

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
- Les présentations seront disponibles sur l'extranet ALLICE sous quelques jours.
- Contactez le 06.14.57.28.88 en cas de souci technique.



Bon visionnage !

Sommaire

- Présentation du périmètre de l'étude ALLICE
Potentiel du CCU pour la décarbonation de l'industrie
- Restitution de l'étude ALLICE : Récupération de chaleur à très haute température dans l'industrie
- Présentation de technologies récupération THT :
 - Terraotherm
 - Turbosol
 - Enertime



Sebastian Escagues
Enea Consulting



François Vial
CETIAT



Jaouad Zemmouri
Starklab



Baptiste Réaud
Hevatech



Charles Huguet
Enertime

POTENTIEL DU CCU POUR LA DÉCARBONATION DE L'INDUSTRIE

*Présentation des objectifs et de la
méthodologie de l'étude
Webinaire du 05/04/2022*



L'essor de hubs CCU est un levier majeur pour respecter les accords de Paris, mais les sites industriels de petite et moyenne taille en sont aujourd'hui exclus

Contexte

- Les **technologies de captage et d'utilisation de CO₂ (CCU)** sont perçues comme un **levier majeur** pour décarboner l'industrie
- La logique de **création de hubs CO₂** s'est imposée comme la plus pertinente pour atteindre une rentabilité ; des projets de hubs CO₂ sont actuellement à l'étude dans plusieurs zones géographiques, avec des industriels très émissifs
- Néanmoins, de nombreux **acteurs industriels de petite et moyenne taille**, loin de ces hubs, ne pourront s'y raccorder ; il est donc essentiel d'identifier ceux d'entre eux qui sont les plus propices à l'établissement de hubs, afin de faire progresser la filière.

Objectifs

- **Présenter aux industriels d'ALLICE un panorama des technologies disponibles** pour le captage et l'utilisation du CO₂, les opportunités et les contraintes relatives au développement de hubs CCU
- **Cartographier les émissions des petits/moyens émetteurs industriels**
 - Sélectionner les sites les plus pertinents pour le développement de projets CCU
- **Définir des options possibles en matière de développement de hubs CCU.**

La méthodologie retenue pour répondre aux objectifs est structurée en 3 phases

07/2022

1

Panorama des technologies CCU

1.1 **Panorama des technologies existantes** sur le CCU

1.2 **Opportunités** et contraintes réglementaires, techniques et économiques liées aux CCU

1.3 **Liste de critères** pour la sélection des sites industriels et des zones géographiques d'intérêt (phase 2.1)

2

Identification des sites et Cartographie des émissions

2.1 **Cartographie** des sites et géographies adaptés à la création de hubs CCU

2.2 **Identification et sélection** des sites industriels et zones géographiques d'intérêt

2.3 Réalisation d'**entretiens** avec certains des industriels identifiés

2.4 Estimation de **gisement CO₂** à capter et à valoriser

2.5 **Discussion des résultats** de cette phase avec le Club CO₂



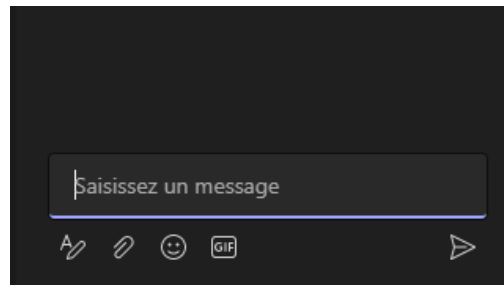
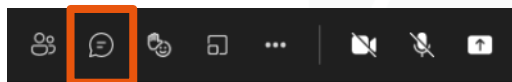
3

Construction de scénarios de développement du CCU

3.1 **Construction et analyse de scénarios de développement de hubs CCU** ou de schémas de projets CCU collectifs.

3.2 **Synthèse** des scénarios construits, et **recommandations** sur les **prochaines étapes à mettre en œuvre** pour développer la filière CCU dans des zones éloignées des hubs CO₂ « classiques ».

Posez vos questions !



Contexte et objectif

- **Contexte**

- Un enjeu énergétique conséquent
- Valorisation de la chaleur fatale industrielle
 - -> réduction des achats d'énergie
 - -> réduction des émissions de CO2

- **Objectifs**

- Promouvoir les technologies disponibles
- Identifier les problématiques techniques spécifiques
- Lever les freins existants auprès des industriels
 - Méconnaissance des technologies
 - Méconnaissance des enjeux énergétiques
 - Anticipation des contraintes de maintenance
 - Méconnaissance des financements

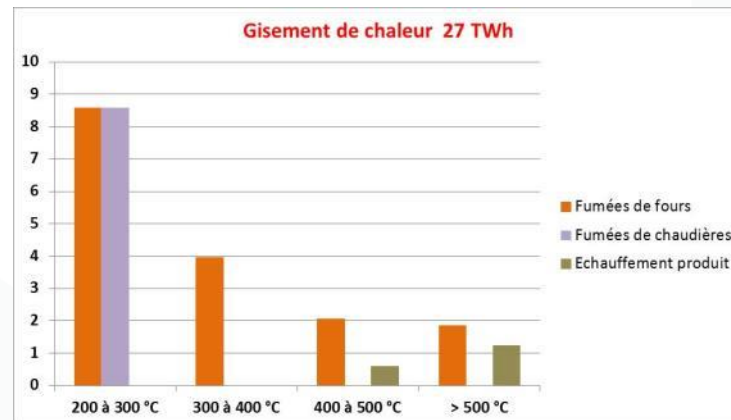
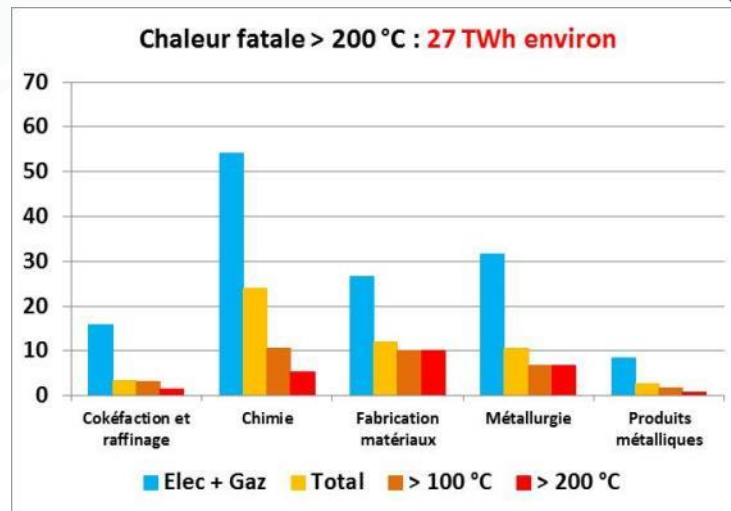
Programme de l'étude

- **Enjeu énergétique**
 - Bilan des gisements de chaleur disponibles
 - Très hautes températures ($T > 200$ jusqu'à > 1000 °C) -> effluents gazeux principalement
- **Recensement des technologies de valorisation**
 - Accessibles aux industriels
 - Mature -> TRL au moins 7 (démonstrateur)
- **Intégration sur site industriel -> Condition de mise en œuvre**
 - Type effluent : température, polluant, puissance
 - Technologie de captage et de distribution de la chaleur
 - Notions d'OPEX et CAPEX

