par les fumées avant leur rejet à l'atmosphère
  - Fluide chaud : fumées à 148°C pouvant être refroidies jusqu'à 120°C
  - Fluide froid : combustible à 32°C
- Investissement d'un échangeur supplémentaire avec un pincement de 18°C
  - Puissance de l'échangeur: 2.7 Gcal/h
  - Combustible préchauffé jusqu'à 129°C
  - Diminution de la consommation de gaz naturel combustible de 4.5%
- Aucune modification des paramètres opératoires
- Variation négligeable du débit de fumées, pas de modifications à prévoir sur les échangeurs de la zone de convection
- La perte de charge côté combustible devra être faible



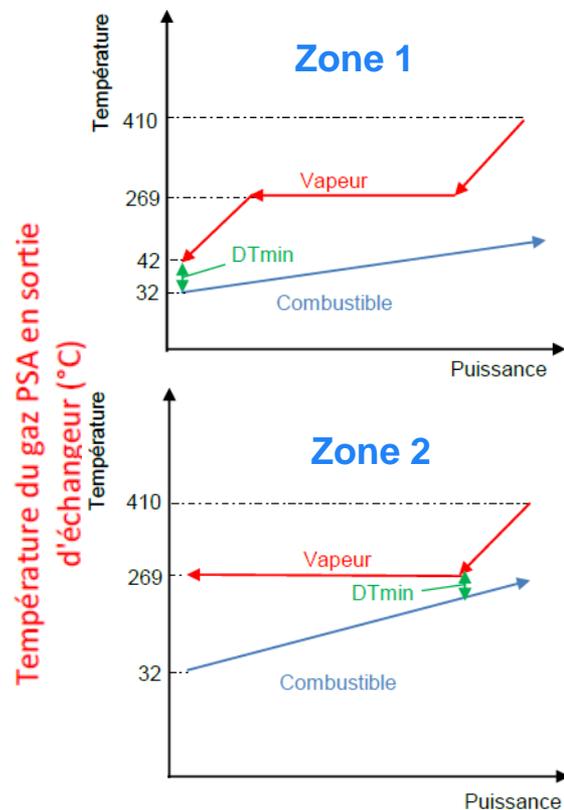
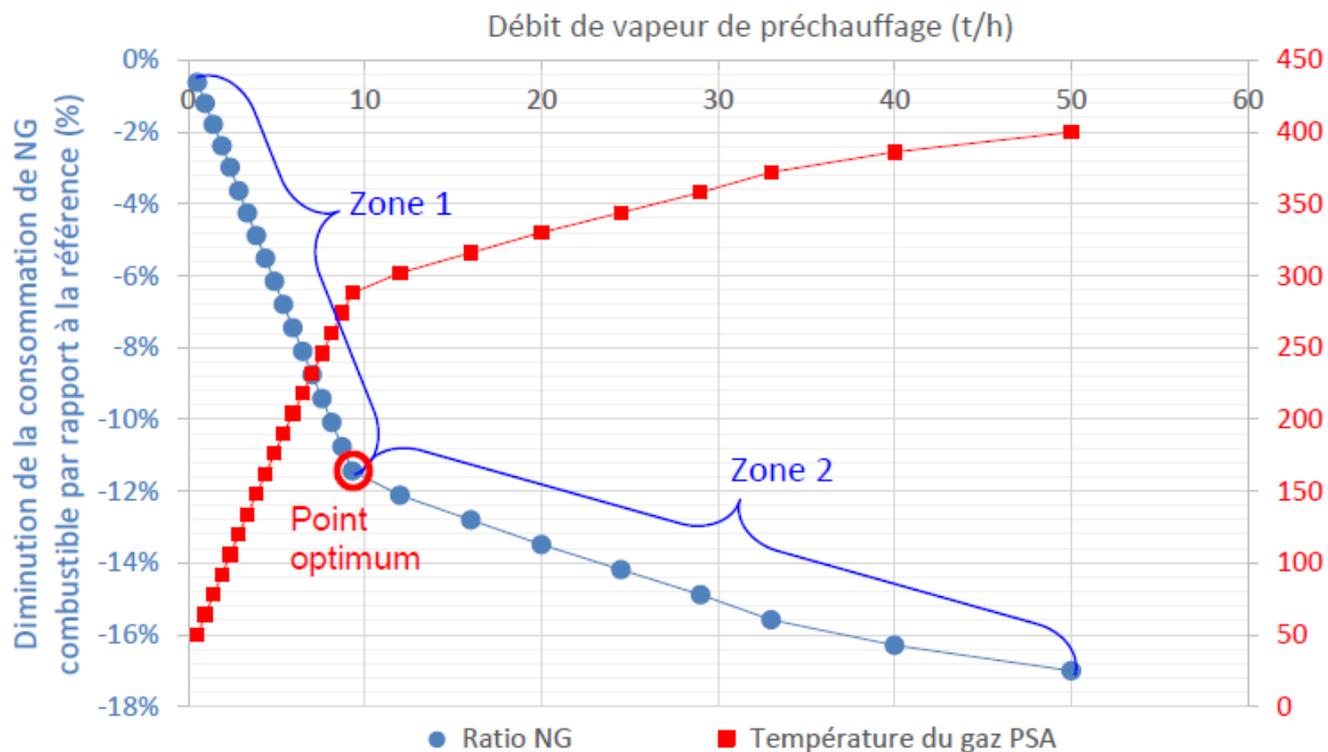
# Optimisation énergétique du procédé par la modification des paramètres opératoires

