

Les bonnes pratiques en récupération de chaleur

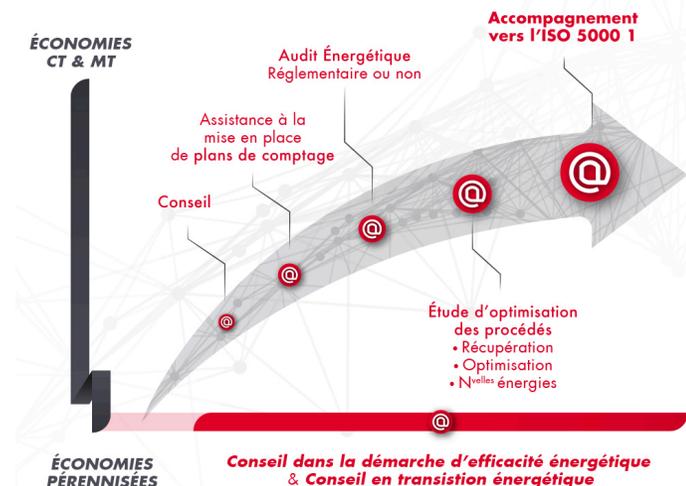
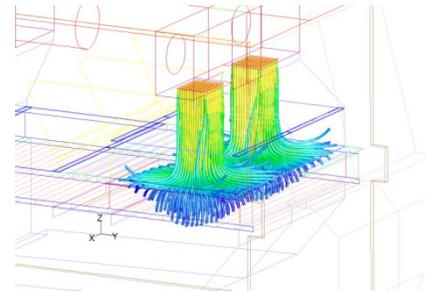
quels enjeux pour le conditionnement d'ambiance et les procédés ?

Jean-François LUCAS

Youmna ROMITTI

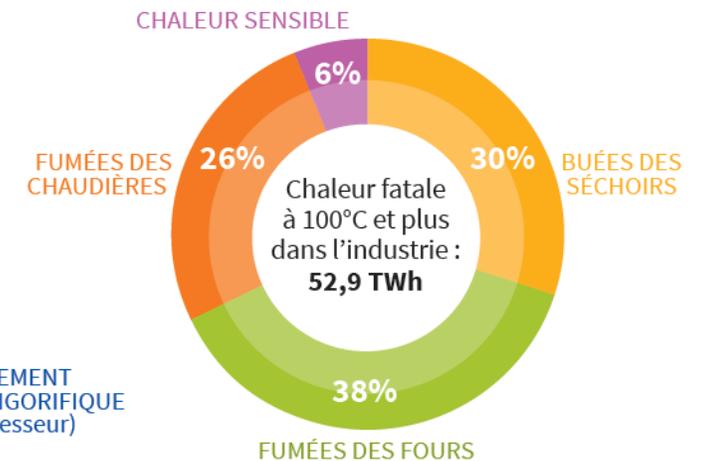
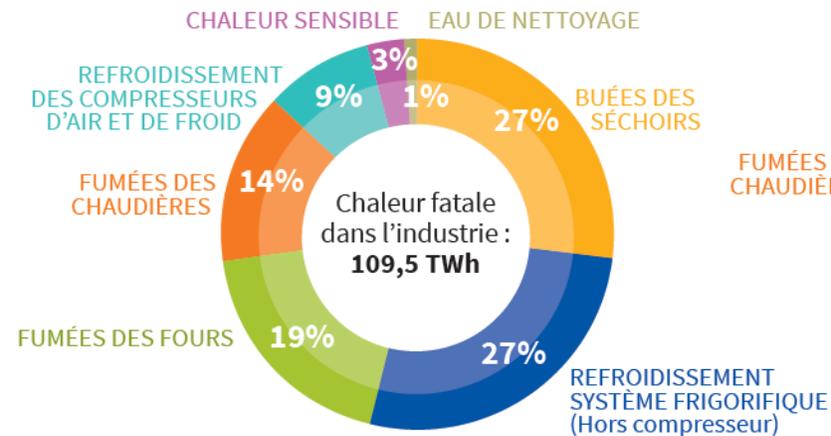
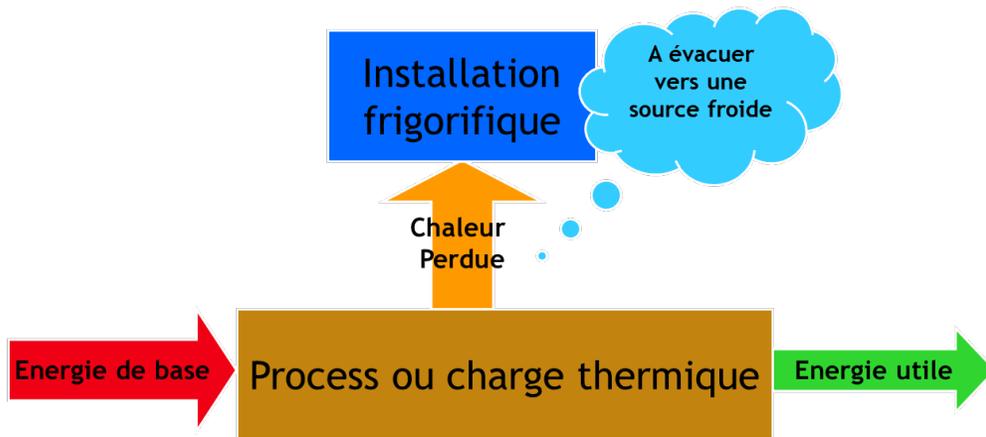
Le CETIAT