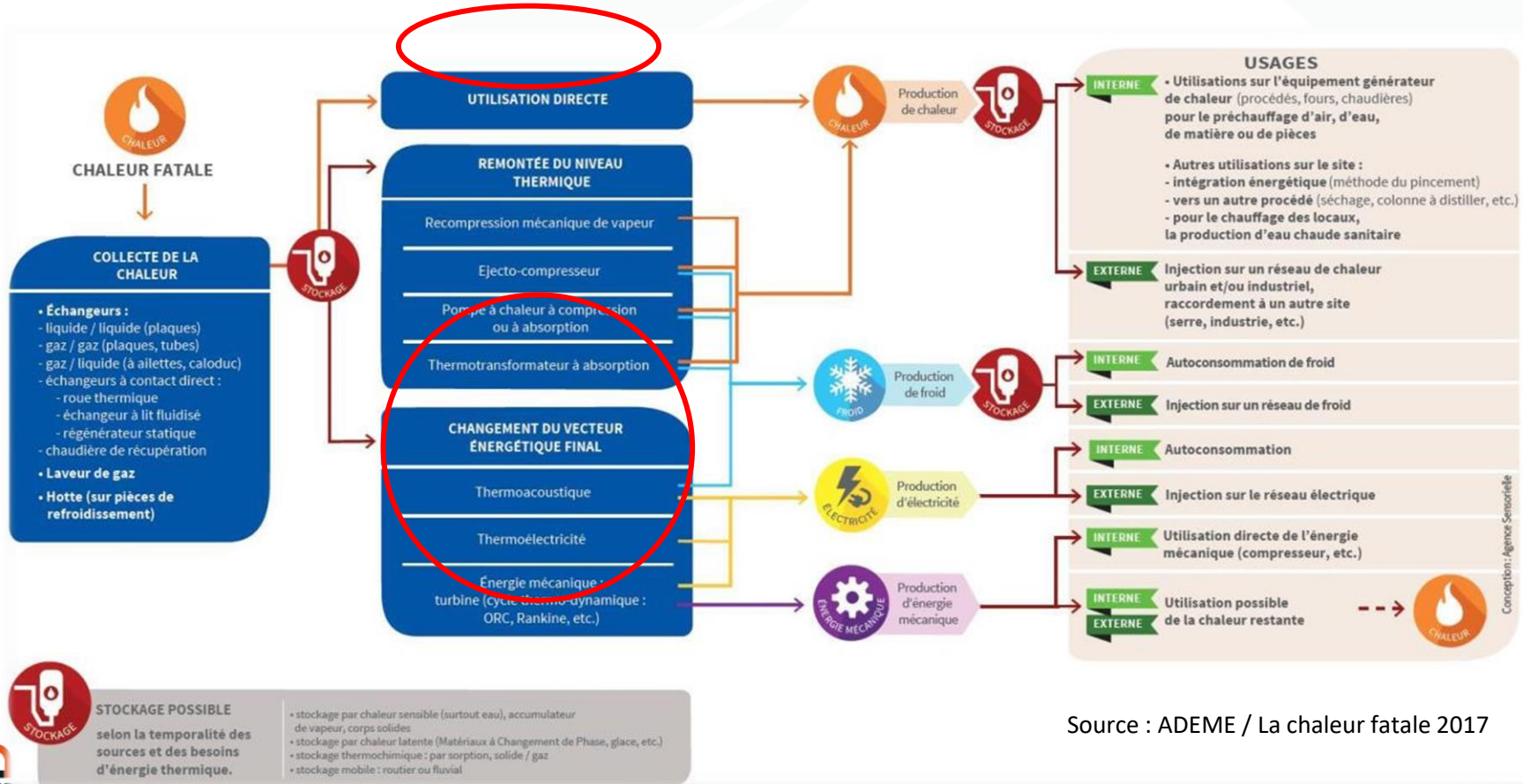
Enjeux énergétiques

- Secteurs matériaux, métallurgie, chimie
- Chaleur fatale
 - Effluents gazeux -> fumées
 - Échauffement produits,
- Issues des fours

Désignation	Nbre ents		Conso. énergie (TWh)		Chaleur fatale (TWh)	
	TPE	Total	Elec + Gaz	Total	> 100 °C	> 200 °C
Cokéfaction et raffinage	74	99	16,0	3,3	3,2	1,6
Chimie	5 272	6 505	54,2	24,1	10,6	5,29
Fabrication matériaux	12 540	14 032	26,6	12,0	10,1	10,1
Métallurgie	1 542	2 042	31,6	10,5	6,8	6,8
Produits métalliques	25 574	32 342	8,5	2,6	1,7	0,8
Sous total	45 002	55 020	137	52,6	32,3	24,5
Total industrie	305 638	347 461	239	109,5	52,9	26,6

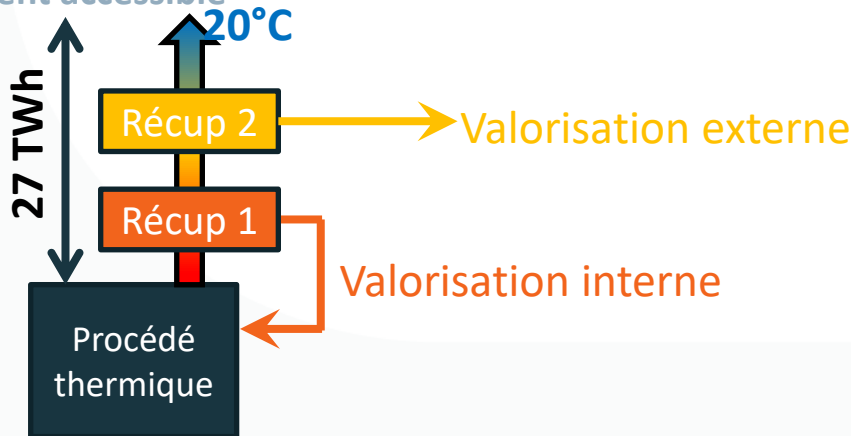


Recensement des technologies de valorisation



Recensement des technologies de valorisation

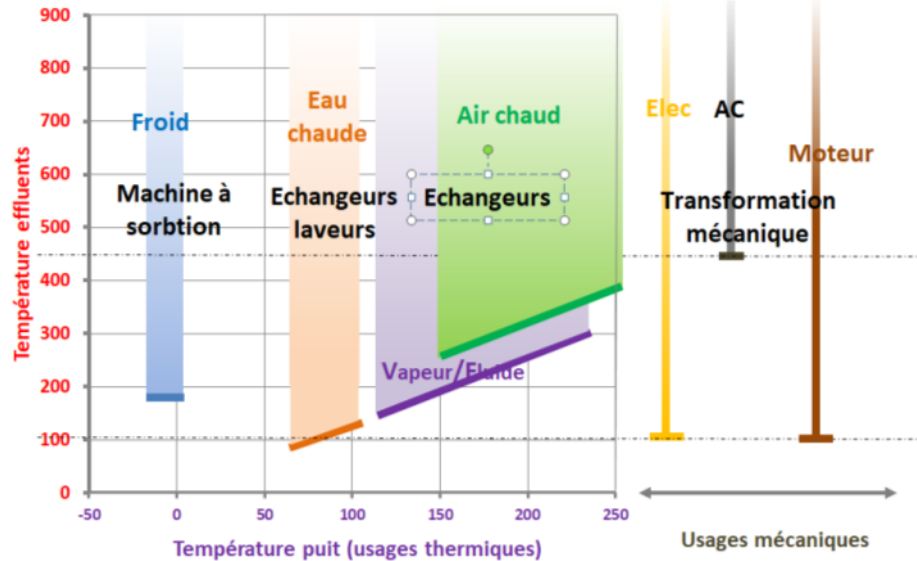
- **Trois grandes familles**
 - Source Chaleur -> **Vapeur, eau chaude BP ou HP, huile, air** -> Puits Chaleur
 - Source Chaleur -> Puits **Froid positif et négatif (valorisation secondaire chaleur)**
 - Source Chaleur -> Puits Mouvement mécanique -> **Électricité, Air comprimé, machine tournante (valorisation secondaire chaleur)**
- **Une valorisation secondaire souvent accessible**



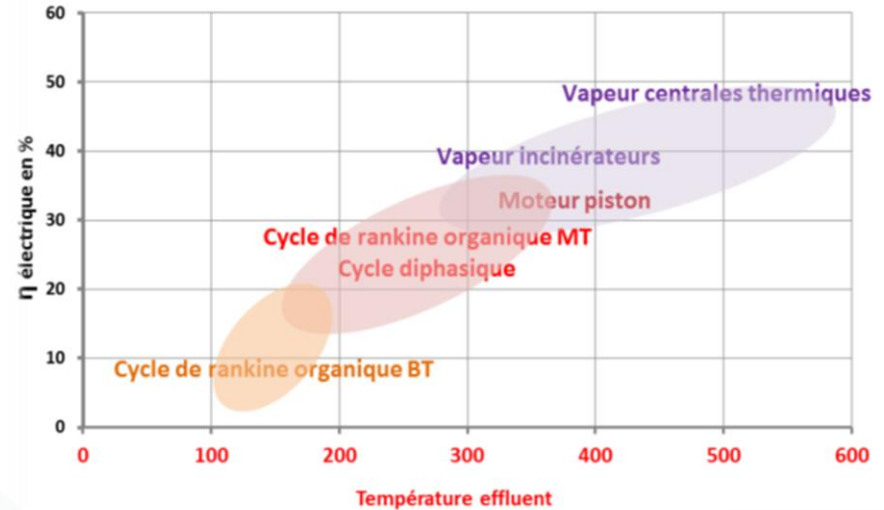
Récupération de chaleur à très haute température dans l'industrie

Recensement des technologies de valorisation

Technologies de récupération de chaleur



Rendement mécanique - Ordre de grandeur



Recensement des technologies de valorisation

Technologie de valorisation			T effluent chaleur fatale	Usage énergétique de base			Usage énergétique secondaire par valorisation thermique
Désignation	Principe physique	Energie produite		Conversion usuelle	η énergétique de conversion	Gamme puissance	
Machine frigorifique	Thermo-chimique à sorption Eau/BrLi, NH3/eau	Froid	> 200 °C	Froid de 5°C à -20 °C	20 à 70 % 140 % double effet	< 10 MW	Oui en contre-partie de la performance de production de froid
Production d'eau basse pression	Echauffement par chaleur sensible d'eau liquide	Thermique	> 150 °C	Réseau de chauffage urbain de 80 à 100 °C	> 80 %	< 10 MW	Sans objet
Production de vapeur	Vaporisation de l'eau en BP et MP		> 180 °C	Connexion à réseau vapeur	> 80 %	< 10 MW	Sans objet
Préchauffage air neuf brûleur(s) four par échangeur gaz/gaz	Echauffement par chaleur sensible de l'air comburant		> 400 °C	Préchauffage air comburant	> 70 %	< 10 MW	Sans objet
Préchauffage air neuf brûleur(s) four par caloduc	Echauffement par chaleur sensible de l'air comburant		> 400 °C	Préchauffage air comburant	> 80 %	< 10 MW	Sans objet
Brûleur(s) récupérateur(s)	Echauffement par chaleur sensible de l'air comburant		> 600 °C	Préchauffage air comburant	> 70 %	< 10 MW	Sans objet
Turbine vapeur	Cycle de rankine vapeur (fluide eau)	Mécanique	> 350 °C	Elec	10 à 20 %	> 1 MW	Oui
Moteur à piston	Compression gaz (fluide air)		> 450 °C	Air comprimé	10 à 28 %	< 0,1 MW	Oui
Moteur à vapeur	Cycle de rankine vapeur (fluide eau)		> 250 °C	Elec	10 à 15 %	< 1 MW	Oui
Machine ORC	Cycle organique de rankine (Fluide à chaîne carbonée)		> 150 °C	Elec	8 à 15 %	< 20 MW	Oui
Machine à turbine à action	Cycle vapeur diphasique		> 250 °C	Elec	8 à 15 %	< 1 MW	Oui

Recensement des technologies de valorisation

Solutions transformation mécanique



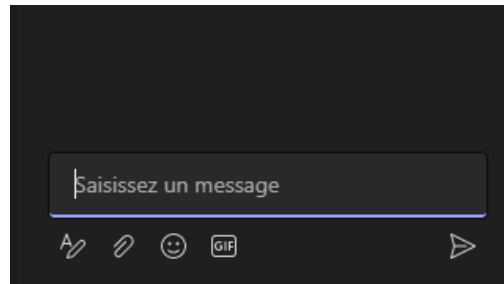
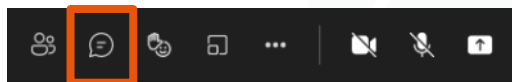
Solutions transformation Thermique



Solutions transformation froid



Posez vos questions !





