

ÉTUDE DÉCARBONATION DE PROCÉDÉS DE SÉCHAGE ET CUISSON

Webinaire – 16/03/2023



Quelques informations pratiques

- Merci de couper vos micros et caméras
- Une session de questions-réponses est prévue après chaque intervention. Pour participer :
 - Utilisez le chat écrit
 - Précisez dans le chat si vous souhaitez intervenir à l'oral
- Le replay et les présentations seront disponibles sur l'extranet ALLICE sous quelques jours.



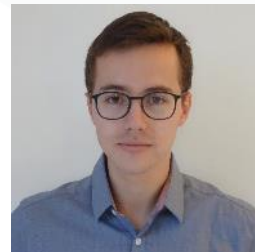
Bon visionnage !

Sommaire

- **Restitution de l'étude ALLICE : Décarbonation des procédés de cuisson et de séchage**
- **Présentations**
 - Contexte et introduction de l'étude - Objectifs de l'étude, hypothèses de calcul prises
 - Présentation du cas #1 : fabrication de tuiles – CTMNC/CETIAT
 - Présentation du cas #2 : ligne de peinture
 - Présentation du cas #3 : séchage du malt – Malteurop/CETIAT



Pierre Richard
CETIAT



Benjamin Bruyère
CETIAT



Catherine Poirier
CTMNC



Laurent Descôtes
Malteurop



CONTEXTE ET INTRODUCTION DE L'ÉTUDE

Introduction

- **Contexte**
 - Continuité des travaux d'ALLICE sur la décarbonation (électrification, gaz décarbonés, récupération de chaleur etc.)
 - Volonté d'une approche par opération unitaire
- **Objectifs de l'étude :**
 - Comparer les différentes solutions de décarbonation sur des cas d'études
 - Guider les industriels dans la décarbonation de leur procédé



MÉTHODOLOGIE ET HYPOTHÈSES

Introduction

Méthodologie

- Étudier les différentes solutions de décarbonation pour des procédés de séchage et cuisson
 - Efficacité Énergétique
 - Électrification
 - Énergie Renouvelable et de Récupération
- Illustration sur 3 cas d'étude
 - Tunnels de séchage et cuisson de Tuiles
 - Tunnels de séchage et polymérisation de Peinture poudre
 - Touraillage de malt d'orge
- Analyse via simulation
 - Projection jusqu'en 2050
 - Estimation des CAPEX, OPEX, et émissions de CO2

Scénarios de coûts et émissions des énergies

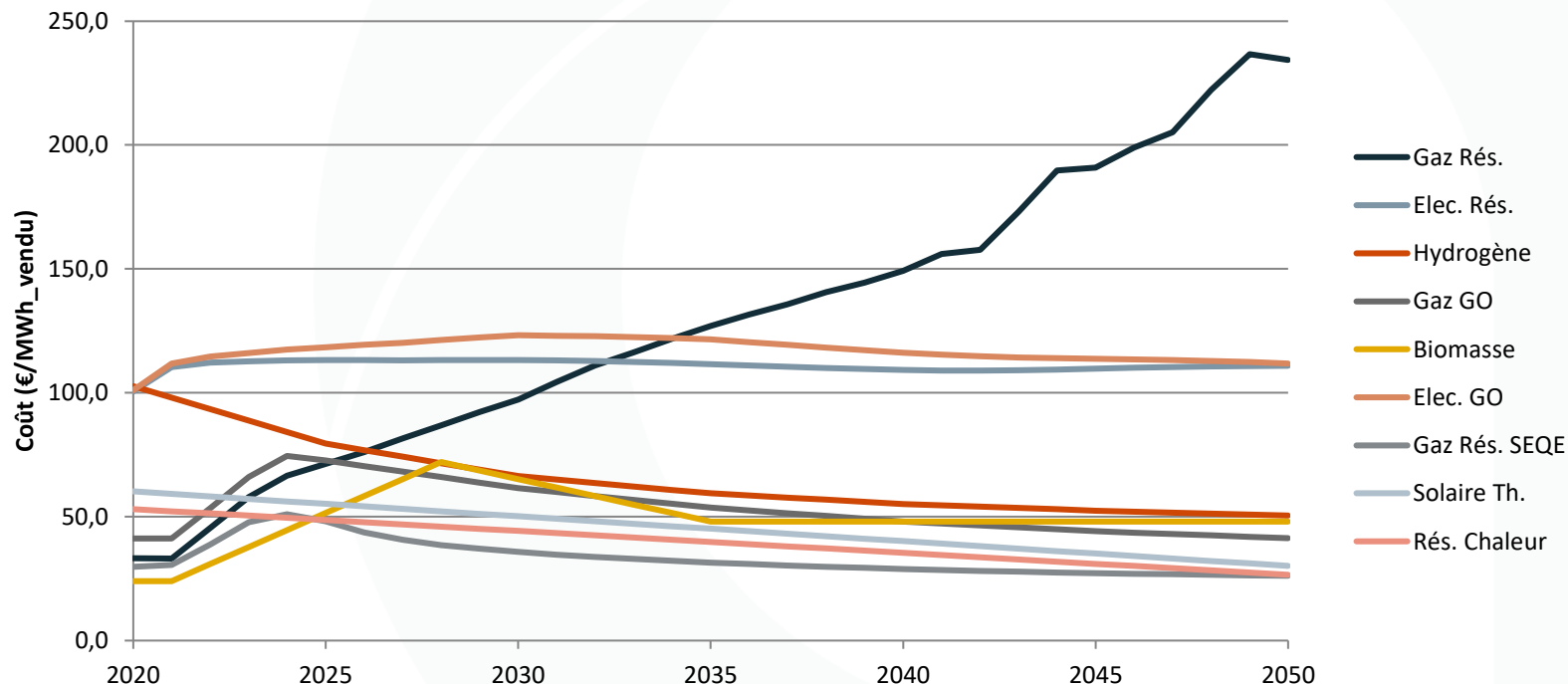
Des hypothèses contestables

- Nous ne revenons pas du futur
- Hypothèse proviennent :
 - Données disponibles
 - Notre interprétation

**Un outil sera fourni pour ajuster les résultats
selon vos projections**

Scénarios de coûts et émissions des énergies

Les coûts



- Sources : Enerdata, ADEME, ENEA, CEREMA, CETIAT...

Scénarios de coûts et émissions des énergies

Rappels des Scopes

- Les émissions sont catégorisées en Scopes et Postes
- De manière simplifiée
 - Scope 1 : émissions directes de combustion
 - Scope 2 : émissions liées aux énergies électriques et réseau de chaleur
 - Scope 3 : émissions indirectes des matières premières et d'énergie

Scénarios de coûts et émissions des énergies

Rappels des Scopes

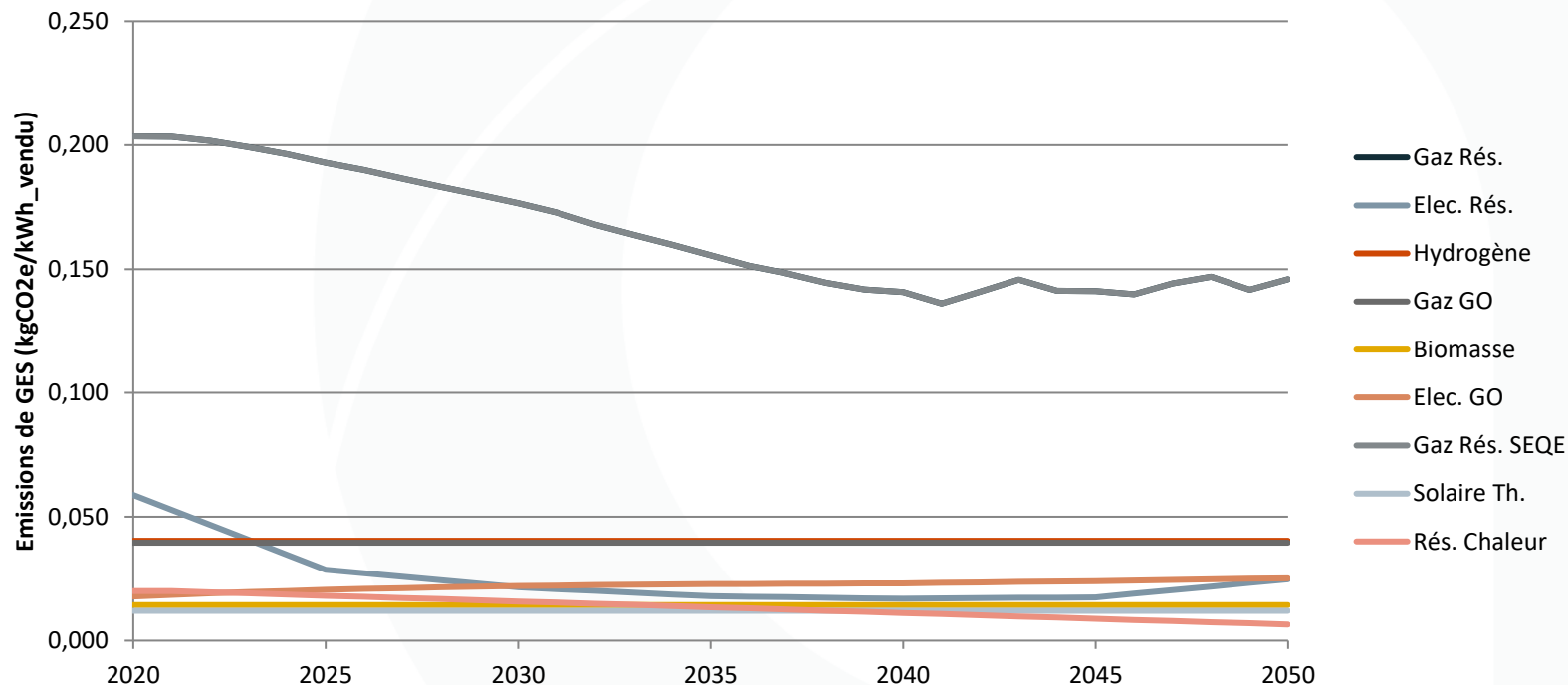
- Un peu moins simplifié :

Énergie	Scope 1 & 2	Scope 3
Combustibles	Dégagement combustion Égal 0 pour biocombustible	Énergie pour puiser la ressource et ACV des équipements
Électricité	Énergie consommée pour produire l'électricité	ACV des centrales et des réseaux
Réseau de chaleur	Énergie consommée pour produire la chaleur et ACV des centrales et réseaux	

- **CO2 fossile et CO2 biogénique**
 - La combustion des biocombustibles émettent du CO2 biogénique
 - Celui-ci n'est pas comptabilisé dans les bilans GES

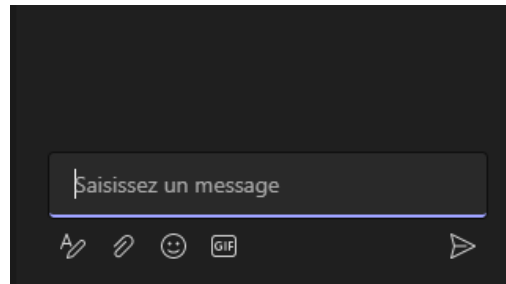
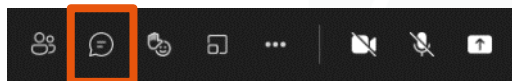
Scénarios de coûts et émissions des énergies

Les émissions



- SCOPES 1, 2 et 3

Posez vos questions !





L'INDUSTRIE DES TUILES ET BRIQUES

CTMNC

CTMNC

Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction

2 filières

L'industrie des Tuiles et Briques depuis 1957



bouyer leroux



Les Roches Ornementales et de construction depuis 2007

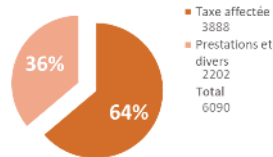


En chiffres

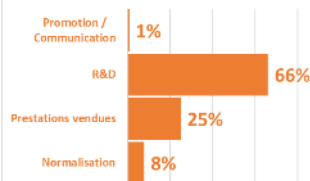
- 60 personnes
- 3 sites (Paris, Clamart, Limoges)

• CA en 2021 (k€) :

Répartition des recettes d'exploitation (en k€)



Répartition des dépenses d'exploitation selon la nature d'activité



Missions

- Réalisation d'études institutionnels pour le développement pour les 2 filières (R&D, Transfert, Traitements de surface, Qualité produits, Environnement, Normalisation, Certification, ...)
- Prestations : caractérisation MP et procédé, essais normalisés sur produits et produits mis en œuvre, métrologie des équipement, formations, ...