- **Centre Technique Industriel** partenaire technique des constructeurs d'équipements aérauliques et thermiques
- 13,6 M€, 130 personnes, 50 Plateformes d'essais
- Organisateur du colloque FIRE dédié à la **récupération de chaleur**
 - 8^e édition FIRE2020 le 12 mars 2020
- Co-éditeur du site www.recuperation-chaleur.fr
- Expertise spécifique en **optimisation de procédés industriels**
 - Assistance à la mise en place de plan de comptage
 - Audit énergétiques industriels
 - Étude en récupération d'énergie
 - Accompagnement vers l'ISO 50001
 - Étude R&D en optimisation de procédés industriels
 - Feuille de route décarbonation



Qu'est ce que la chaleur fatale ?

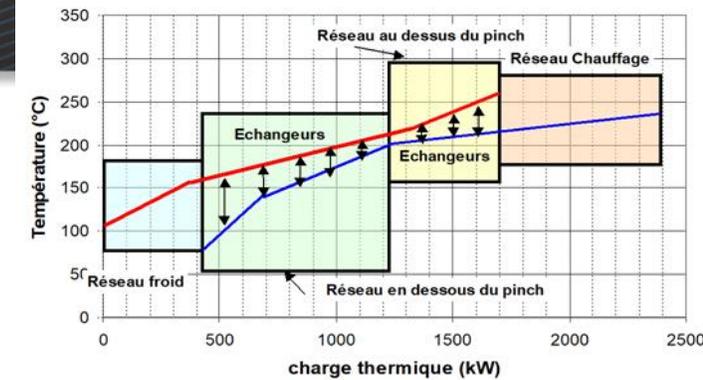
- Déperdition d'énergie thermique par un procédé/utilité industriel :
 - Un dégagement de chaleur
- Jusqu'à 80% de l'énergie est perdue



Que faire de la chaleur récupérée ?

- Une fois la source de chaleur caractérisée :
 - Privilégier une valorisation de la chaleur interne au procédé
 - La chaleur peut alors servir au préchauffage des produits ou des fluides entrants dans le procédé
 - Valoriser cette chaleur sur un procédé voisin ou au sein de l'usine
 - Privilégier les applications nécessitant un besoin régulier sur l'année par rapport à des solutions saisonnières
 - Un dispositif de stockage peut s'avérer intéressant (réservoir d'eau par exemple)

→ Dépend de la pérennité de la source de chaleur



Que faire de la chaleur récupérée ?