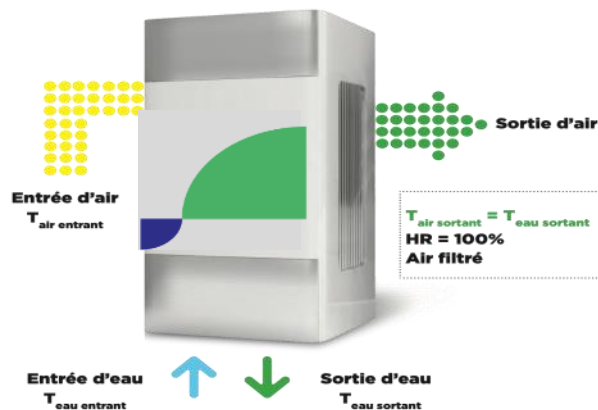
Une industrie au service
de la transition énergétique

Le 17 janvier 2022

TERRAO, un échangeur laveur ultime

Par Barbotage

Principe de l'échangeur TERRAO®



La phase gazeuse et la phase liquide atteignent l'équilibre thermodynamique :

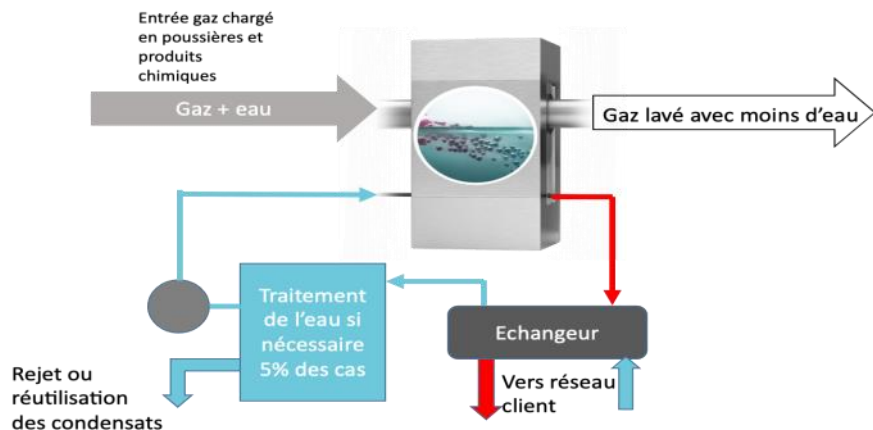
Le liquide récupère la chaleur et les condensats

- Récupération de la chaleur sensible et latente
- Lavage des rejets gazeux
- Compatible avec tout type de rejets gazeux
- Disponibilité 100% du temps

TERRAO est adapté à toutes les situations avec des stratégies qui s'adaptent à la récupération de la chaleur et/ou la dépollution

La technologie TERRAO apporte la réponse aux situations sans solution jusqu'ici

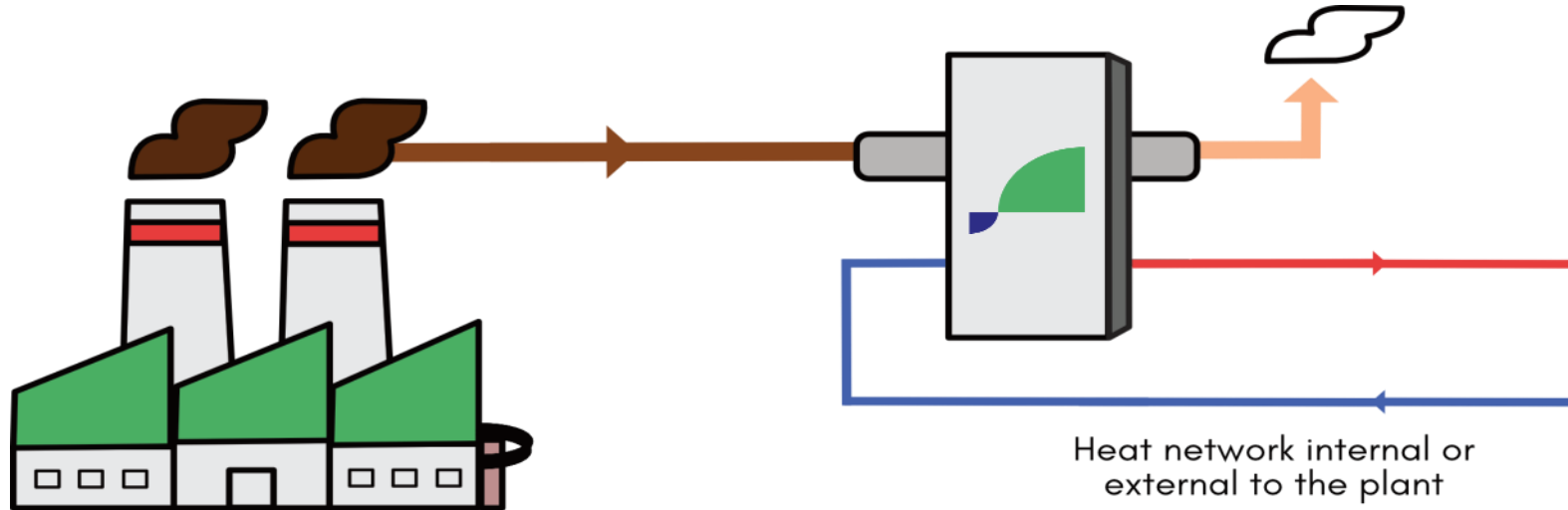
L'échangeur TERRAO



- L'encombrement est limité :
Moins de 2 m² de surface au sol pour 10000m³/h
- La surface est proportionnelle au débit
- Hauteur de 2 m quelque soit le débit du gaz
- La perte de charge de 1500 pa
- Possibilité de cascade de TERRAO

- Adapté à toutes les pollutions et températures
- Compatible pour les grands et les petits débits
- Faible coût de maintenance

Récupération de la chaleur fatale de l'air et des fumées



70 Références

Projet Kervalis



Projet Ajinomoto



Projet DTE RIBE

“Nous nous engageons pour vous aider à réduire vos émissions de CO₂”

Utilisation de TERRAO : Fumées propres

Les échangeurs classiques sont compatibles

- Besoin de la chaleur à haute température :

TERRAO intervient après la récupération haute température avec la fonction condenseur

- Besoin de la chaleur à basse température (serriste par exemple):

TERRAO intervient avec la fonction Économiseur-Condenseur

- TERRAO neutralise par le CO₂ les effluents alcalins dans la même opération que la condensation :
 - Purges de chaufferies vapeurs
 - Les rejets de process alcalins

Utilisation de TERRAO : Fumées corrosives

Les échangeurs classiques ne sont pas compatibles

TERRAO intervient avec la fonction Économiseur-Condenseur-Laveur

- En plus de la récupération de la chaleur TERRAO traite les fumées
 - Particules fines (remplacement de filtres classiques)
 - Acides (HCl, HF, SOx)
 - Ammoniac
 - NOx
 - Dioxine
 - COV (Remplacement des oxydateurs thermiques)
 - Réduction de Panache et captage de l'eau

TERRAO ne consomme pas d'eau et l'eau est toujours traitée pour être utilisée ou rejetée dans le réseau

Conclusions

TERRAO est une technologie éprouvée : 10 ans de retour d'expériences

La technologie TERRAO au service des industriels pour :

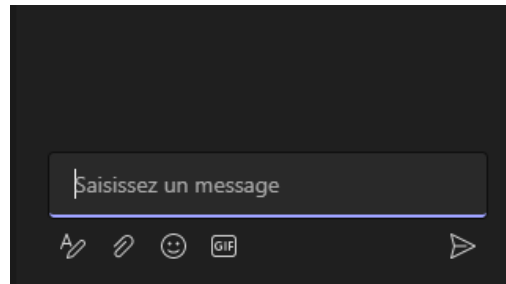
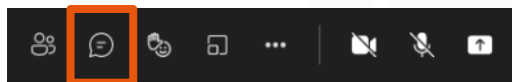
- Réduire les coûts énergétiques
- Réduire les coûts de traitements des fumées
- Réduire les rejets dans l'atmosphère
- Réduire l'impact CO2 de la production

📍 1 Chem. du Moulin, 59136 Wavrin
☎ 03 20 34 96 74
✉ contact@terrao-exchanger.com

www.terrao.fr



Posez vos questions !