Compétences

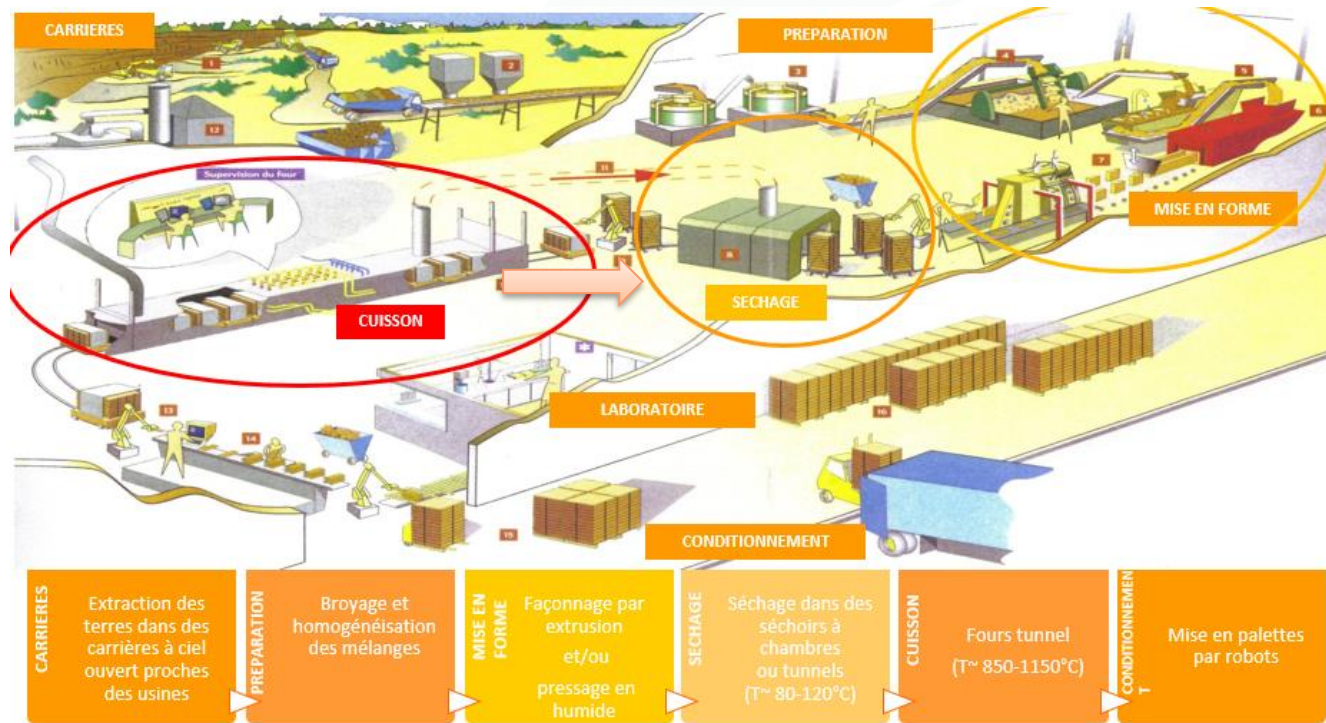
- La céramique et les roches
- Les produits et leur mis en œuvre
- Qualité et Environnement (ACV, FDES, normalisation, certification, contrôles réglementaires, métrologie,...)
- La formation continue

L'industrie des Tuiles et briques en France

- 130 sites (dont 39 soumis ETS)
- PME/TPE et 5 grands groupes
- Production de 4,3 Mt en 2021 pour un CA de 953 M€ HT et 4135 emplois directs
- Consommation énergétique : 3,6 TWh/an
(~85% énergie fossile et ~15% électricité)
- Emission de CO₂ : 684 495 tCO₂/an
(0,2% des émissions de GES en France)
CO₂ issu à ~75% à la combustion de GN et ~25% des matières premières



Le procédé de fabrication de la terre cuite



PREPARATION + MISE EN FORME

=> **énergies** : électricité (parfois génération de vapeur à l'extrusion)

SECHAGE

=> **énergies** : récupération des fours + appoint GN, GN, électricité (ventilateurs)

→ $P_{\text{électrique}} \sim 100-200 \text{ kW}$

→ $P_{\text{thermique autre}} : 0 \text{ à } 5 \text{ MW}$

CUISSON

=> **énergies** : GN (parfois en briqueteries combustions multi combustibles avec biomasse et/ou biogaz)

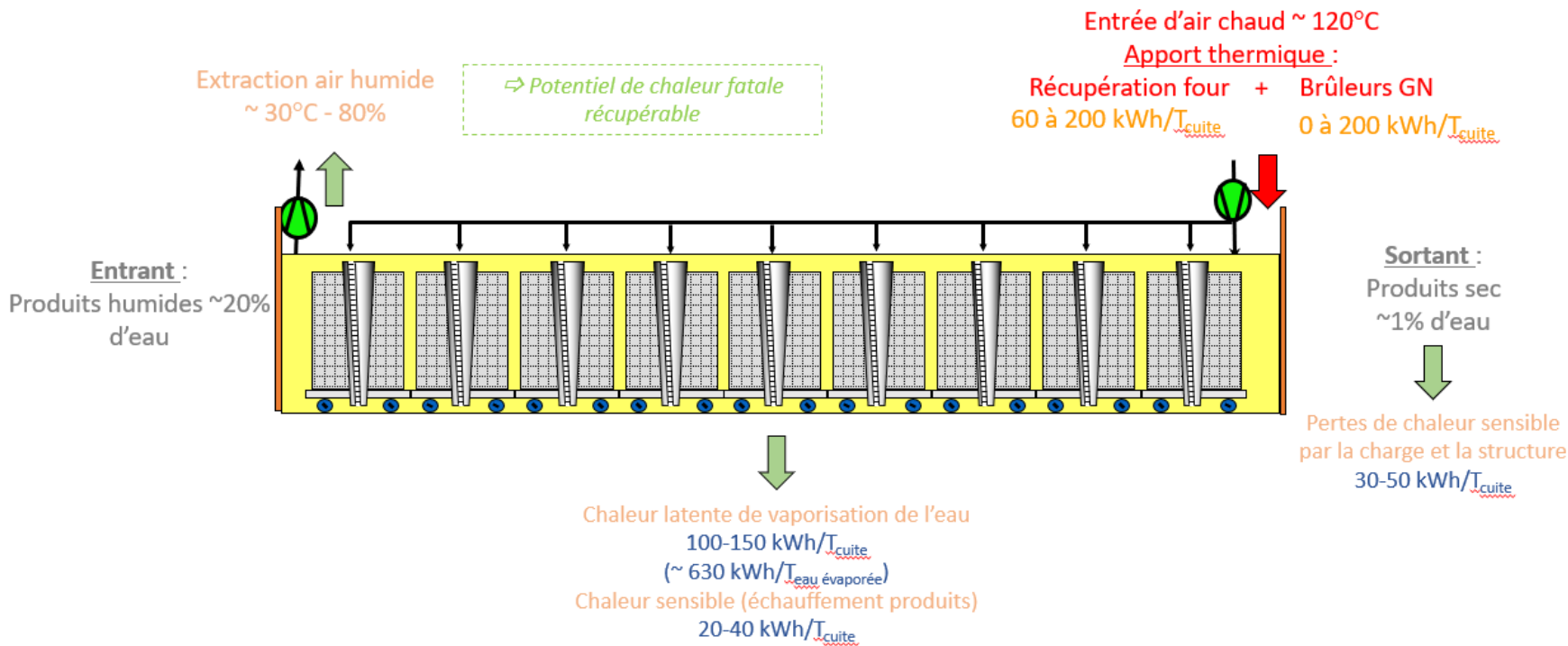
→ $P_{\text{installées}} : 5 \text{ à } 20 \text{ MW}$

En fonction de la taille des sites :

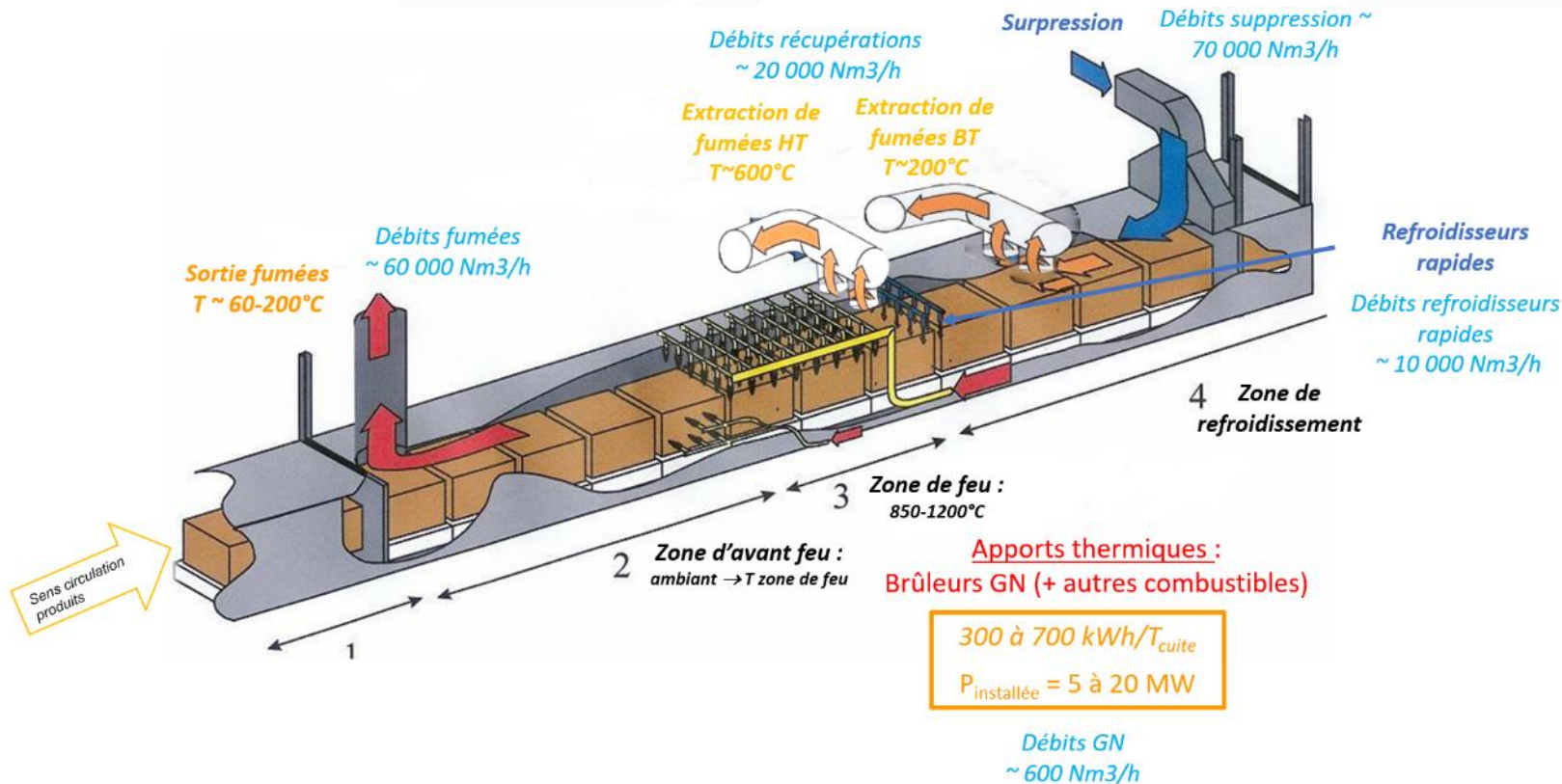
Production annuelle par site : entre 15 000 et 200 000 $t_{\text{cuites}}/\text{an}$

Emissions annuelles par site : entre 1 000 et 35 000 $t_{\text{CO}_2}/\text{an}$

Focus sur le séchoir (80-120°C)



Focus sur le four (850-1200°C)



La feuille de route de décarbonation de la filière

La feuille de route de décarbonation de la filière terre cuite

LEVIER 1 : SOBRIÉTÉ ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUES

Optimisation des étapes
du process de fabrication

20%
DE GAINS
ATTENDUS

LEVIER 2 : ÉNERGIES DÉCARBONÉES

Substitution du gaz naturel
par des énergies décarbonées
ou renouvelables

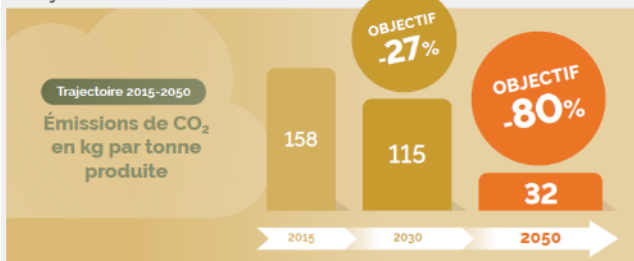
40%
DE GAINS
ATTENDUS

LEVIER 3 : LE CO₂ DANS UNE BOUCLE VERTUEUSE

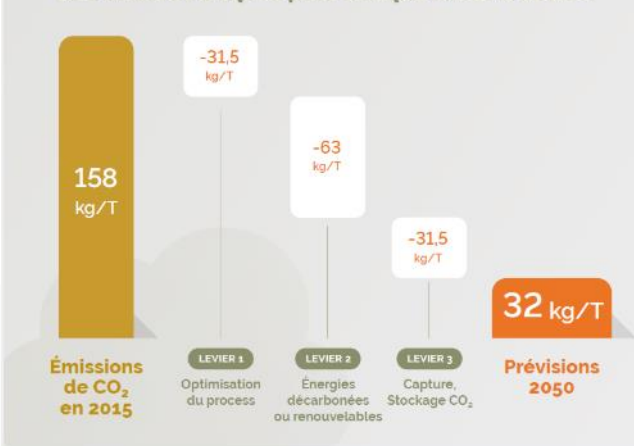
Capture du CO₂, stockage,
utilisation

20%
DE GAINS
ATTENDUS

Objectifs SNBC :