- Si aucun besoin en chaleur sur le site aux températures disponibles
 - La valorisation de la chaleur peut se faire sous une autre forme (mécanique ou électrique)
 - Ou nécessiter une modification du niveau de température de la source disponible (production de froid ou relève des températures)
- La recherche de pistes de valorisation peut s'étendre aux usines voisines ou à la collectivité
 - Exemple : réseau de chaleur urbain ou usine voisine consommatrice
 - Contrat à régler / aspects juridiques
 - Engagement plus fort de l'industriel

« L'efficacité énergétique passe par l'audit énergétique »

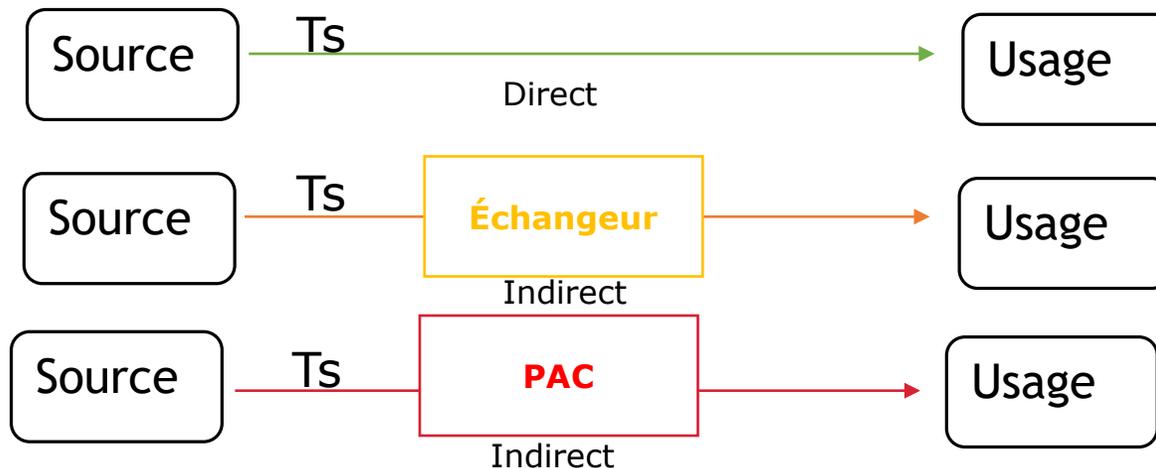
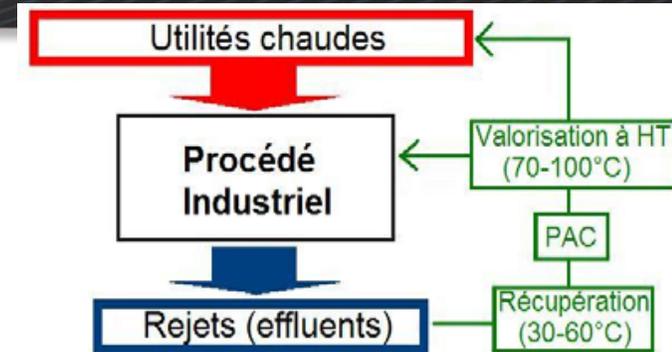
Comment récupérer la chaleur ?

- Détermination de la technologie adaptée

→ Dépend du fluide, de la température, des débits

→ **Transfert de Q chaleur** (direct, échangeurs, PAC, absorption, stockage...)

→ **Conversion d'énergie** (Q Chaleur => Méca/élec, turbine...)