**Coûts de l'énergie... Efficacité énergétique...
Réindustrialisation... Décarbonation de l'industrie ...**

**Comment valoriser une (petite) partie des
> 50% d'énergie mondiale qui est aujourd'hui gaspillée ?**



HEVATECH

Développe une technologie innovante et économiquement performante de conversion de la chaleur fatale en électricité / froid



HEVATECH développe un procédé innovant de valorisation de la chaleur fatale industrielle

- HEVATECH, startup française basée dans la Drôme
- Transition énergétique et l'efficacité énergétique dans l'industrie
- Développement d'une technologie innovante de conversion de chaleur industrielle en électricité, TURBOSOL
- Conversion de chaleur en électricité simple et rentable
- Technologie robuste, simple d'usage et respectueuse de l'environnement avec un retour sur investissement réduit comparé aux technologies concurrentes existantes



➔ Une innovation technologique pour une rupture économique



HEVATECH développe un procédé innovant de valorisation de la chaleur fatale industrielle

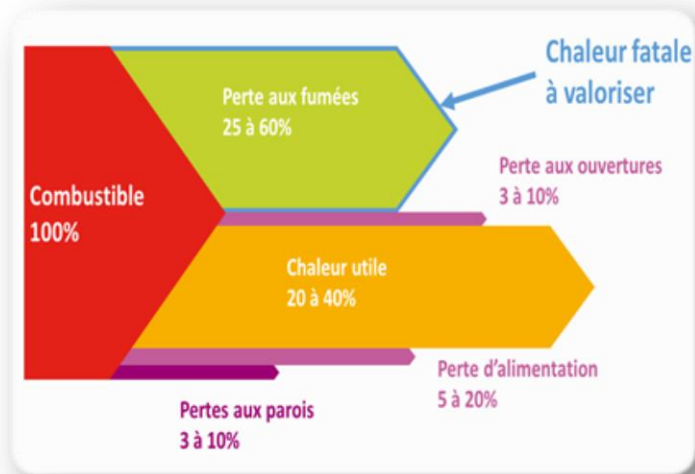


- 🌀 Équipe technique pluridisciplinaire (thermique, fluide, électrotechnique, contrôle-commande)
- 🌀 13 personnes : personnel administratif, techniciens, ingénieurs, direction
- 🌀 Patrick BOUCHARD, président d'HEVATECH
- 🌀 Jean-Edmond CHAIX, co-fondateur, directeur technique et inventeur du procédé



Pourquoi s'intéresser à l'efficacité énergétique et la valorisation de la chaleur fatale ?

- La meilleure solution à court et moyen termes pour respecter les engagements de limitation des GES est d'améliorer l'efficacité énergétique et notamment de valoriser la chaleur fatale



- Au niveau France, l'ADEME évalue le gisement de chaleur fatale valorisable dans l'industrie en 2017 (température > 100 °C)

52,9 TWh



Réseaux de chaleur existants
16,7 TWh (soit 1,66 millions
d'équivalents logements)

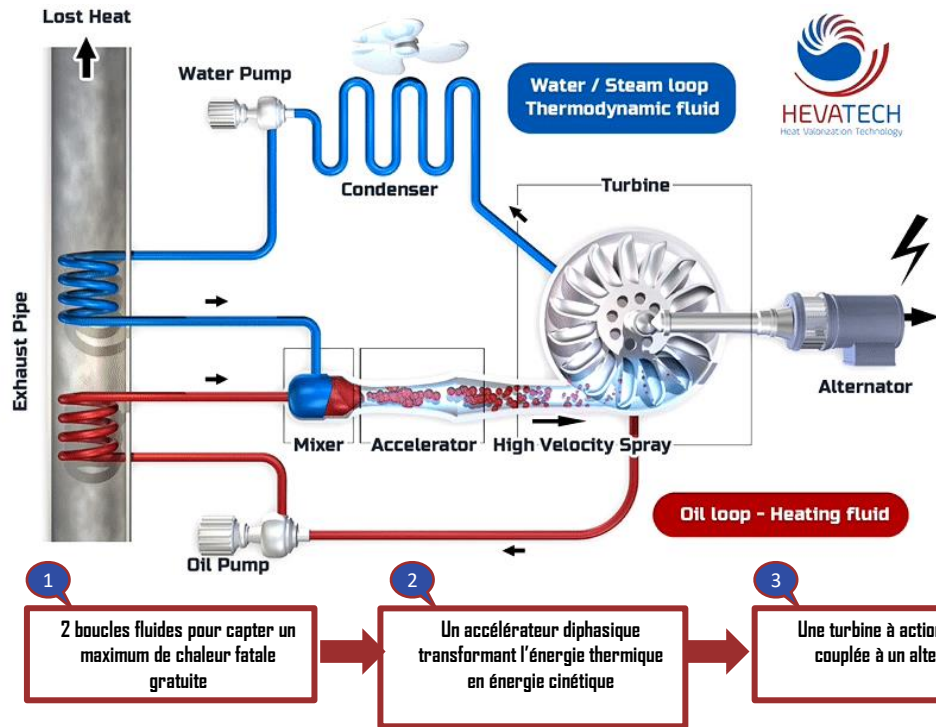


Production d'électricité
1120 GWh
250 sites
Puissance installée 135 MWe



HEVATECH
Heat Valorization Technology

TURBOSOL : procédé innovant, robuste et économique de valorisation de la chaleur fatale. Comment ça marche ?



Une rupture économique :

- CAPEX et OPEX réduits
- Simplicité d'usage et robustesse
- Respect de l'environnement
- Fonctionnement sécurisant
- Possibilités de cogénération (froid/chaud)



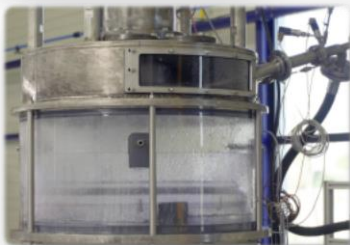
TURBOSOL : procédé innovant, robuste et économique de valorisation de la chaleur fatale. Nos moyens d'essais



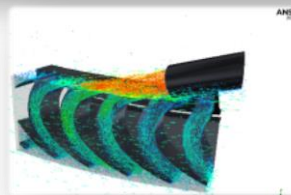
- Source de chaleur
- 1 MW
- Echangeurs du commerce
- Représentatif
- Pilotable



- Module TURBOSOL
- Conditions nominales de pression et température
- Banc d'essais/démonstrateur
- Instrumentation complète
- Représentatif d'une installation commerciale



- Banc d'essais froid
- Eau et air
- Essais rapide
- Visualisation des écoulements



- Simulation numérique fluide (CFD)
- 2 stations de calcul dédiées
- Ansys® Fluent®



HEVATECH
Heat Valorization Technology

TURBOSOL : procédé innovant, robuste et économique de valorisation de la chaleur fatale. Une mise en œuvre "low cost"

Simplicité et robustesse du procédé

Faibles coûts d'investissement, d'installation et de maintenance

Fonctionnement sécurisant (fluides, pression, vitesse de rotation)

Possibilité de cogénération (électricité/ chaud/froid)

Modularité en puissance (de 30 kWe à 1 MWe) par le nombre d'injecteurs

Turbine et injecteurs standardisés (upscaling facilité)

Respect de l'environnement
 $ODP = GWP = TEWI = 0$

Une modélisation et une mise au point complexes mais une réalisation "low-cost" permettant un temps de ROI optimisé



HEVATECH
Heat Valorization Technology

TURBOSOL : procédé innovant, robuste et économique de valorisation de la chaleur fatale. Une technologie brevetée

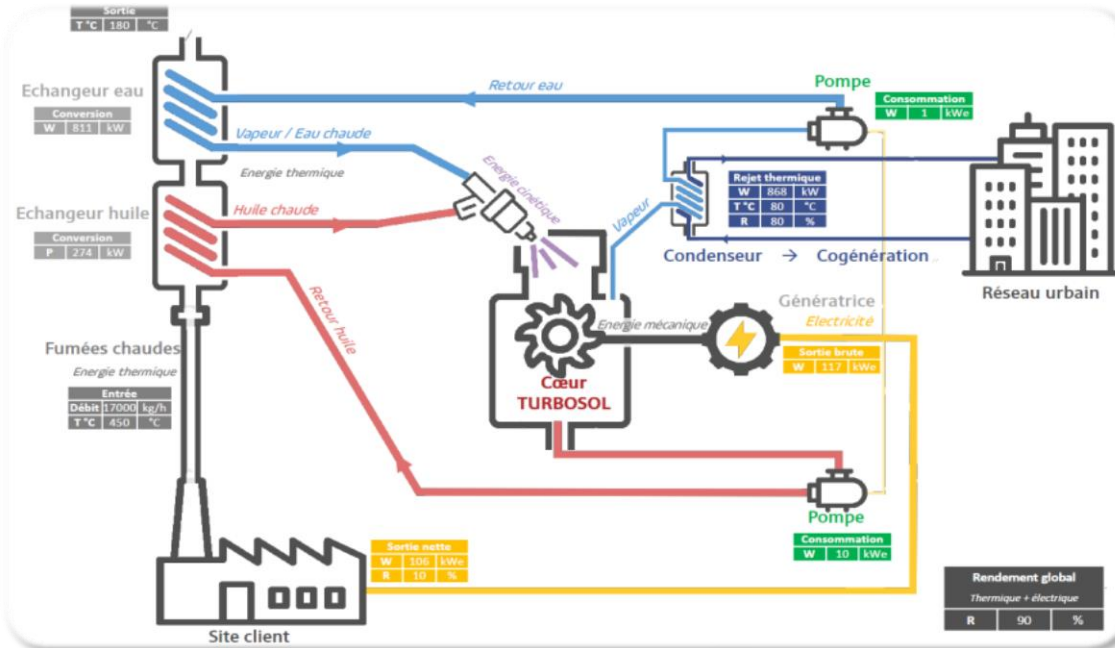
- HEVATECH est propriétaire de sa technologie TURBOSOL
- Une famille de brevets « Device for converting heat energy into mechanical energy » valide en France, Europe, Etats-Unis, Australie, Japon, Corée du Sud + en cours dans d'autres pays (Canada, Inde, Brésil)
- 3 nouveaux brevets déposés – délivrés en France - procédure PCT en cours
- Marque HEVATECH déposée à l'INPI (extension en cours à l'international)