Potentiel de réduction des émissions de CO₂ du secteur des tuiles et briques pour chaque levier d'action



La feuille de route de décarbonation de la filière terre cuite

LEVIER 1 : SOBRIÉTÉ ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUES

Optimisation des étapes
du process de fabrication

20%
DE GAINS
ATTENDUS

Actions menées majoritairement par les industriels en interne

Projet porté par le CTMNC :

SMART'AIR (2017)

Etude de faisabilité d'un nouveau mode séchage à co-courant permettant la récupération de la chaleur fatale de condensation des buées de séchage



LEVIER 2 : ÉNERGIES DÉCARBONÉES

Substitution du gaz naturel
par des énergies décarbonées
ou renouvelables

40%
DE GAINS
ATTENDUS

Projet porté par le CTMNC :

HyDéTOP (2021-2024)

Etude de faisabilité sur l'impact sur les produits et les organes de combustion de l'intégration d'H₂ au GN pour la cuisson



LEVIER 3 : LE CO₂ DANS UNE BOUCLE VERTUEUSE

Capture du CO₂, stockage,
utilisation

20%
DE GAINS
ATTENDUS

Projet porté par le CTMNC :

Recycarb

Etude sur les opportunités du CCUS-CCV pour les fumées en sortie de fours



CAS #1 – FABRICATION DE TUILES

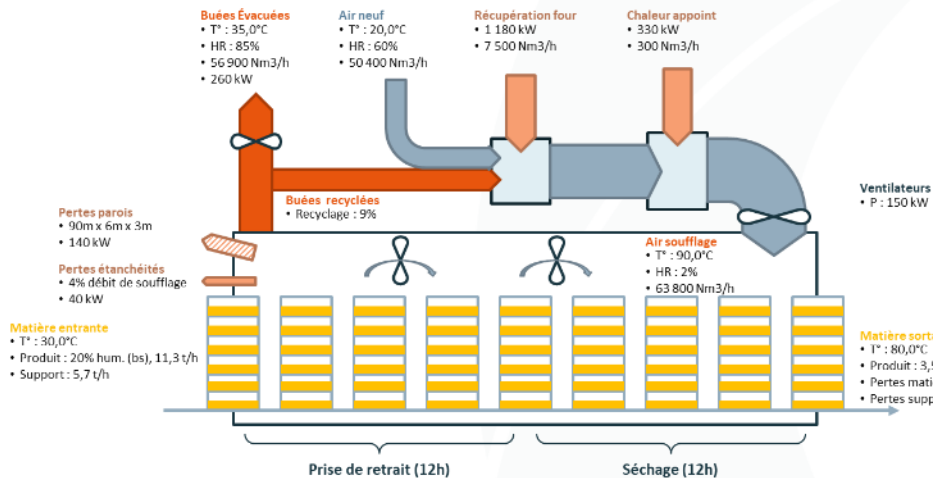
CETIAT

Cas 1 – Procédé Briques et Tuiles

Cas de référence

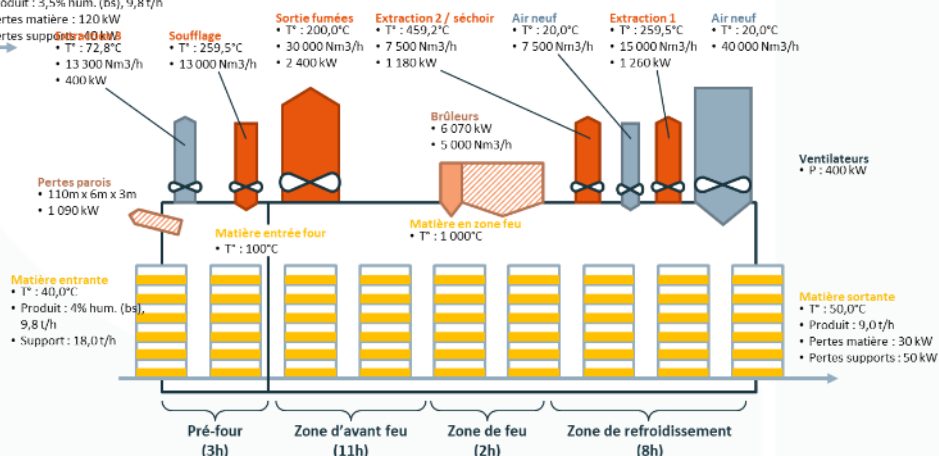
Séchage

- P total - 1 500 kW
- 20% en gaz, 80% en récup
- **3 183 MWhPCS/an gaz**
- **1 301 MWh/an élec.**



Four

- P total – 6 070 kW gaz
- **50 109 MWhPCS/an gaz**
- **1 238 MWh/an élec.**



Cas 1 – Procédé Briques et Tuiles

Solutions étudiées

- **So1 : Efficacité énergétique**
 - Augmentation drastique de la convection pour améliorer les échanges.
- **So2 : Garantis d'Origine**
 - Reprise du scénario Efficacité énergétique
 - Utilisation de Biométhane et d'Électricité verte, via la souscription de contrats avec garanties d'origine.
- **So3 : Électrification**
 - Mise en place d'une PAC sur le sécheur
 - Mise en place de radiants et de soufflages supplémentaire sur le four
- **So4 : Hydrogène**
 - Mise en place de brûleurs Hydrogènes sur le four et le sécheur
 - Mise en place d'un échangeur pour le sécheur (fumées trop humide)
 - Utilisation d'Électricité verte

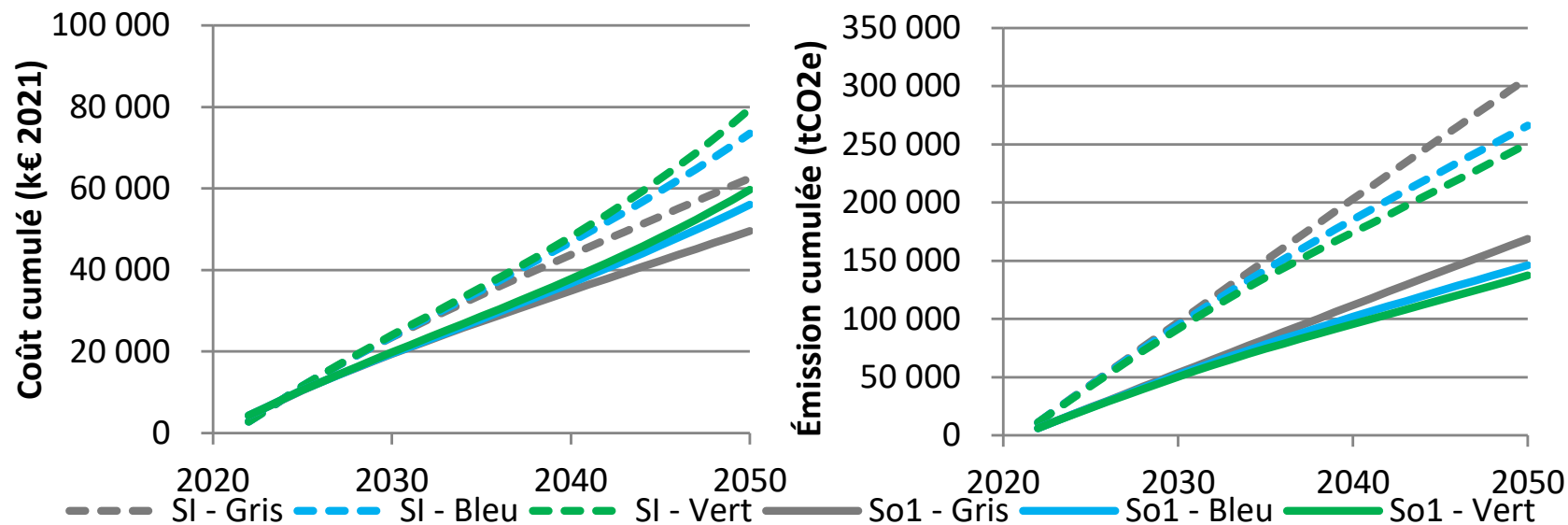
Cas 1 – Procédé Briques et Tuiles

Exemple : Solution Efficacité Énergétique

- **Estimation des nouvelles consommations :**
 - Électricité : 4 768 MWh/an (+88%)
 - Gaz : 30 647 MWh/an (-42%)
- **Estimation des nouvelles émissions :**
 - Scénario Gris : 6 481 ktCO₂e/an (-37,1%)
 - Scénario Bleu : 6 464 ktCO₂e/an (-18,2%)
 - Scénario Vert : 6 406 ktCO₂e/an (-18,3%)
- **Estimation des coûts matériels « thermiques » (hors bâti) :**
 - CAPEX : 2 648 k€
 - OPEX : 127,5 k€/an