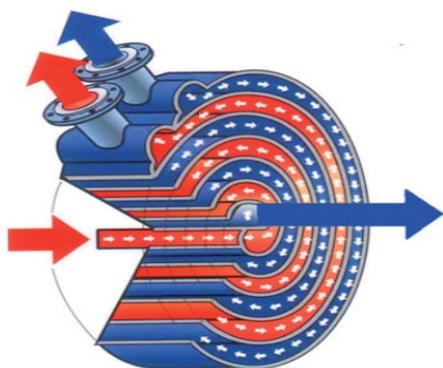
$T_u = T_s$ Toutes températures

$T_u < T_s$ Toutes températures

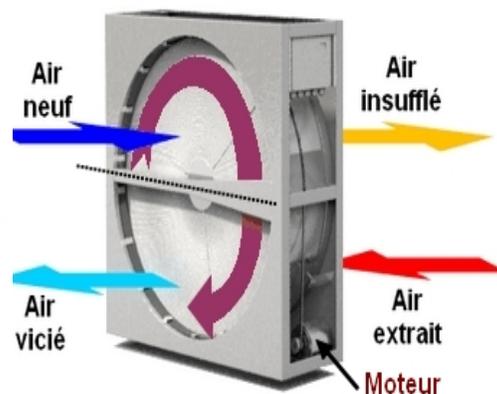
$T_u > T_s$ 100 °C

Technologies de valorisation

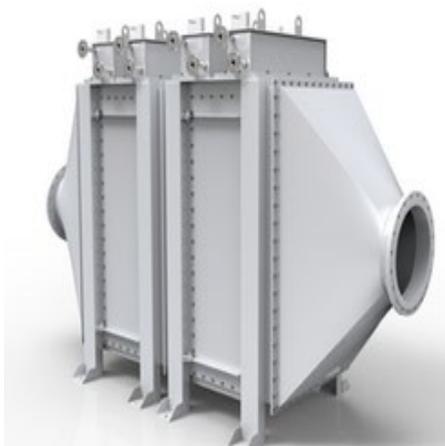
- Différences technologies d'échangeurs matures
 - Tubulaires, à plaques, échangeur rotatif, échangeur caloduc,
 - Matériaux inox ou en plastique, etc.
- Relève de température par PAC électrique ou à absorption
 - Niveau de température standard
 - Besoin à haute température (>80°C)



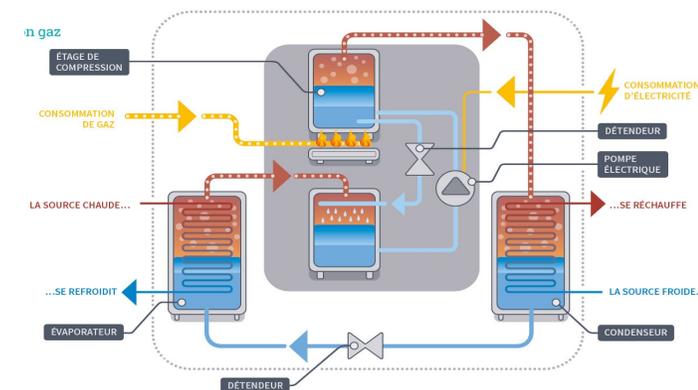
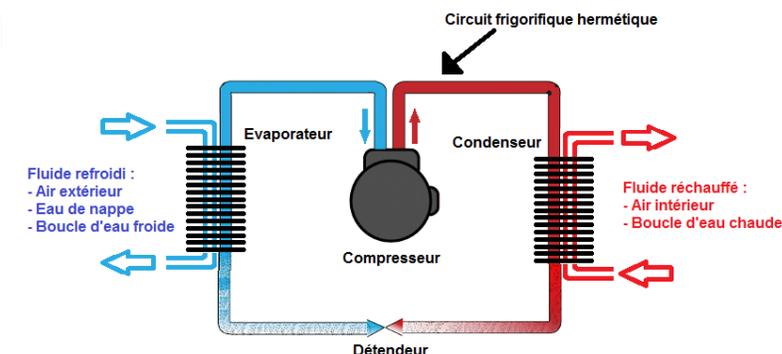
Alfa Laval