Des Prix et lettres d'intérêts



TURBOSOL : procédé innovant, robuste et économique de valorisation de la chaleur fatale. Flux énergétiques

Valorisation de la chaleur résiduelle (réseau de chaleur ou production de froid)



TURBOSOL : procédé innovant, robuste et économique de valorisation de la chaleur fatale. La feuille de route

Des marchés estimés
en Europe à 5 Md€ :

Les procédés avec combustion Chaleurs fatales
>300°C

Puissances thermiques 300 kWth à 8 MWth



Déchets et biomasse



Industries de transformation



Moteurs à combustion

Une feuille de route technique et
commerciale :

Monter en gamme, optimiser et industrialiser,
Entrer sur les marchés par des premières réalisations

Recherche de partenaires :

-  Utilisateurs pour démonstrations
-  Ingénieries et commerciaux pour l'introduction sur les marchés
-  Investisseurs pour une levée de fonds

Contacts:

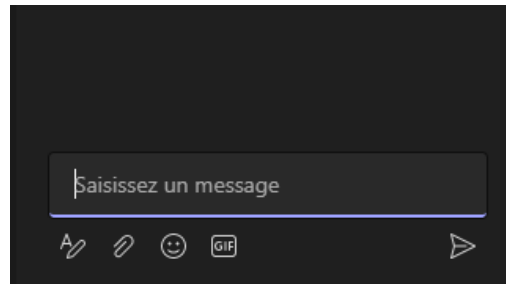
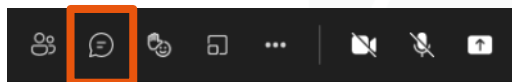
www.hevatech.fr

baptiste.reaud@hevatech.fr

Tel : +33 (0)4 87 73 72 39



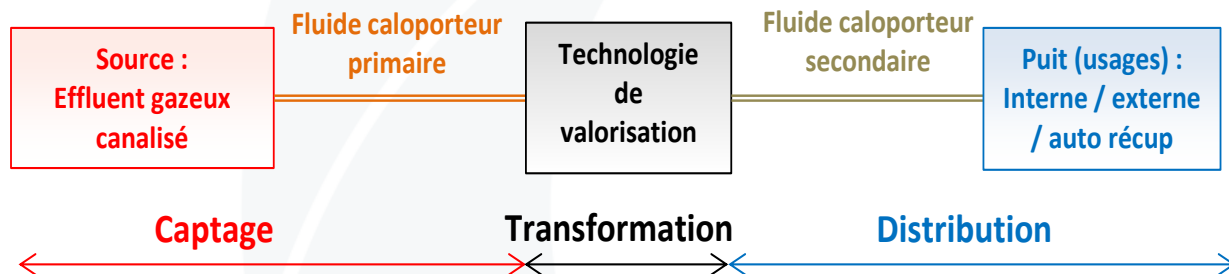
Posez vos questions !



Intégration industrielle

Intégration sur site industriel -> Condition de mise en œuvre

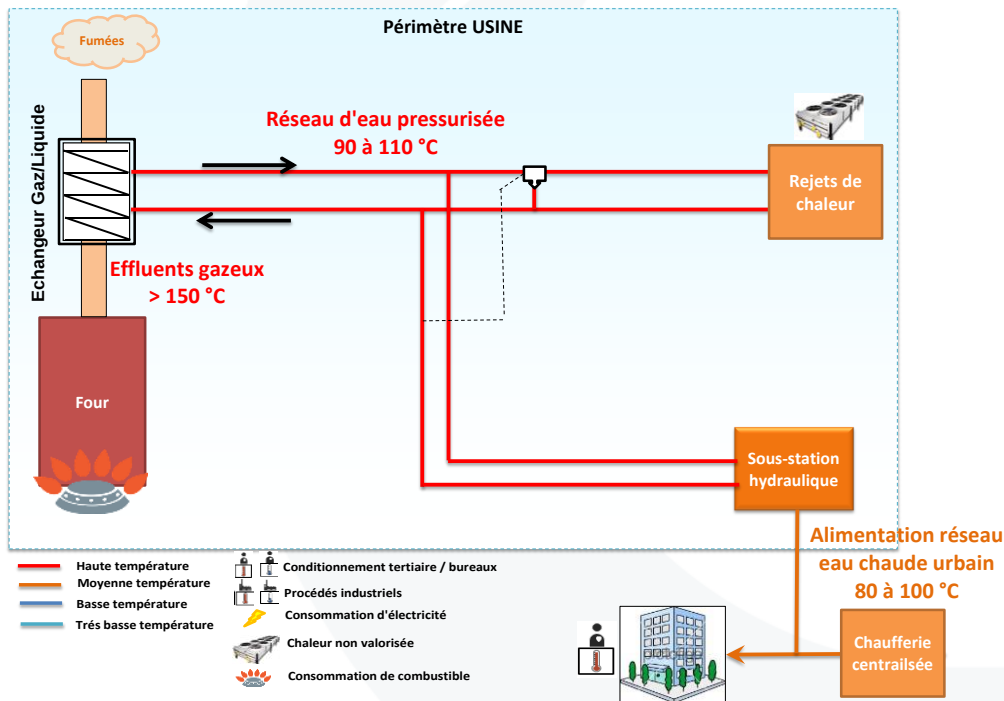
- Réalisation de 6 fiches technologiques de récupération de chaleur



Fiches	Côté source		Côté puit		
	Echangeur	Fluide de transfert 1	Technologie	Fluide de transfert 2	Usage
1	Gaz / liquide	Eau	Machine frigorifique	Eau glacée	Interne / externe
2	Gaz / liquide	Eau, huile, vapeur	Transformation mécanique		Interne / externe (moteur, AC, élec)
3	Gaz / liquide	Eau pressurisée	Station hydraulique	Eau chaude BP	Externe (réseau urbain)
4	Gaz / liquide	Eau HP, vapeur	Echangeur eau / vapeur	Eau / Vapeur	Interne / Externe
5	Gaz / gaz	Fumées	Echangeur gaz / gaz	Air	"Auto-récupération" préchauffage AN
6	Brûleur récupérateur				"Auto-récupération" préchauffage AN

Intégration sur site industriel -> Condition de mise en œuvre

- Exemple fiche 3 : récupération de chaleur pour réseau urbain



Intégration sur site industriel -> Condition de mise en œuvre

- Exemple fiche 3 : récupération de chaleur pour réseau urbain (industriel)

- Avantages

- Solutions maîtrisées par les exploitants et les BE
- Transport énergie sur de longues distances
- Valorisation énergétique importante et peu technique

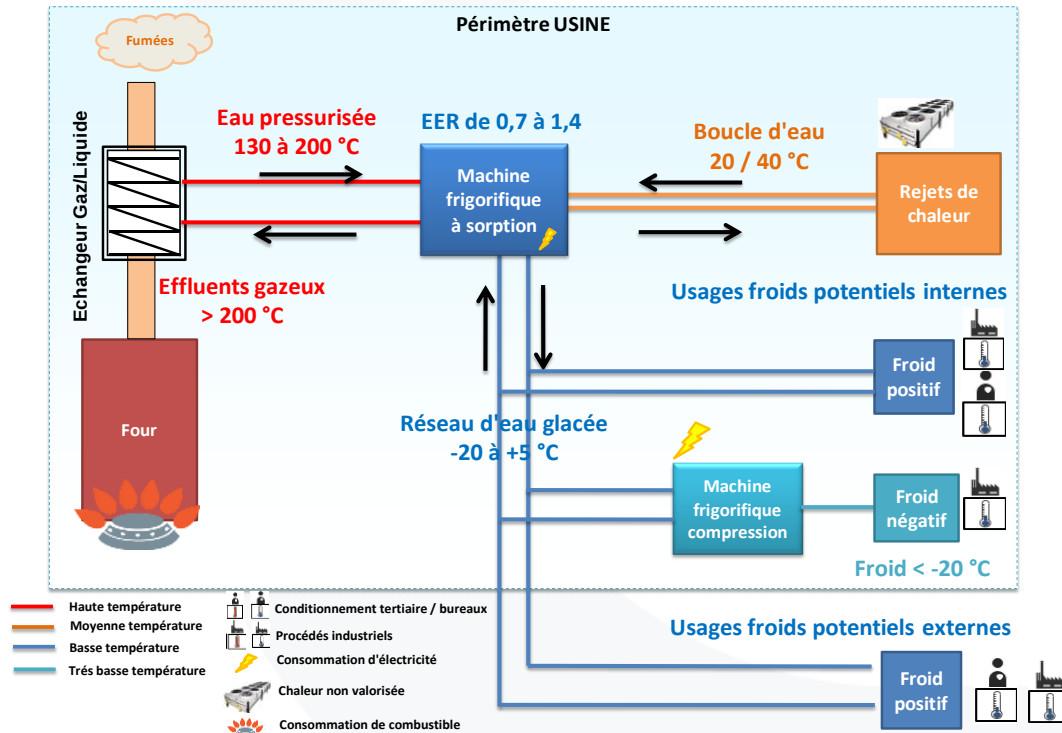
- Freins

- Existence d'un réseau urbain
- Adéquation de la source et des besoins -> besoins limités en période chaude
- Potentiel de décarbonation limité si le réseau urbain utilise une chaudière biomasse