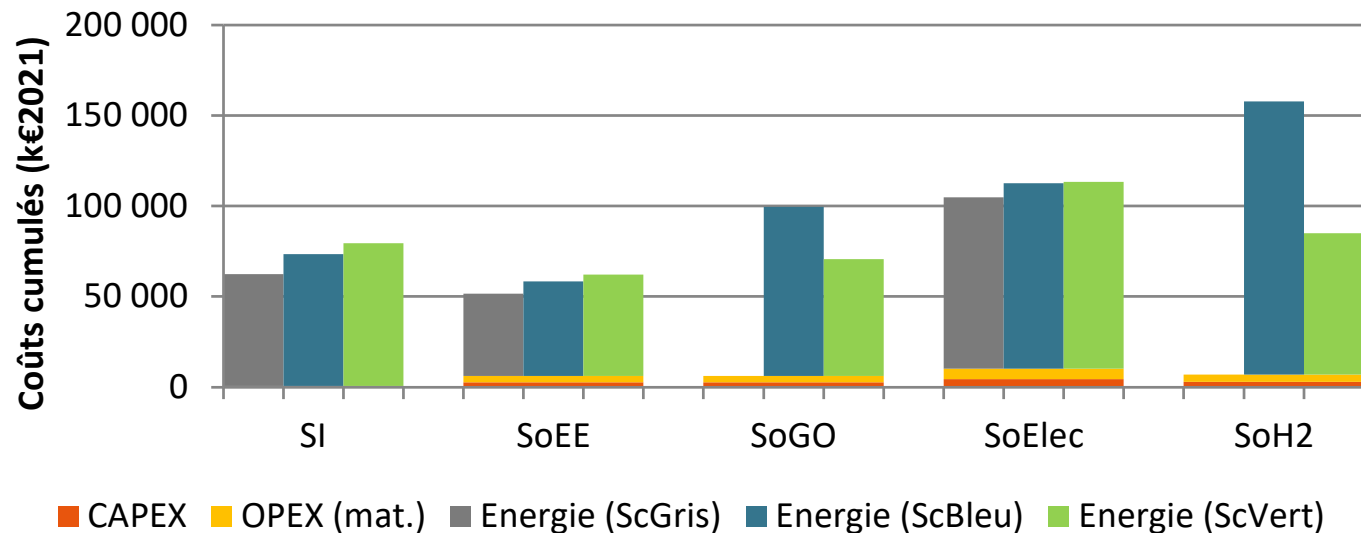
Cas 1 – Procédé Briques et Tuiles

Exemple : Solution Efficacité Énergétique



Cas 1 – Procédé Briques et Tuiles

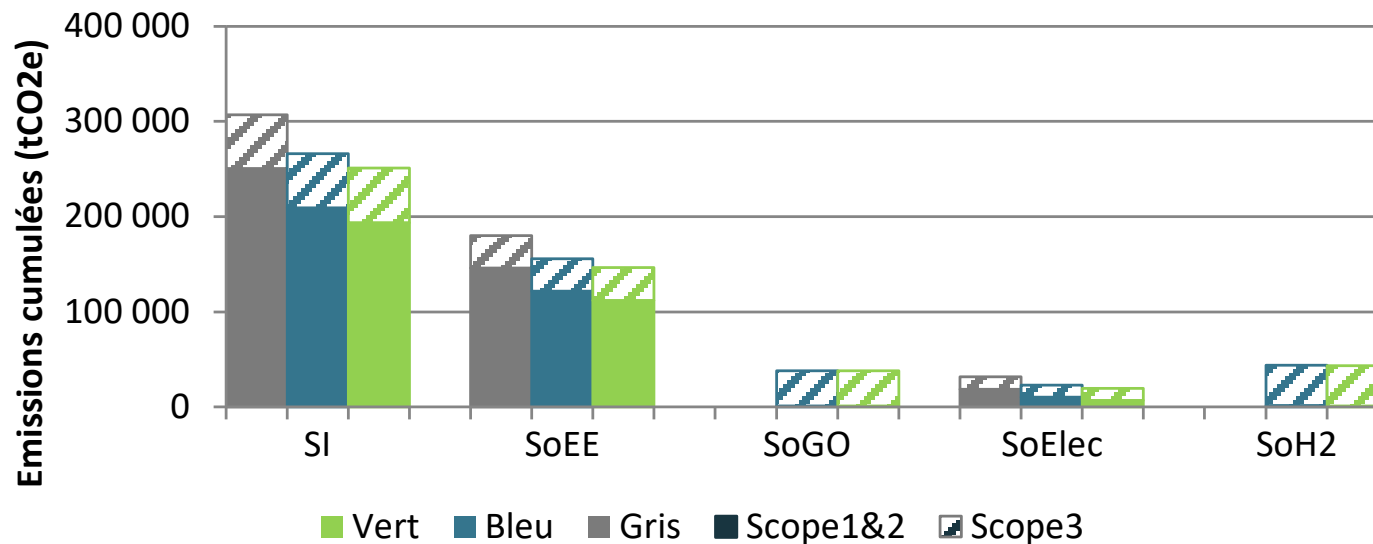
Bilan économique



Les coûts matériels représentent entre 4,6% et 13,6% des cumuls

Cas 1 – Procédé Briques et Tuiles

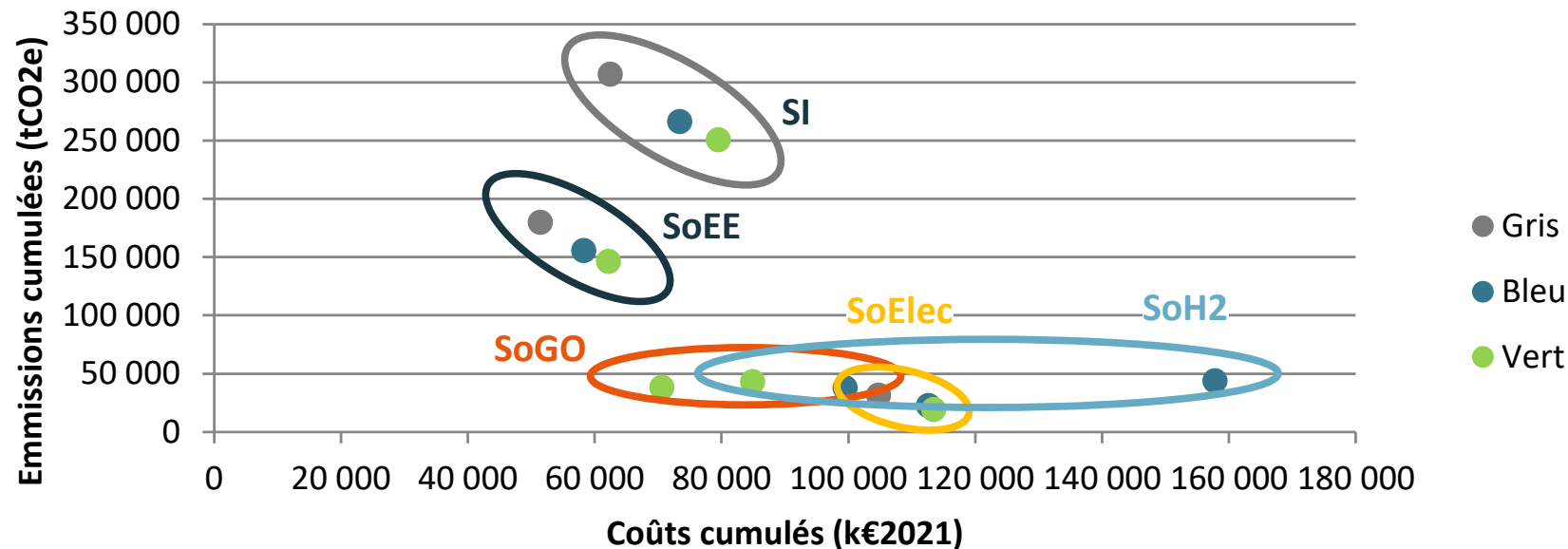
Bilan d'émissions GES



Réductions entre 82% et 91% des émissions cumulées.

Cas 1 – Procédé Briques et Tuiles

Bilan croisé

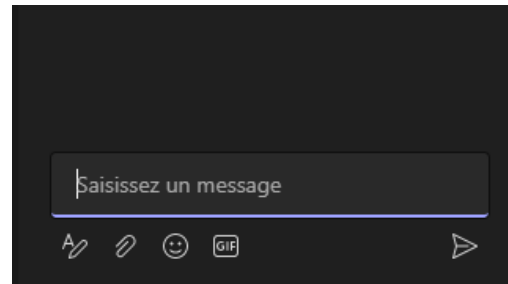
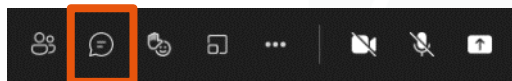


Cas 1 – Procédé Briques et Tuiles

Points clés

- **Pour entreprises soumises à quotas : Prix du gaz trop faible**
 - Passage en GO handicapé
 - Électrification non rentable
 - Hydrogène entre non rentable et catastrophique
- **En terme d'émissions :**
 - Électricité est la plus intéressante
 - Suivi de près par Garanti d'origine

Posez vos questions !





CAS #2 – LIGNE DE PEINTURE

CETIAT

Cas 2 – Ligne de peinture

Construction du cas

- **2 technologies :**
 - Liquide → basse température, COV
 - Poudre → séchage et cuisson à haute température, de plus en plus répandu
- **Sélection de la technologie poudre**
- **Technologie de l'étuve de cuisson**
 - Chauffe par convection
 - Infrarouge
 - Mixte IR puis convectif
- **Sélection de la technologie mixte**

Cas 2 – Ligne de peinture

Cas de référence

- Procédé en 3 étapes

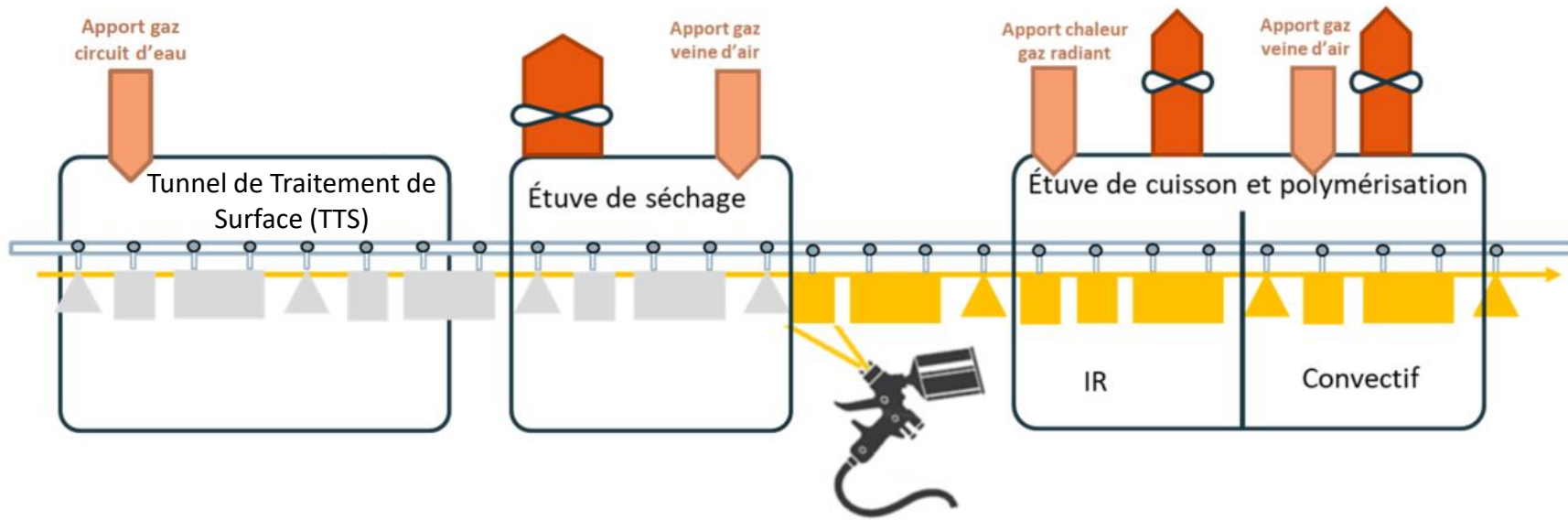
- Bain TTS
- Séchage
- Cuisson peinture

- Caractéristiques

- 2,6 t/h de produits en acier à peindre
- Séchage à 120°C, cuisson à 220°C
- 4200h /an

- Consommations

- **Électricité : 138 MWh/an**
- **Gaz : 4 808 MWh/an**



Cas 2 – Ligne de peinture

Présentation du cas de référence – modélisation

TTS

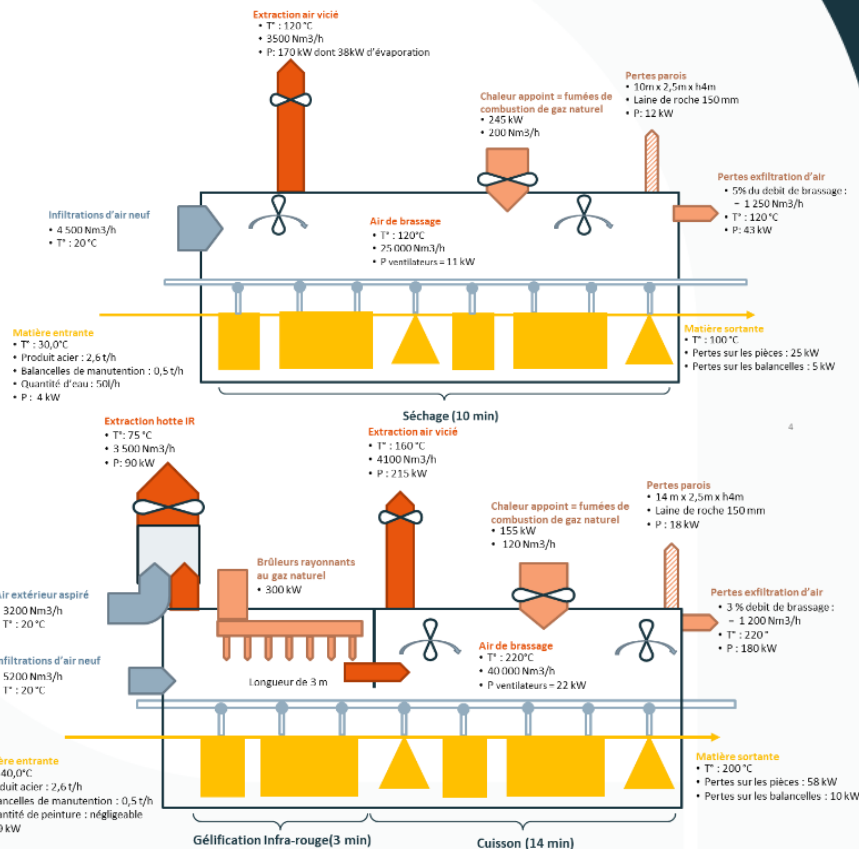
- P gaz – 410 kW
- 1 900 MWhPCS/an

Séchage

- P gaz - 243 kW
- P elec – 11 kW
- 1 009 MWhPCS/an gaz
- 46 MWh/an élec.

Four

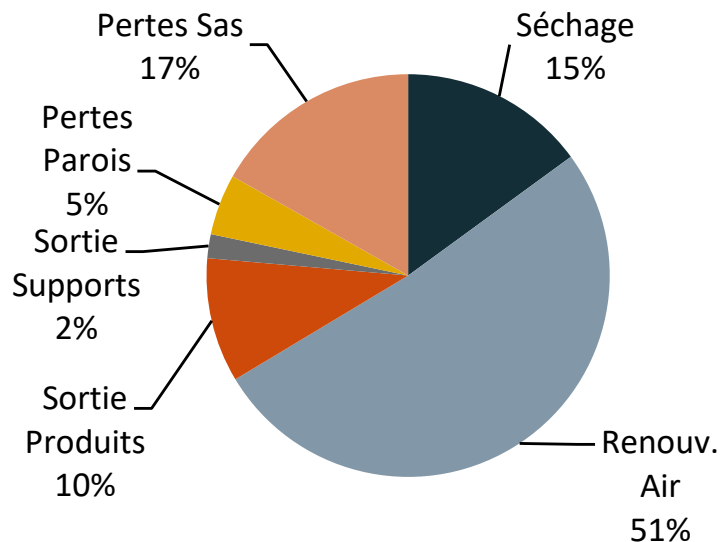
- P gaz – 455 kW (300 IR, 155 veine d'air)
- P elec - 22 kW
- 1 898 MWhPCS/an gaz
- 1 238 MWh/an élec.