- Réalisation d'une étude paramétrique pour déterminer quels paramètres opératoires ont le plus d'influence sur les ratios suivants:
  - Puissance nécessaire en utilité froide / Production d'hydrogène
  - Consommation de gaz naturel / Production d'hydrogène
- Les paramètres opératoires peuvent varier sur des intervalles définis par des contraintes techniques (règles de sécurité, opération des réacteurs catalytiques, contraintes matériaux...).
- L'étude paramétrique a permis de mettre en évidence deux scénarios intéressants:
  - Scénario 0 : diminuer les consommations de gaz naturel tout en garantissant un nombre d'échangeurs et une production d'hydrogène constants → baisse de la production vapeur
  - Scénario 1 : diminuer les consommations de gaz naturel tout en garantissant les productions de vapeur et d'hydrogène → augmentation du nombre d'échangeurs



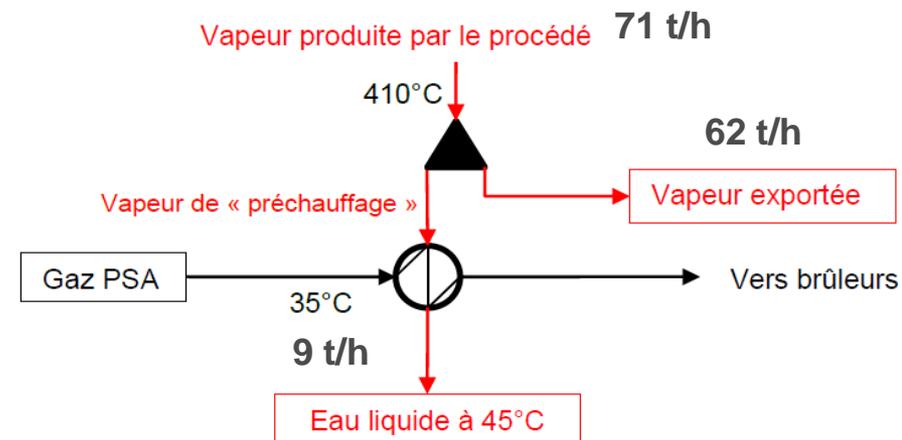
# Optimisation énergétique du procédé par la modification des paramètres opératoires

- **Scénario 0**: diminuer les consommations de gaz naturel en garantissant une production d'hydrogène constante sur la base du réseau actuel d'échangeurs
- Plusieurs scénarios utilisant tout ou partie de la vapeur surchauffée pour préchauffer les combustibles
- Cas présenté : utilisation d'une partie de la vapeur haute pression surchauffée pour préchauffer les résidus PSA



# Optimisation énergétique du procédé par la modification des paramètres opératoires

- Préchauffe du combustible provenant de l'unité de purification PSA par une partie de la vapeur normalement exportée
  - Le combustible est préchauffé de 35°C à 288°C
  - Economie de gaz naturel combustible de 11%
  - 9 t/h de vapeur sont consommées
  - 9 t/h d'eau déminéralisée sont recyclées (7%)
- Débit de fumées inchangé, pas de modifications à prévoir sur les échangeurs de la zone de convection
- Modification possible sur unité existante par investissement d'un échangeur supplémentaire
- Optimisation pertinente lorsque la demande client en vapeur vient à diminuer



# Conclusions et perspectives

- Le diagnostic énergétique a montré l'efficacité du réseau d'échangeurs d'intégration actuel
  - Optimum de récupération énergétique atteint (100% MER)
  - Réseau actuel comptabilise le nombre minimal d'échangeurs permettant cette performance
- Il existe des pistes d'amélioration énergétique
  - Basées sur la diminution de la consommation de gaz naturel en tant que combustible
  - Passant par la préchauffe des combustibles avec des courants non valorisés actuellement ou avec tout ou partie de la vapeur surchauffée produite
  - Passant par la production de vapeur Basse Pression (BP)
- Quinze solutions différentes ont été proposées
  - D'autres scénarios ont été envisagés : maximisation de la production vapeur, maximisation de la production électrique avec une turbine vapeur
  - Applicables aux unités existantes ou à de nouveaux designs





Research & Development  
Opening new ways

MERCI DE VOTRE ATTENTION



[www.airliquide.com](http://www.airliquide.com)

Suivre @AirLiquideGroup