	Captage (boucle primaire)		Transformation	Distribution (boucle secondaire)	
	Source	Fluide caloporteur primaire	Station hydraulique	Fluide caloporteur secondaire	Puits et usages
Technologie	Echangeur à tubes gaz / Liquide	Réseau hydraulique Eau BP	Echangeur à plaque Automate de régulation Métrologie énergétique	Réseau d'eau chaude	Chauffage bâtiment
Températures	Primaire effluent > 150 °C Secondaire : 90 à 110 °C	90 à 110 °C	Primaire 100 °C Secondaire 80 °C	80 à 100 °C	40 à 70 °C
Répartition relative du CAPEX	60%		25%	15%	

Intégration sur site industriel -> Condition de mise en œuvre

- Autre exemple fiche 1 : récupération de chaleur pour production de froid



Intégration sur site industriel -> Condition de mise en œuvre

- Autre exemple fiche 1 : récupération de chaleur pour production de froid

- Avantages

- Solutions technologiques très matures
- Transport énergie sur de longues distances
- Bonne concomitance des sources et des besoins sur certains secteurs industriels

- Freins

- Contrainte d'implantation
- Stabilité de la source de chaleur

	Captage (boucle primaire)		Transformation	Distribution (boucle secondaire)	
	Source	Fluide caloporteur primaire	Machine frigorifique	Fluide caloporteur secondaire	Puits et usages
Technologie	Echangeur à tubes gaz / Liquide	Réseau hydraulique Eau HP ou huile	A sorption Li/Br ou H2O/NH3	Réseau d'eau glacée	Locaux frigorifiques Congélation surgélation climatisation refroidissement process
Températures	Primaire effluent > 200 °C Secondaire : 130 à 200 °C	130 à 200 °C	-20 °C à 5 °C	-20 °C à 5 °C	-20 °C à 5 °C
Répartition relative du CAPEX	30%		50%	20%	

Intégration sur site industriel -> Conditions de mise en œuvre

- **Focus sur la solution de captage**

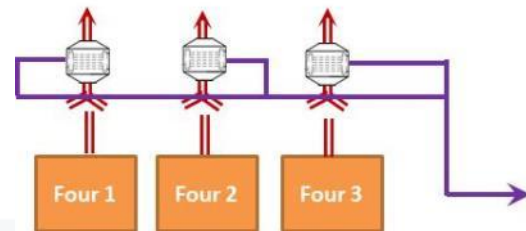
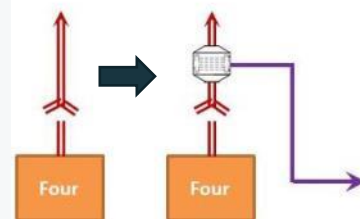
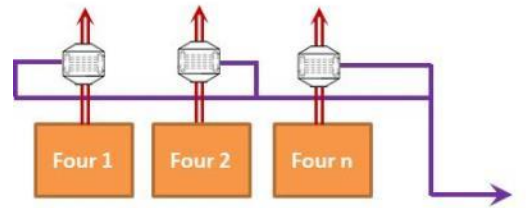
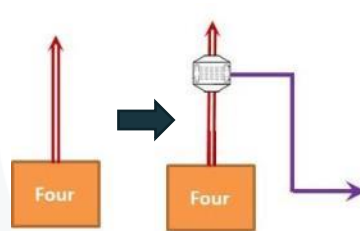
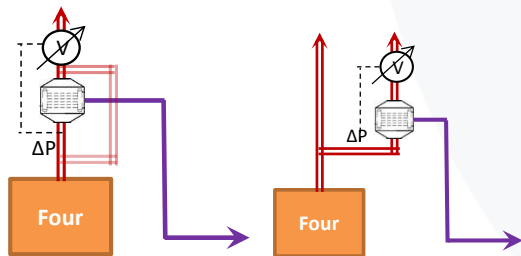
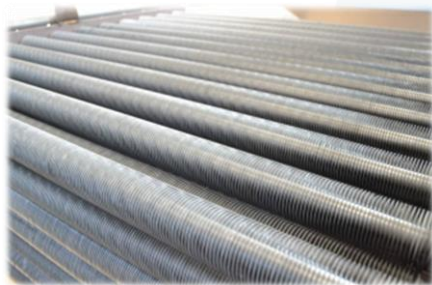
- Température de l'effluent au niveau où le captage est réalisable (zone d'implantation de l'échangeur)
- Température de consigne du procédé (four)
- Du mode de captage (en insertion ou en prélèvement)
- De la présence de prise d'air secondaire (dilution)

- **Points de vigilance -> coût du projet et faisabilité technique**

- Nécessité d'une tenue en pression du procédé (qqes dizaines de Pa)
- Identification de la nature de l'effluent -> Mesures préalables recommandées
 - Poussières -> Dimensionnement système d'échange thermique et anticipation des opérations de maintenance
 - Caractères corrosif -> Faisabilité technique
 - Continuité de fonctionnement de la source de chaleur... **et des puits** -> audit énergie
- Sécurisation des installations
 - Mise en place de by-pass
 - Mise en place de dissipateur de chaleur

Intégration sur site industriel -> Conditions de mise en œuvre

- Quelques situations de prélèvement de chaleur



Intégration sur site industriel -> Conditions de mise en œuvre

- Synthèse

		Captage (boucle primaire)	Transformation	Distribution (boucle secondaire)
Fiche 1	Production de froid	30%	50%	20%
Fiche 2	Transformation mécanique	40%	40%	20%
Fiche 3	Production thermique eau chaude	60%	25%	15%
Fiche 4	Production thermique vapeur	85%	5%	15%
Fiche 5	Autorécupération 1 Préchauffage AN	40%		60%
Fiche 6	Autorécupération 1 Préchauffage AN	100%		

Usage déporté
interne ou externe

Auto récupération

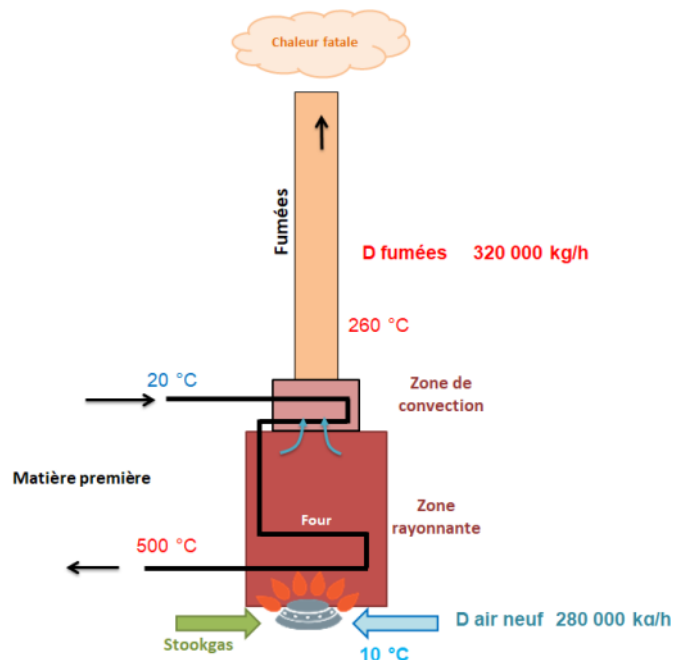
		Performance énergétique	Performance décarbonation	CAPEX	OPEX	Observations
Fiche 1	Production de froid					La production de froid nécessite toujours des investissements importants -> Compresseur électrique ou machine à sorption
Fiche 2	Transformation mécanique					Très bonne performances EE et décarbonation du dispositif si fonctionnement en mode cogénération
Fiche 3	Production thermique eau chaude					Les performances en décarbonation peuvent être modestes si le dispositif compense une chaufferie biomasse
Fiche 4	Production thermique vapeur					Nécessité de la présence déjà existante d'un réseau vapeur soit chez l'industriel soit chez le client
Fiche 5	Autorécupération échangeur préchauffage air comburant					Le CAPEX peut être conséquent lié à la présence de conduits aérauliques volumineux
Fiche 6	Autorécupération Brûleur récupérateur					Peut nécessiter un retrofit important sur le procédé voire un remplacement de celui-ci

Étude de cas : four pétrochimique

Étude de cas adaptée par ALLICE sur four industriel

En 2021, TotalEnergies a été sollicité par ALLICE et le CETIAT pour alimenter l'étude Récupération de chaleur THT d'un cas d'application dans le domaine Raffinage et Pétrochimie.

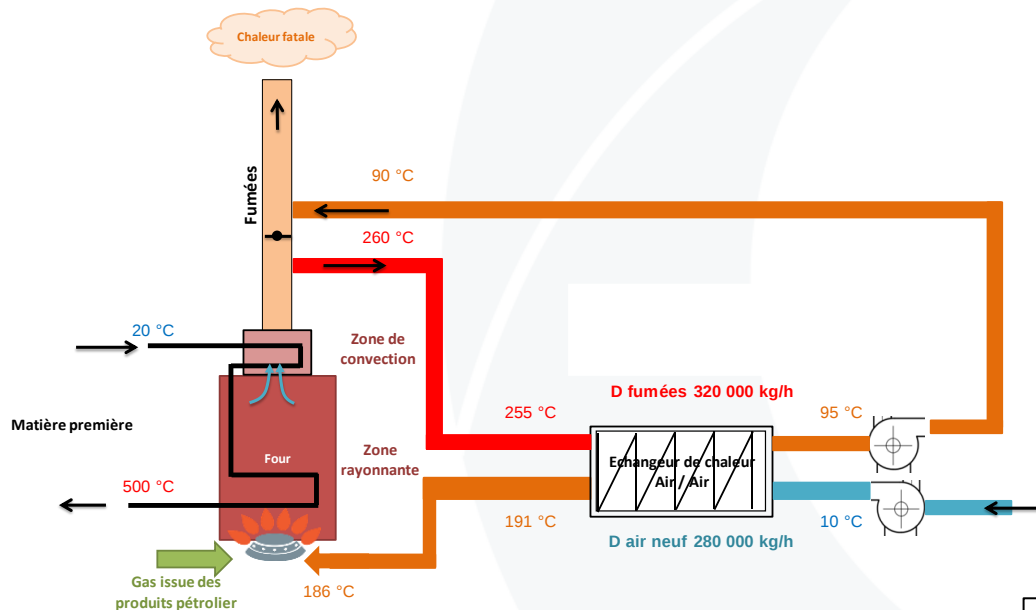
Le CETIAT a ainsi établi, des discussions avec TotalEnergies, un cas d'usage typique, sur lequel ont pu être réalisés un certain nombre d'études de cas technico-économiques avec les hypothèses typiques du CETIAT.