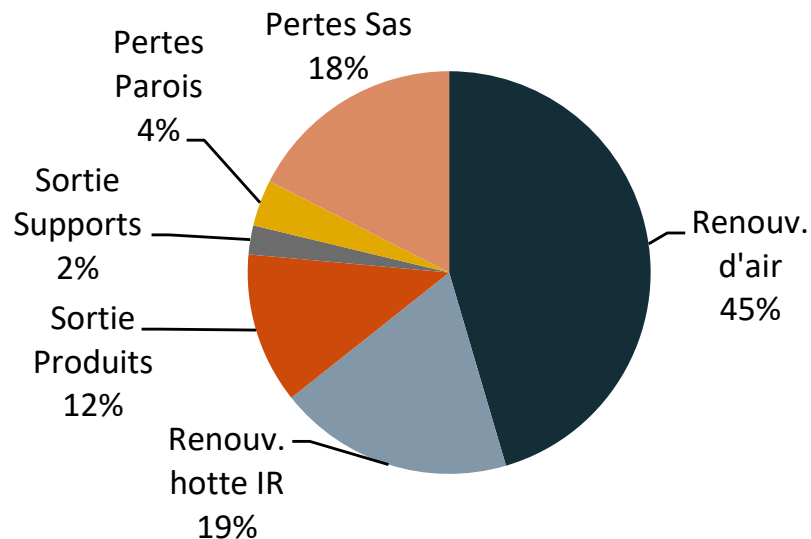
Cas 2 – Ligne de peinture

Répartition des consommations thermiques

Séchoir



Polymérisateur



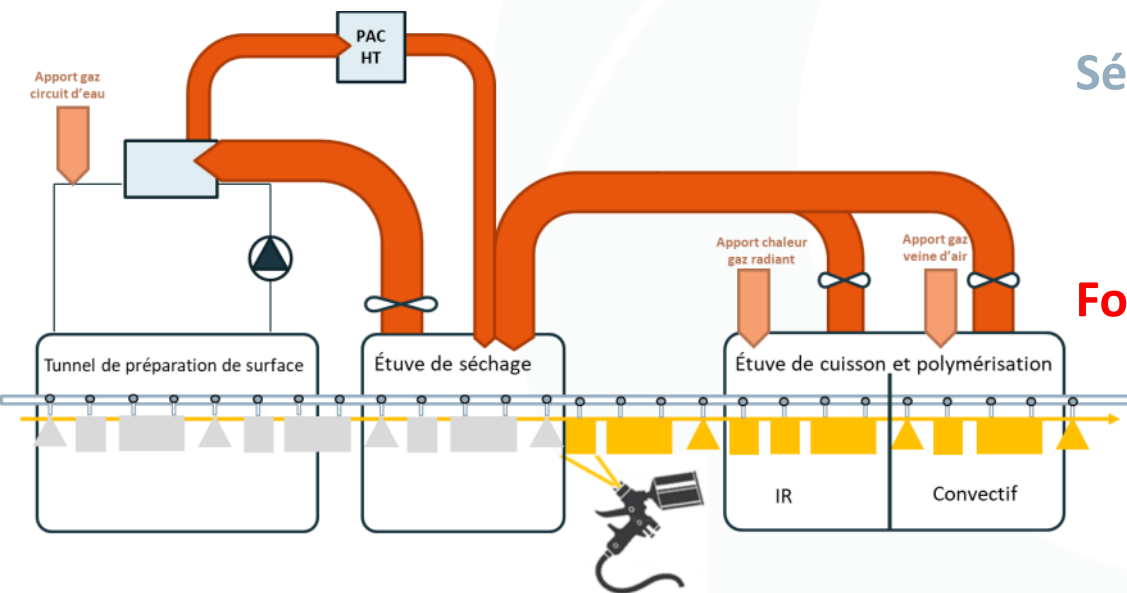
Cas 2 – Ligne de peinture

Solutions étudiées

- **So1 : Efficacité énergétique**
 - Réduction des silhouettes et de l'extraction d'air
 - Captage des fumées four vers sécheur
 - Préchauffage TTS avec buées sécheur
 - Complément PAC HT
- **So2 : Solaire HT**
 - Même améliorations que EE
 - Complément solaire HT pour TTS et four de cuisson (couvre 41% des besoins)
- **So3 : Électrification**
 - Même améliorations que EE
 - Mise en place de résistances et radiants électriques pour TTS et four de cuisson
- **So4 : Hydrogène**
 - Même améliorations que EE
 - Mise en place de brûleurs et radiants hydrogène pour TTS et four de cuisson
- **So5 : Garantie d'Origines**
 - Même améliorations que EE avec souscription de contrats de garantie d'origine

Cas 2 – Ligne de peinture

Scénario Efficacité Énergétique vue d'ensemble



TTS

- 1900 → 1 260 MWh/an gaz (-34%)

Séchoir

- Plus de besoins gaz (-100%)
- 46 → 392 MWh/an élec. (+755%)

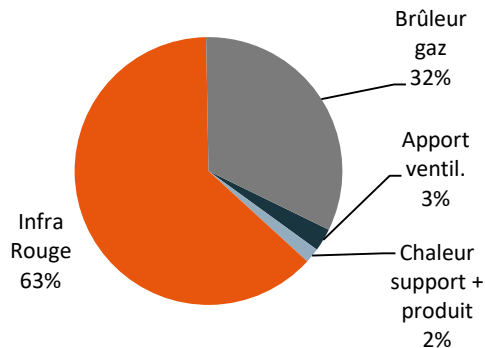
Four

- 1 900 → 1788 MWh/an élec. (-6%)
- Technologie non substituable (IR), températures trop élevées

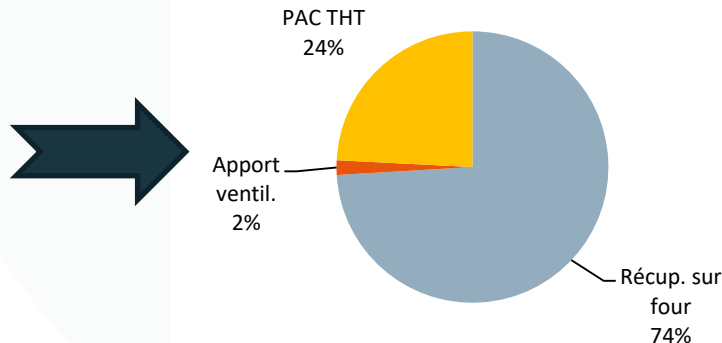
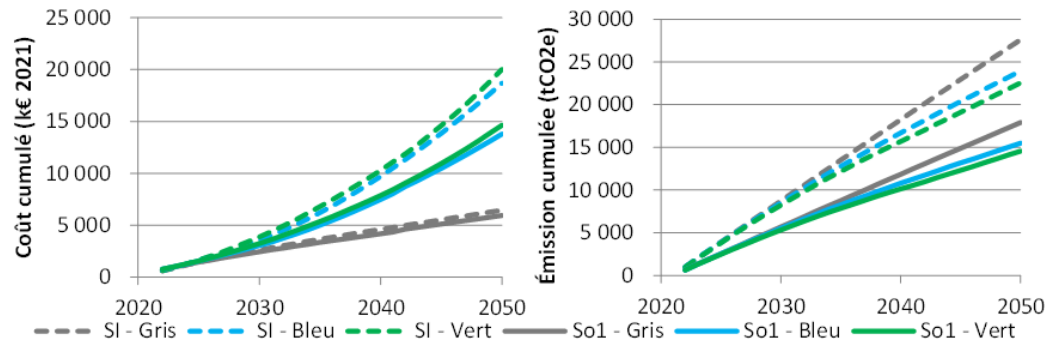
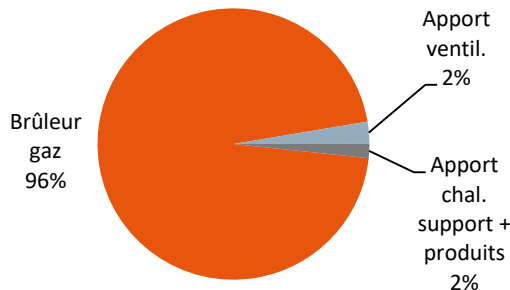
Cas 2 – Ligne de peinture

Scénario Efficacité Énergétique – Actions mises en place

Four



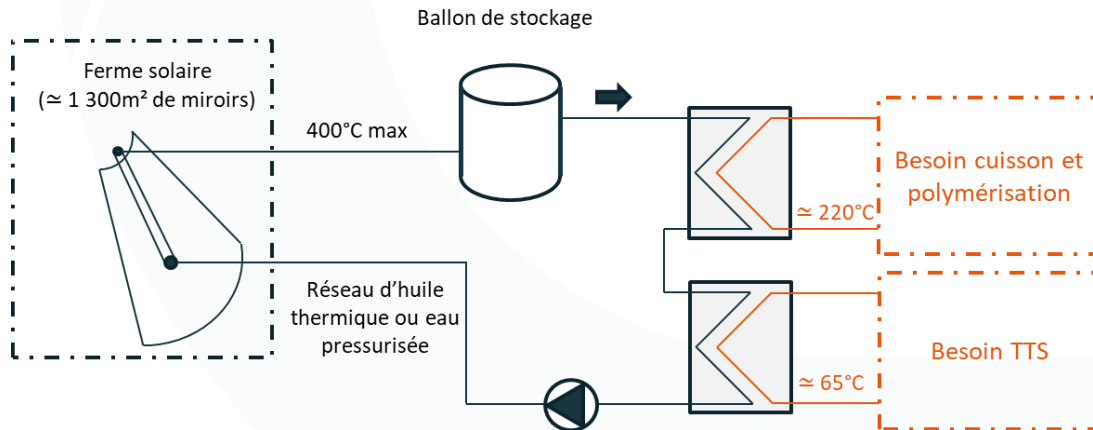
Séchoir



Cas 2 – Ligne de peinture

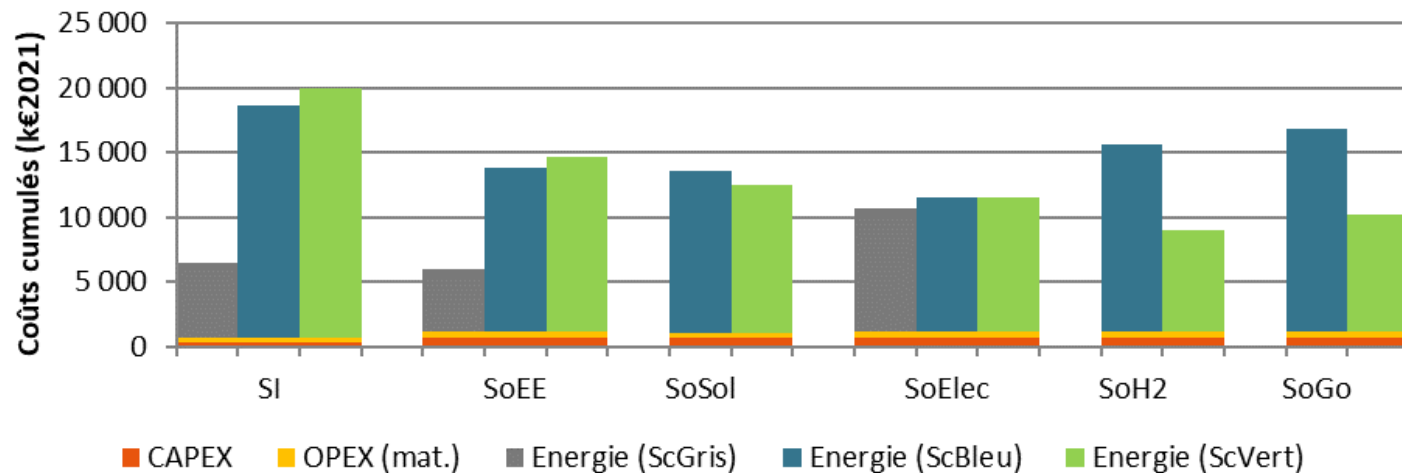
Scénario solaire HT

- Technologie à miroirs concentriques → haute température
 - 1 350 m² de panneaux, terrain nécessaire de 2 700m²
 - Stockage nécessaire
 - 1 670 MWh/an, **taux d'effacement de 44% de la consommation substituable**
 - Financé par l'installateur, prix de revente : 110€/MWh