Puissance thermique installée 200 MW
Puissance de service 180 MW
Durée de fonctionnement 8760 h/an
Température fumées 260 °C
Débit des fumées environ 320 t/h

Étude de cas adaptée par ALLICE sur four industriel (Récup 1)

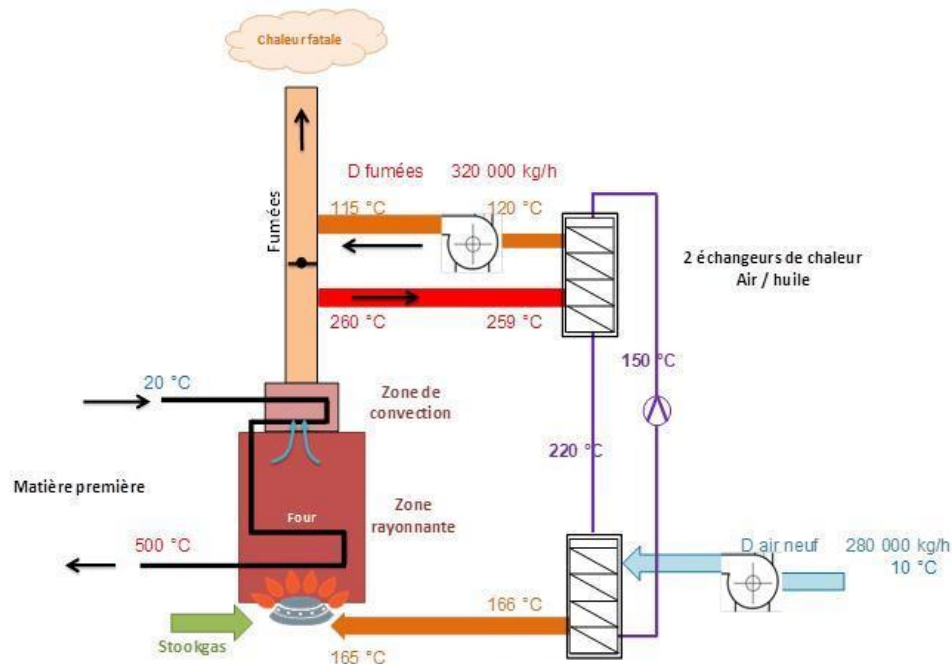
- Solution air/air



Consommation énergie initiale	1,56 TWh(pcs)/an
Consommation énergie future	1,43 TWh(pcs)/an
Puissance récupérée	14 655 kW
Nombre d'heures d'utilisation	8 760 h/an
Estimation de l'Investissement (installation comprise)	24,9 M€
Gain financier	8 %
	4,6 M€/an
TRI brut	5,4 ans

Émissions de CO2 évitées 28 000 T/an

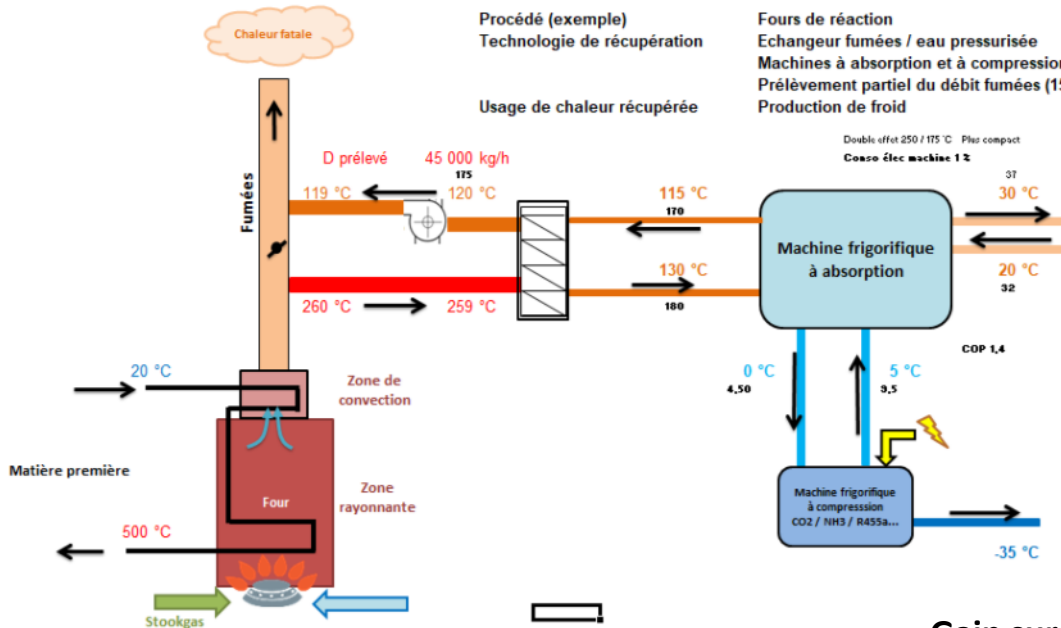
Étude de cas adaptée par ALLICE sur four industriel (Récup 2) - Solution Caloduc



Consommation énergie initiale	1,56 TWh(pcs)/an
Consommation énergie future	1,44 TWh(pcs)/an
Puissance récupérée	13 289 kW
Nombre d'heures d'utilisation	8 760 h/an
Estimation de l'investissement (installation comprise)	19 M€
Gain financier	7 %
	4 €/an
TRI brut	4,5 ans

Emissions de CO2 évitées 26 000 T/an

Étude de cas adaptée par ALLICE sur four industriel (Récup 3) - Solution Froid



Consommation énergie initiale	4 297 MWh(pcs)/an
Consommation énergie future	2 314 MWh(pcs)/an
Puissance récupérée	226 kW
Nombre d'heures d'utilisation	8 760 h/an
Estimation de l'Investissement	1 354 848 €
	46 %
Gain financier	111 276 €/an
TRI brut	12,2 ans

Gain sur énergie électrique, base coût élec 54 €/MWh

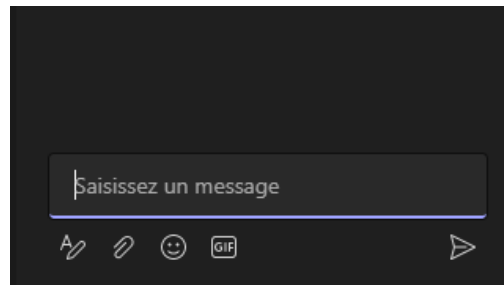
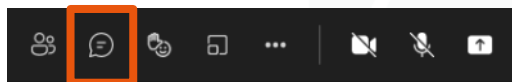
Étude de cas adaptée par ALLICE sur four industriel

• Résumé

Récupération
totale de la
chaleur

Four	Sans récup	Récup 1 air/air	Récup 2 : caloduc	Récup 3 : froid
Récupération	-	Préchauf AN	Préchauf AN	Production de froid
Conso combustible (GWh/an)	1 557	1 428	1 440	1 557
Puissance récupérée (kW)	0	14 655	13 289	1 189
Gains combustible (GWh/an)	0	128	116	0
Gains électrique (GWh/an)	0	0	0	14
Emissions de CO2 évitées (tonnes/an) Hyp : combustibles 220 kg/MWh Electricité 50 kg/MWh	0	28 242	25 610	723
TRB (ans) avec 50 €/baril, 40 €/T -> 36 €/MWh Elec -> 54 €/MWh	-	5,4	4,5	12
TRB (ans) avec 120 €/baril, 70 €/T -> 81 €/MWh Elec -> 100 €/MWh		2,4	2,0	6

Posez vos questions !





enertime

Harvesting Clean Energy

Récupération de chaleur THT par ORC

Avril 2022

Le futur de l'industrie électromécanique



- > PME industrielle créée en 2008, **cotée sur Alternext depuis 2016** et sise à Courbevoie
- > 37 employés - une activité **R&D représentant 15 à 20% du CA**
- > **Un positionnement unique** comme équipementier turbomachines (turbines and compresseurs) sur 3 technologies : les systèmes ORC les PAC HT et les turbines de détente de gaz naturel
- > Un changement de paradigme **Efficacité Energétique as a Service à travers notre filiale** proposant des modèles hors-bilan tiers financés