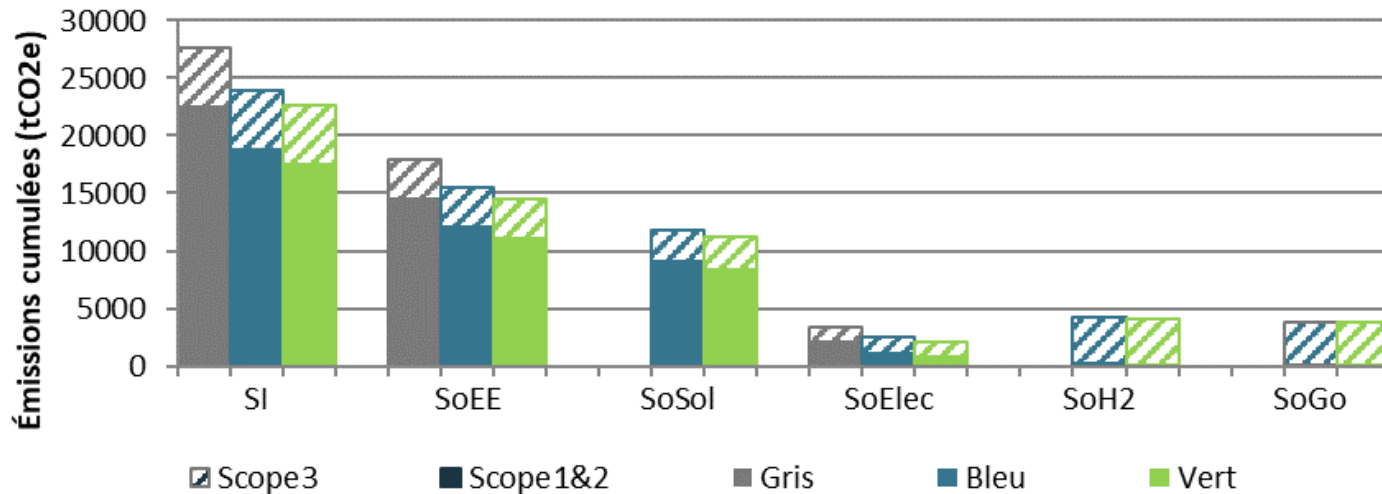
Cas 2 – Ligne de peinture

Solutions étudiées – Bilan économique



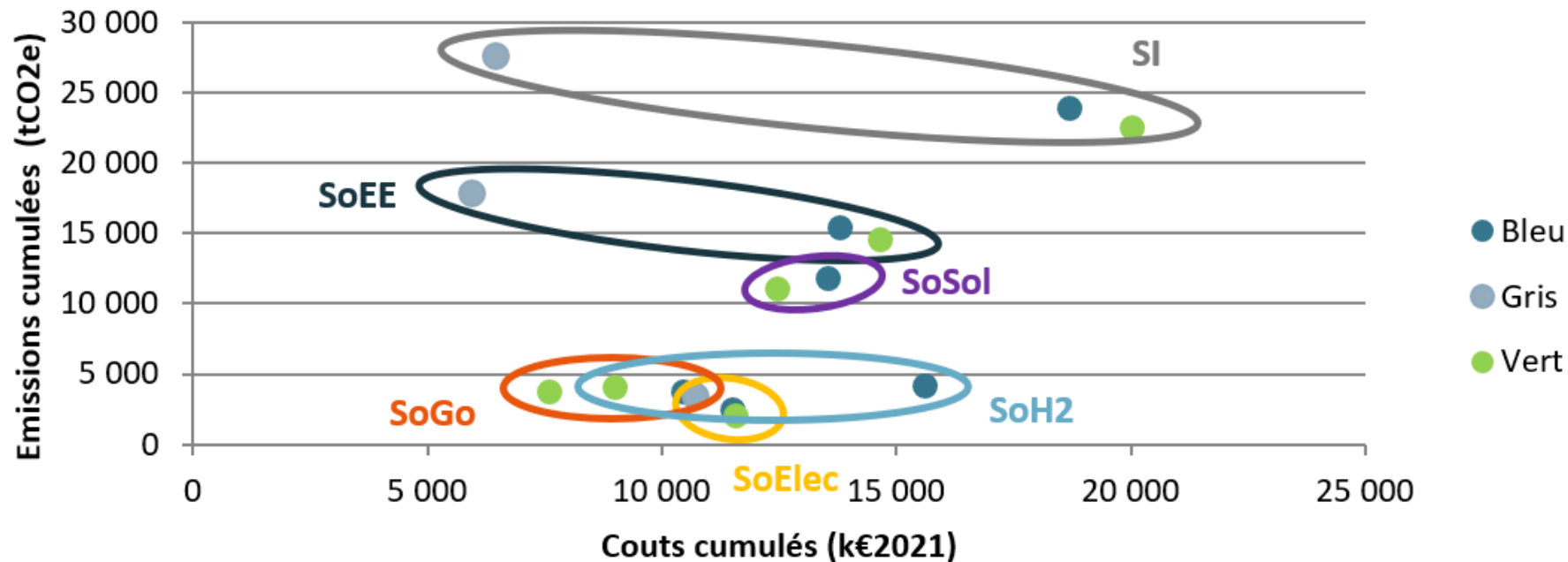
Cas 2 – Ligne de peinture

Solutions étudiées – Émissions



Cas 2 – Ligne de peinture

Solutions étudiées – Bilan GES

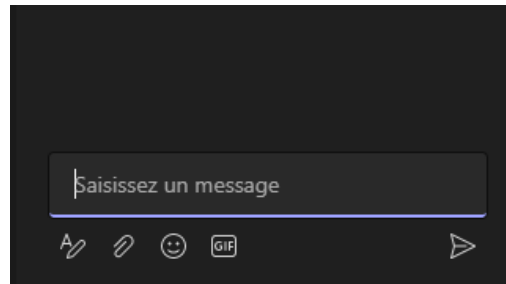
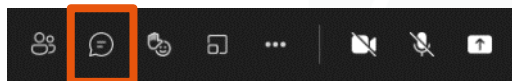


Cas 2 – Ligne de peinture

Points clés

- Les garanties d'origines avantageées
- Une combinaison possible Solaire + garantie d'origine
- Toutes les améliorations ont un CAPEX 40% plus élevé par rapport à une ligne de peinture standard
- Électrification émissions plus basse tout SCOPE confondu.
- H2 et GO ont à terme les meilleures émissions en GES en SCOPE 1&2

Posez vos questions !





PROCÉDÉ DE SÉCHAGE DU MALT

Malteurop



Phone:	+33 3 26 78 65 52
--------	-------------------

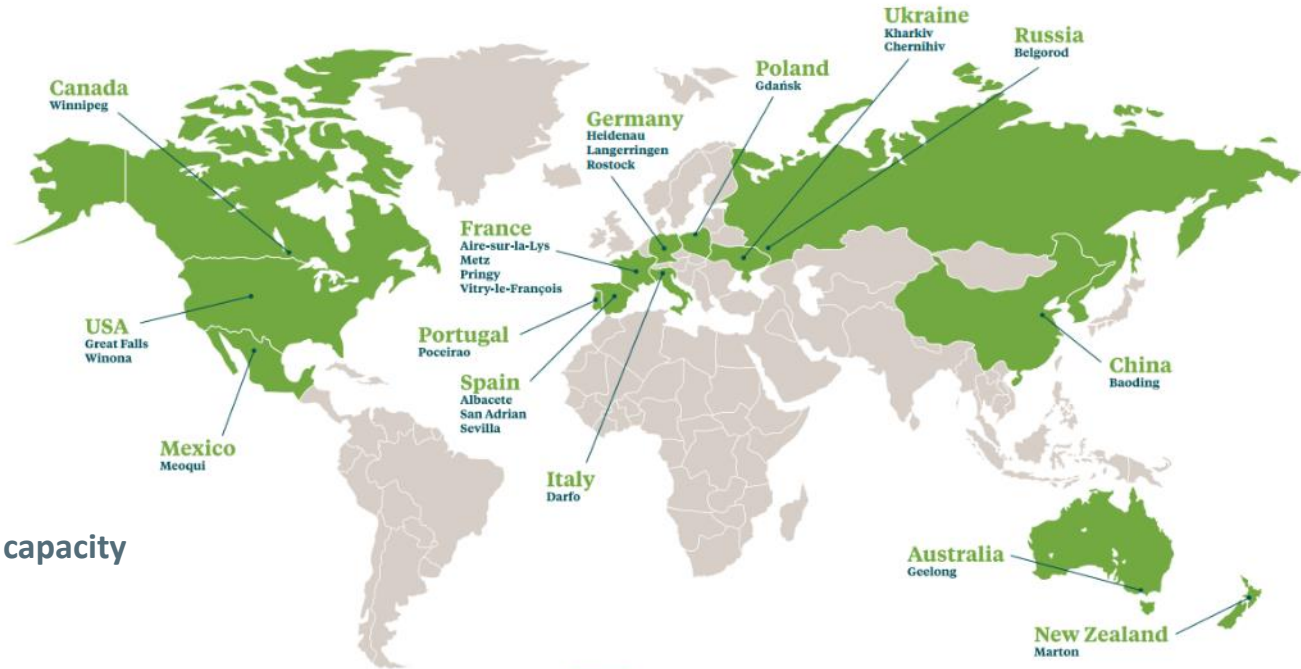
Laurent Descotes

Group Industrial Performance & Continuous Improvement Director



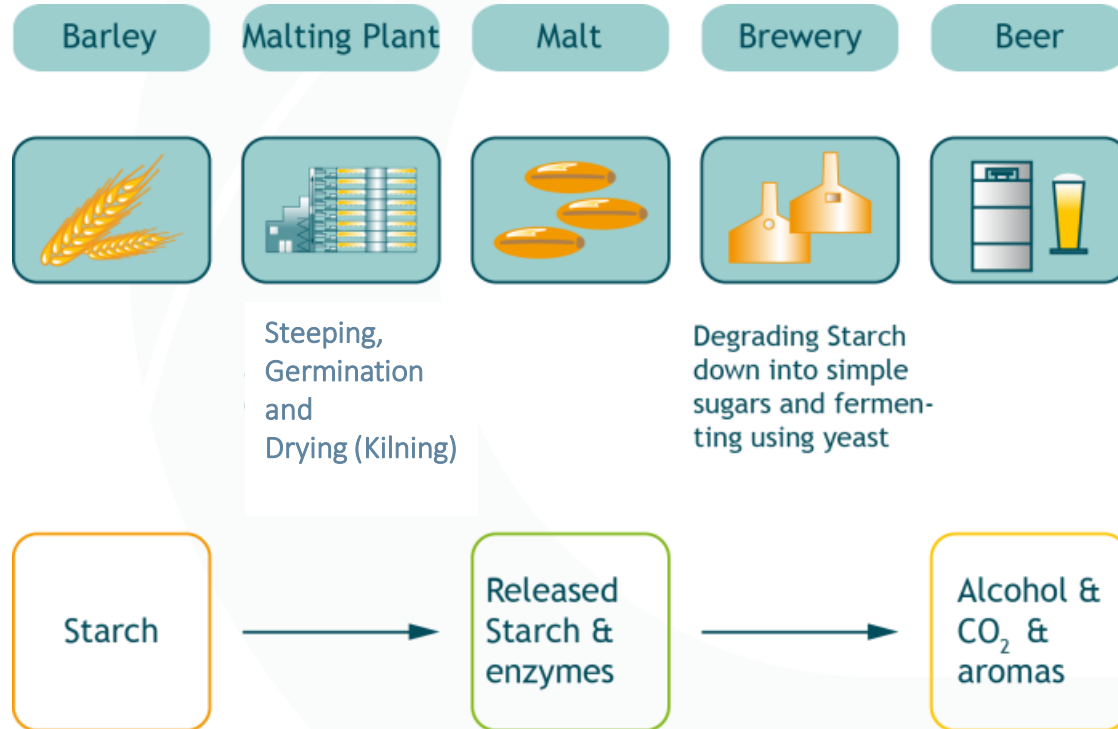
Malteurop
Groupe VIVESCIA

Malteurop in brief

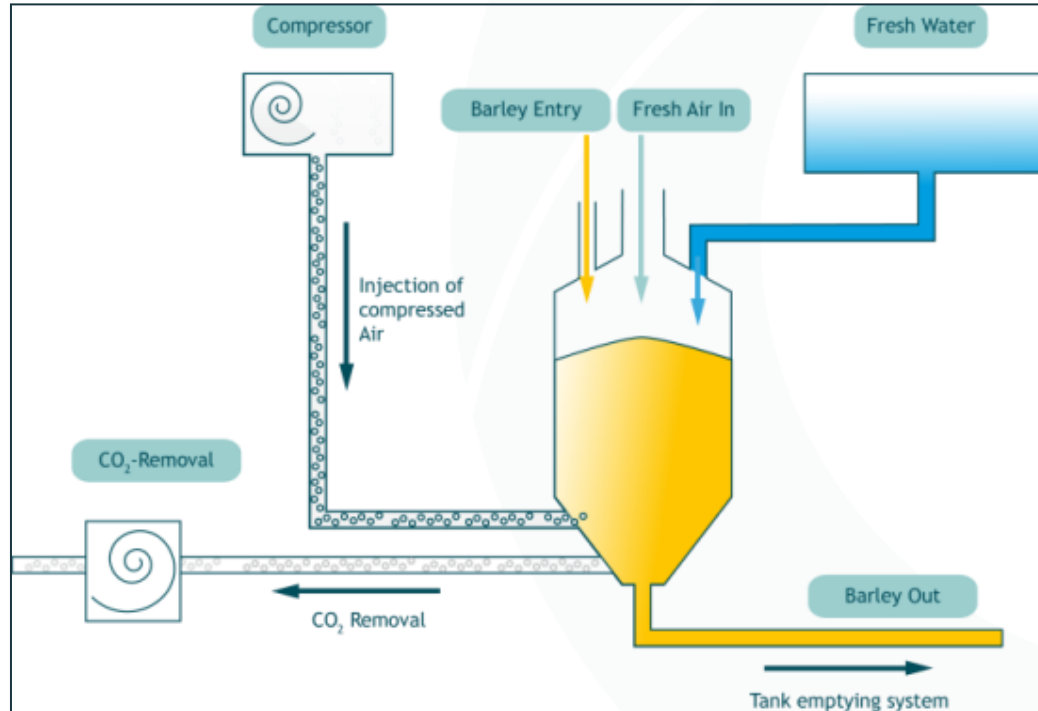


- 2.3 M tons malt / year production capacity
- 23 industrial sites in 14 countries
- 1,100 collaborators
- ca. 1,300 GWh / year heat + combustibles & 220 GWh / year electricity
- 335 kT CO₂e / year scope 1 & 2 emissions