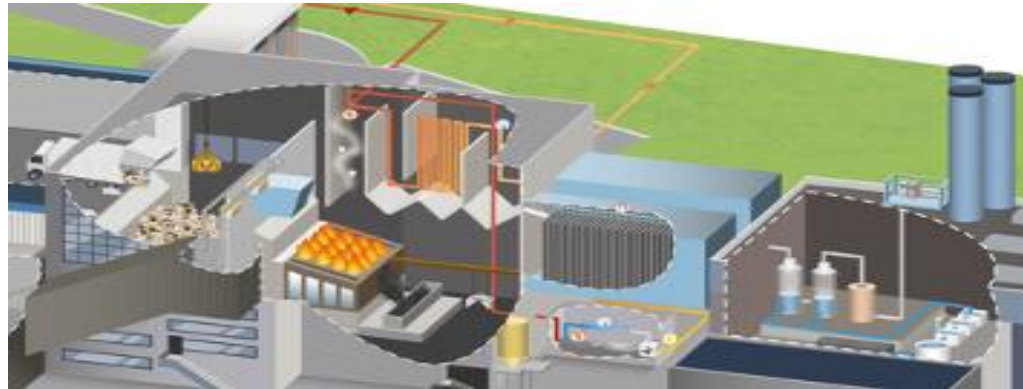


La technologie ORC - REX

UVE SIRAC Colombelle - 116 kt déchets



- > Deux lignes d'incinération 7,5 t/h en parallèle
- > **Circuit d'eau surchauffée 190°C / 24 bars**
situé dans les hottes aspirantes en amont
du traitement de fumées
- > Alimente le réseau de chaleur urbain et l'ORC
- > Température des fumées est. 900°C

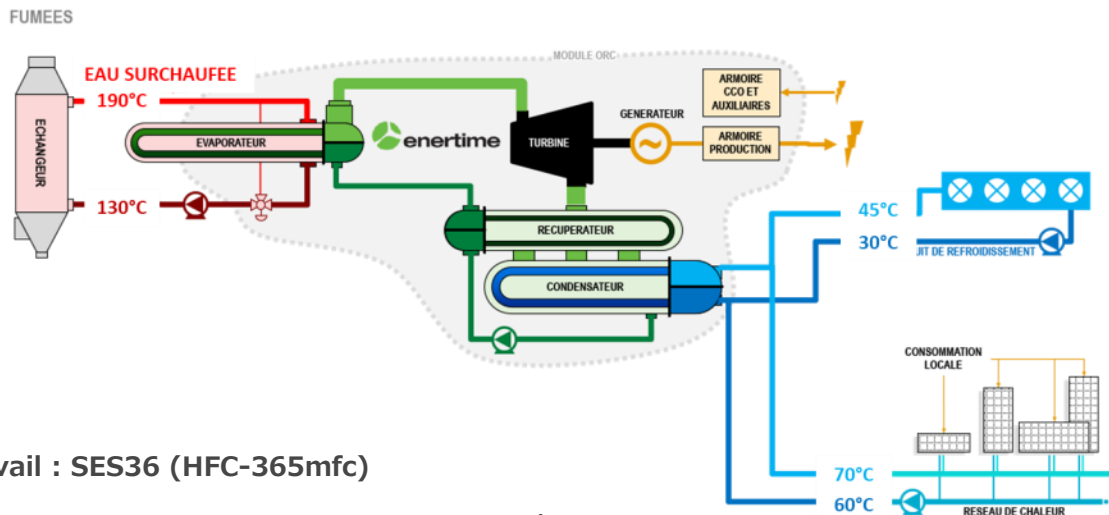


La technologie ORC - REX

UVE SIRAC - ORC 2MW aux réfrigérant



IN
Fumées d'incinération
Puissance thermique
 $12,5 \text{ MW}_{th}$



OUT
Electricité
 2 MW_e



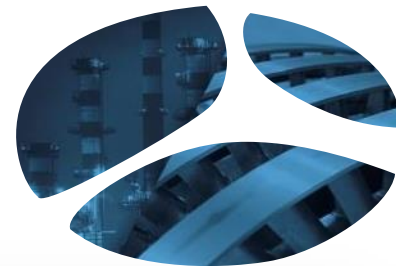
Chaleur BT
 7 MW_{th}



- > **Fluide de travail : SES36 (HFC-365mfc)**
- > Générateur asynchrone 2MW - 6,6 kV - 50 Hz - triphasé
- > Fonctionnement annuel 4 500 h/an – électricité valorisée **9 000 MWh_e/an**
- > **Mise en service 2017**

Le modèle ESCO

Un projet fondateur en Thaïlande



- > ORC nouvelle génération **hauts rendements au cyclopentane**
- > **Investissement réalisé par une SPV en JV** entre filiale énergie du client final et de l'EPC contractor



Configuration ORC : 1,8 MW_e

- > Four float à brûleurs gaz naturel
- > Economizer sur circuit fumées
Entre sortie four et cheminée
- > Boucle huile thermique 315°C



Modèle ESCO en France



- > **Projet ORC 1 MW_e sur four verrier** (pots verre blancs) – PPA en cours de négociation – MES prevue début 2024
- > **Projet ORC 5 MW_e sur four électrique** (ferromanganèse) – PPA en cours de négociation – MES prevue début 2024
- > Projets bénéficiant de subventions ADEME Plan de Relance et CEE



Merci

Charles Huguet

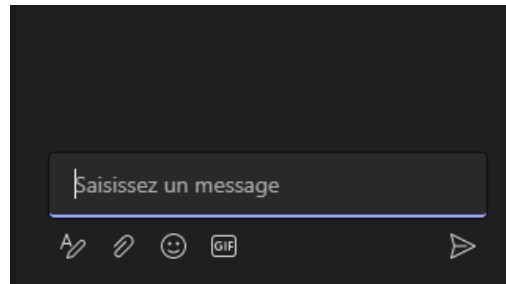
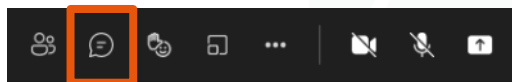
Responsable développements stratégiques

charles.huguet@enertime.com

Directeur général

charles.huguet@energie-circulaire.com

Posez vos questions !



Conclusions et perspectives

Synthèse

- **Un gisement conséquent**
 - $> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ - **27 TWh (max)**
 - Effluents essentiellement gazeux -> **Fours industriels : 17 TWh**
 - Échauffement des solides 1,8 TWh -> Cas d'étude « Étude ALLICE stockage thermique 2020 »
- **Présence d'effluents THT sur des procédés thermiques fonctionnant avec des combustibles**
- **Rappel important : premier travail, s'assurer du fonctionnement efficient du procédé thermique (four)**
 - Paramètres combustion et maintenance préventive -> état d'entretien de l'équipement
 - Fiche techno 6 : brûleur récupérateur (fiche CEE IND 118)

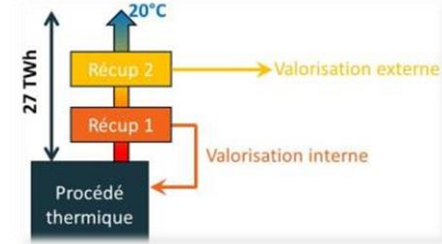
Synthèse

- **Des solutions technologiques de récupération matures**
 - Thermique
 - Froid
 - Mécanique (électrique)
- **Le calcul du CAPEX d'un système de récupération comprend Captage / transformation / distribution**
 - **Attention à l'influence du dispositif de captage sur le procédé**
 - **Le captage est un poste important du CAPEX**
- **OPEX -> Significatif si l'effluent est encrassant**
 - Maintenance du dispositif d'échange thermique
- **Récup de chaleur THT : bon axe de décarbonation**
 - Attention pas de CO2 évité si la récup vient compenser une source d'ENR
 - Les systèmes de transformation électrique (ou mécanique) contribuent au mix électrique

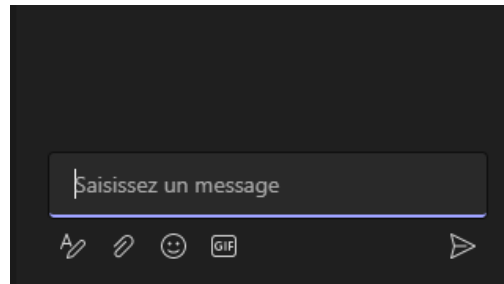
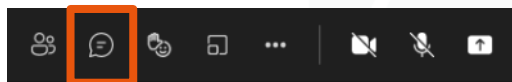
Synthèse

- Perspectives

- Faciliter l'émergence des projets en récupération notamment auprès des PME
- Améliorer l'élaboration des CDC industriels (nouveaux investissements)
- Penser « double récupération » pour trois modes
 - Auto-récupération
 - Récupération déportée
 - En interne (périmètre usine)
 - En externe (en dehors du périmètre usine)
- Les modes de récupération sont complémentaires
- Favoriser la distribution de chaleur entre industriels (**ECOPARC**) -> freins contractuels à lever
- La hausse actuelle du coût des énergies vecteur de développement



Posez vos questions !



Les prochains rendez-vous ALLICE

Rencontre
partenaire

13-14 avril

MIX.E

Journée
technique

2 juin

Intégration d'un mix
énergétique décarboné
(avec Axelera & Tenerrdis)

Réunion des
adhérents
ALLICE

5 juillet

Club PRIME

FIRE
2022

20 sept.

Forum Industriel de la
Récupération
d'Énergie

Rencontre
partenaire

13 octobre

Hydrogen for
decarbonisation
(IFRF)

Réunion des
adhérents
ALLICE

24 nov.

Club PRIME

MERCI À TOUS POUR VOTRE ATTENTION !

*Rendez-vous dans nos prochains
événements partenaires !*



Contacter ALLICE

contact@alliance-allice.com
+33 (0)4 72 44 49 11
www.alliance-allice.com

Alliance ALLICE
Chez CETIAT
25 Avenue des Arts
69100 Villeurbanne
FRANCE



ALLICE

ALLiance Industrielle
pour la Compétitivité
et l'Efficacité Énergétique