Barley to Beer

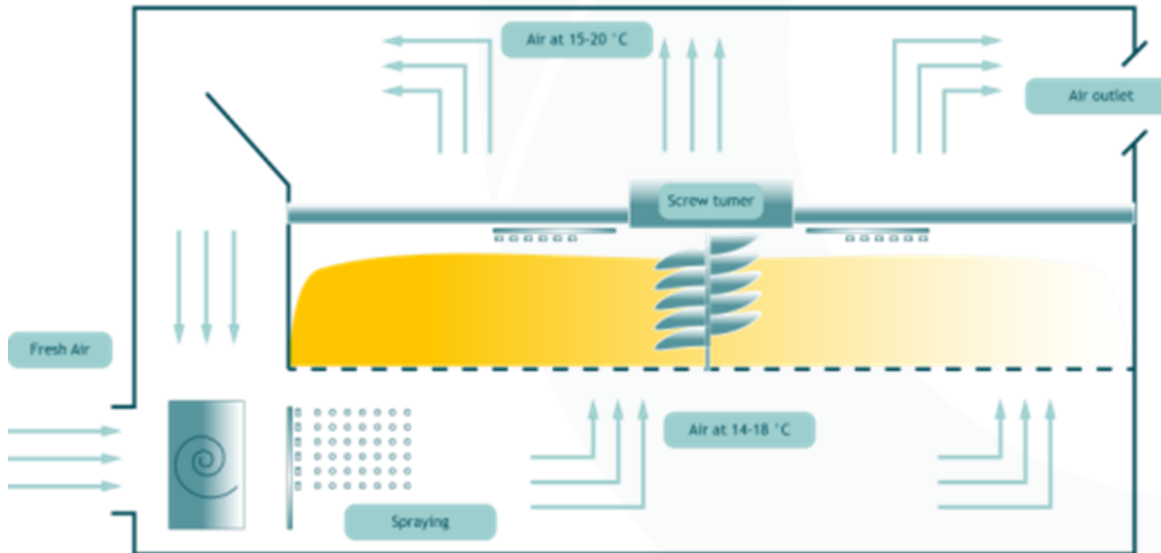


Steeping – Hydrate the grains (14 to 45% moisture content) to initiate the germination

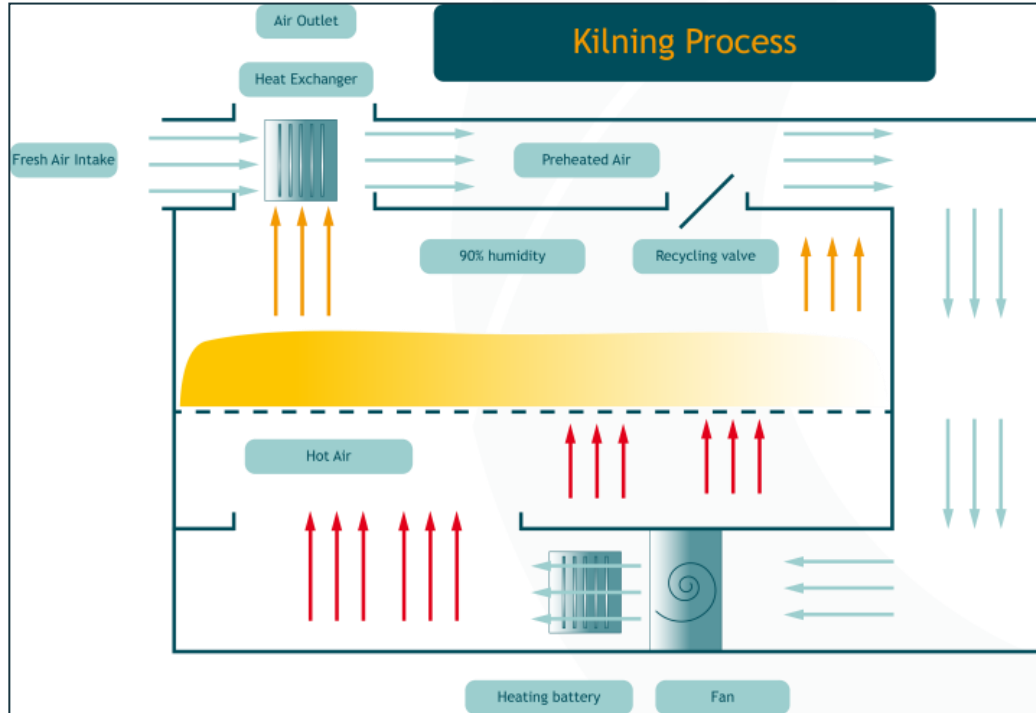


Germination – Ventilate the grains with cool air to allow germination = initiate the growth of the plant + produce hydrolytic enzymes

Germination Process

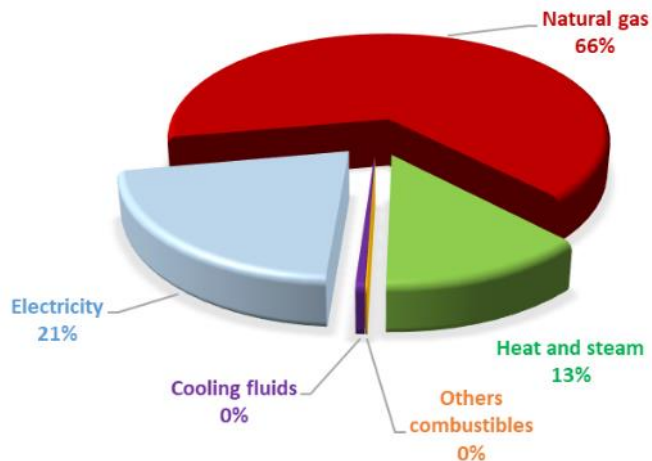


Kilning – Dry the malt with hot air = stabilize malt, develop aromas & colour, desactivate enzymes without destroying them

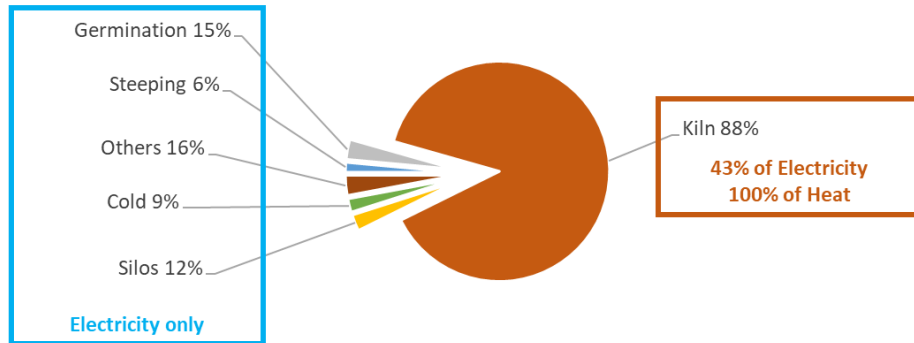


99% of Malteurop scopes 1 & 2 emissions are coming from energy consumption, 90% of which is due to the drying process (kilning)

Malteurop emissions per origin in 20-21



Typical energy usages in a malting plant



- Hot water & ANOX gas boilers, gas CHPs
- Biomass boilers & ORC CHPs
- District heating hot water & steam
- Heat pumps

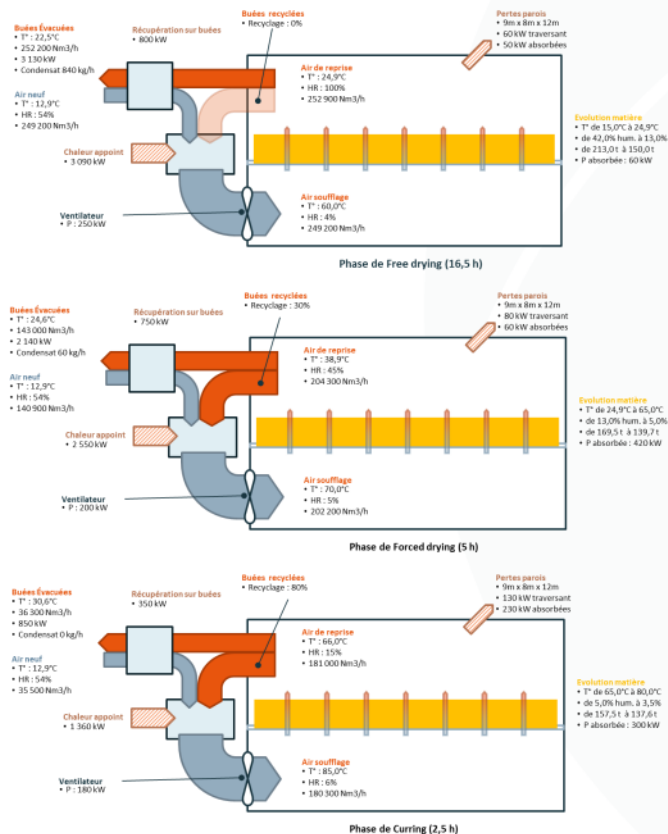


Cas #3 – SÉCHAGE DU MALT

CETIAT

Cas 3 – Touraillage

Cas de référence



Procédé batch en 3 étapes

- Free drying (16,5h)
- Forced drying (5h)
- Curring (2,5h)

Caractéristiques

- 150 tonnes d'orge par batch
- Séchage à 60°C, Coup de feu à 85°C

Consommations

- Électricité : 1 449 MWh/an
- Gaz : 19 378 MWh/an

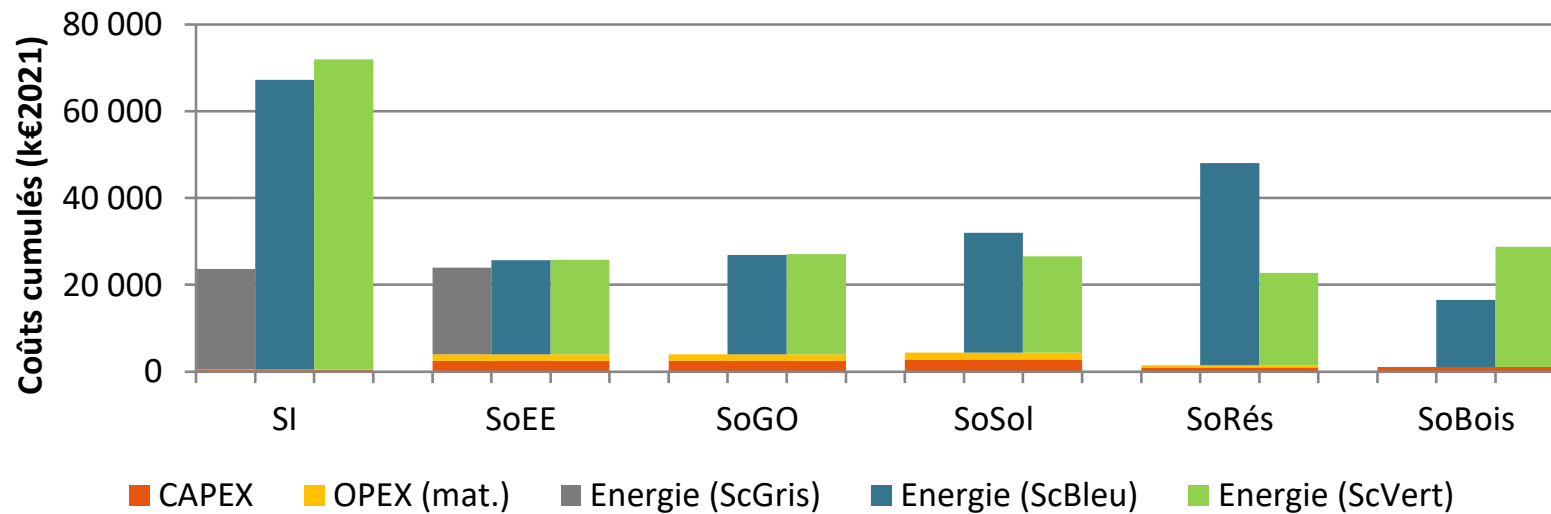
Cas 3 – Touraillage

Solutions étudiées

- **So1 : Efficacité énergétique (=Électrification)**
 - Passage en double plateau
 - Optimisation des consignes
 - Mise en place d'une PAC HT
- **So2 : EE et Garantie d'Origines**
 - Même améliorations avec souscription a des contrats de garantie d'origine
- **So3 : Solaire directe**
 - Mêmes améliorations que EE
 - Énergie solaire sans stockage (couvre 22% des besoins)
- **So4 : Réseau de chaleur**
 - Mêmes améliorations que EE hors PAC
 - Raccordement à un réseau de chaleur en direct (sans besoin de remontée en température)
- **So5 : Biomasse**
 - Mêmes améliorations que EE hors PAC
 - Raccordement à une chaudière biomasse gérée par un tier

Cas 3 – Touraillage

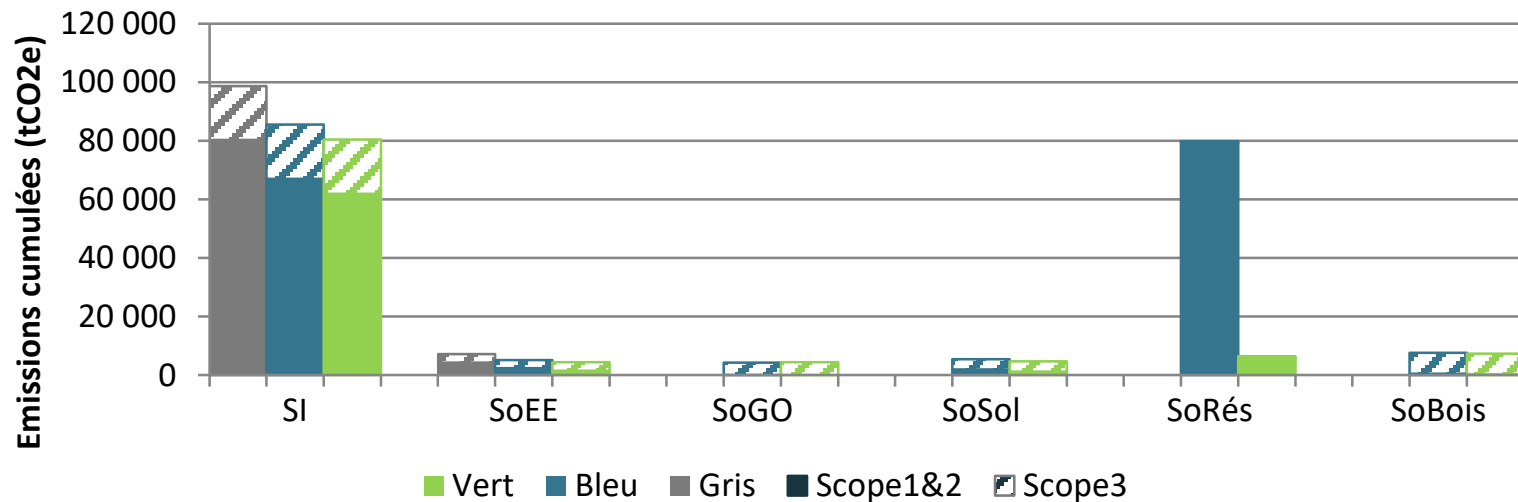
Bilan économique



- Coûts matériels représentent entre 4,6% et 13,6%

Cas 3 – Touraillage

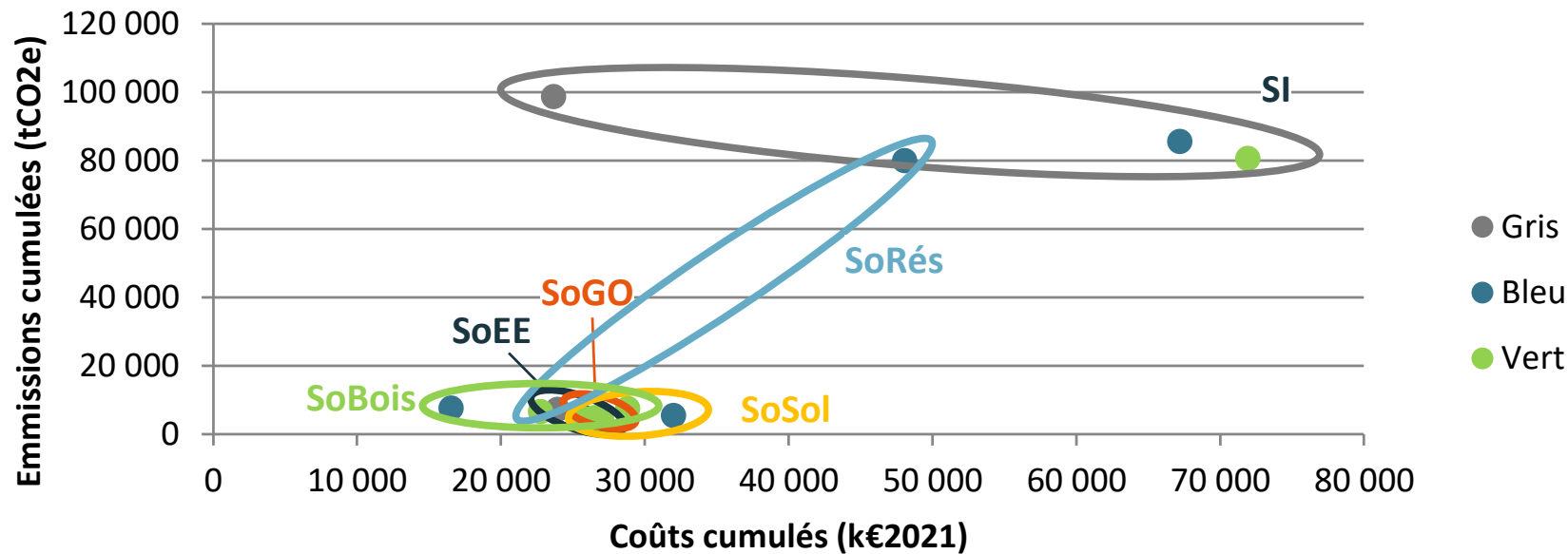
Bilan CO2



- Coûts matériels représentent entre 4,6% et 13,6%

Cas 3 – Touraillage

Bilan croisé

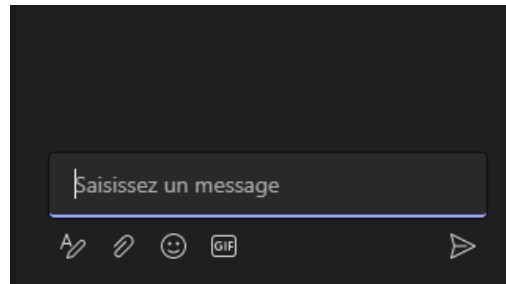
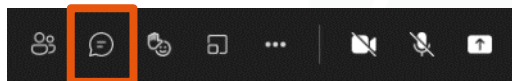


Cas 3 – Touraillage

Points clés

- **Les investissements initiaux ont peu d'impact versus le coût d'énergie**
- **Gros gains dès l'optimisation énergétique / électrification**
 - Prix du gaz dépassera le prix de l'électricité
 - La PAC HT permet une réduction drastique des consommations
- **Solaire et ENR pas si intéressant économiquement**
 - L'énergie a le même prix que l'électricité
 - Mais on consomme 2 à 3 fois moins d'électricité via PAC
- **Émissions solaire non négligeables**
 - Équivalentes aux émissions électriques ENR via PAC*
- **Émissions et coûts du réseau de chaleur dépendent fortement de la source**

Posez vos questions !





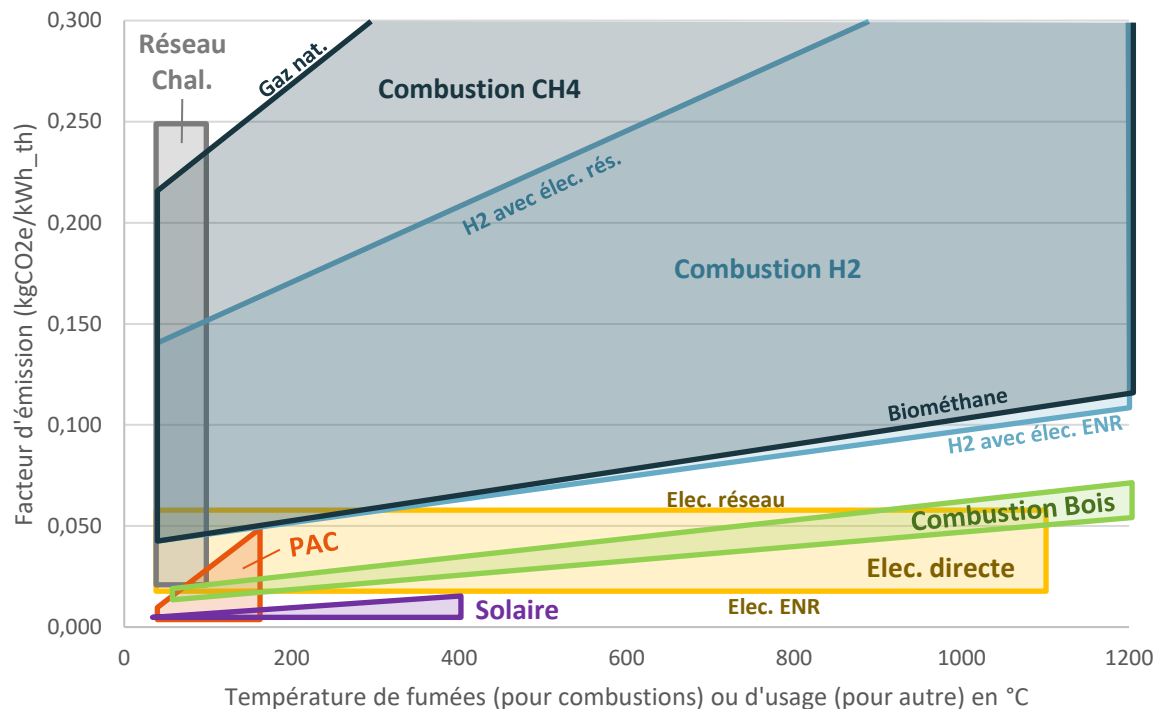
CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusions et perspectives

- **L'efficacité énergétique reste première source de gains :**
 - (Changement de technologie / Passage en continu)
 - Régulation / Optimisation des consignes
 - Récupération d'énergie
 - Gain économique et environnementale

Conclusions et perspectives

- **Électrification vs ENR :**
Deux facteurs clés
 - La source d'énergie
 - Le rendement énergétique des systèmes
 - Ce rendement dépend principalement des niveaux de températures en jeu



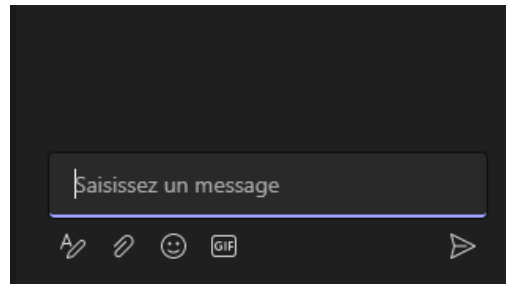
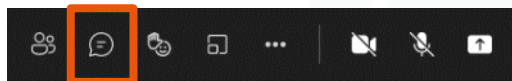
Conclusions et perspectives

- **La disponibilité des ressources**
 - Les contrats à GO : une solution limitée
 - Des solutions ENR pas toujours applicables
- **Le coût des énergies : un frein SEQUE**
 - Coût du quotas pour Gaz SEQUE trop faibles pour encourager décarbonation
 - Pour les industriels non SEQUE : solutions décarbonation = économies
- **Quel périmètre d'émissions de CO2**
 - Considération des scopes 1, 2 et 3
 - Considération des ACV des systèmes d'efficacité énergétique
 - Considération des émissions de CO2 biogénique

Conclusions et perspectives

- **Autres impacts environnementaux**
 - Utilisation du nucléaire
 - Utilisation de HFO avec formation de TFA
- **In fine, la nécessité des CCUS**
 - Peu importe l'énergie, toujours des dégagements de CO2 (en Scope 3)
 - Nécessité de compenser pour atteindre neutralité

Posez vos questions !





MERCI DE VOTRE ATTENTION

UNE QUESTION ?

Pierre RICHARD
pierre.richard@cetiat.fr
06 18 88 45 41

Actualités ALLICE

Animation de la communauté et valorisation de la filière

Calendrier 2023

*Réunion
adhérents
ALLICE*

30 mars

Club PRIME
Réunion plénière

*Rencontre
partenaire*

4 avril

Visite laboratoire
Mines PSL - Sophia
Antipolis

*Webinaire
adhérents
ALLICE*

25 avril

Solutions
performantes de
ventilation

*Rencontre
partenaire*

10-11 mai

MIX.E
Salon du mix
énergétique neutre

*Réunion
adhérents
ALLICE*

6 juillet

Club PRIME
Réunion plénière

*Congrès
ALLICE*

19-20 Sept

Congrès ALLICE

*Rencontre
partenaire*

7 nov

Journée Métrologie
CFM

*Réunion
adhérents
ALLICE*

30 nov

Club PRIME
Réunion plénière
Vote sujets 2024

*Rencontre
partenaire*

12 déc

Rencontre Ecotech
Innovation Energie
du PEXE

MERCI À TOUS !

*Rendez-vous le 25 avril à 10h pour la
restitution de l'état de l'art :
Ventilation performante*