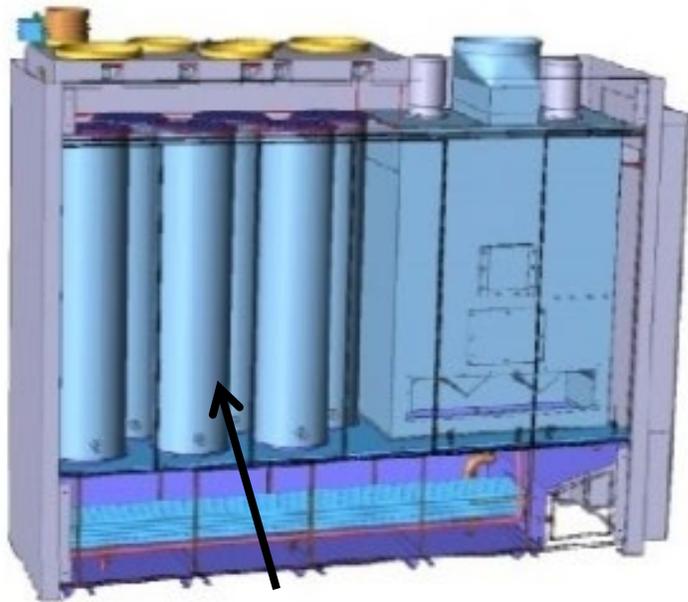
Trianon



Spirax Sarco



Exemple : échangeur tubulaire lisse ou aileté



tubes lisses



Température	60 à 900 °C
Débit	Jusqu'à 200 000 Nm ³ /h
Fluides	Effluents corrosifs, fumées, buées
Applications	Récupération de chaleur sur fours tunnel, à étages, à chariot & fours spéciaux (verre, briques.....), torrificateurs cuiseurs industriels, chaudières
Avantages	Récupération d'énergie optimale, système autonettoyant tirage régulé
Secteurs	Agroalimentaire, biscuiterie, boulangerie, pâtisserie
Distributeur France	Ecopôle

Application en boulangerie



Ecopôle

Allemagne :

- 11 Fours
- Ballon ECS 5000l
- 2 Ecoblocs : Récupération buées + gaz de combustion

Gains :

- Préparation produits
- Nettoyage
- ECS
- chauffage

TRI :

- 3 ans
- Très acceptable en Allemagne

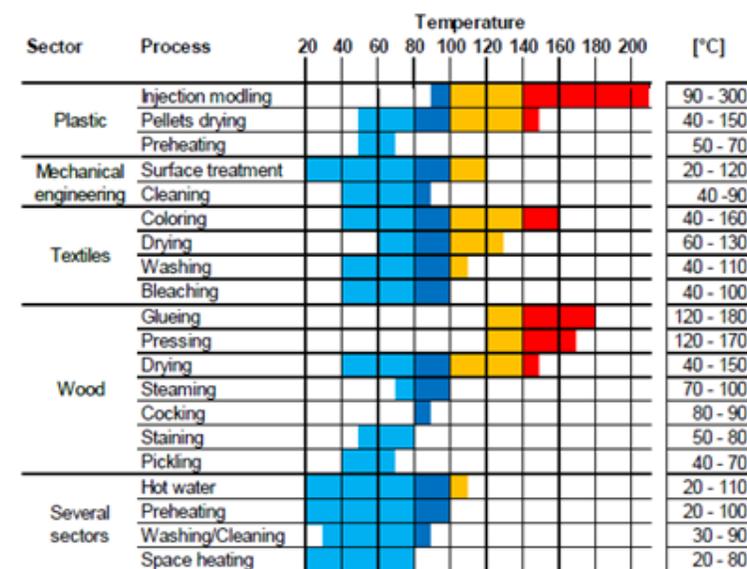
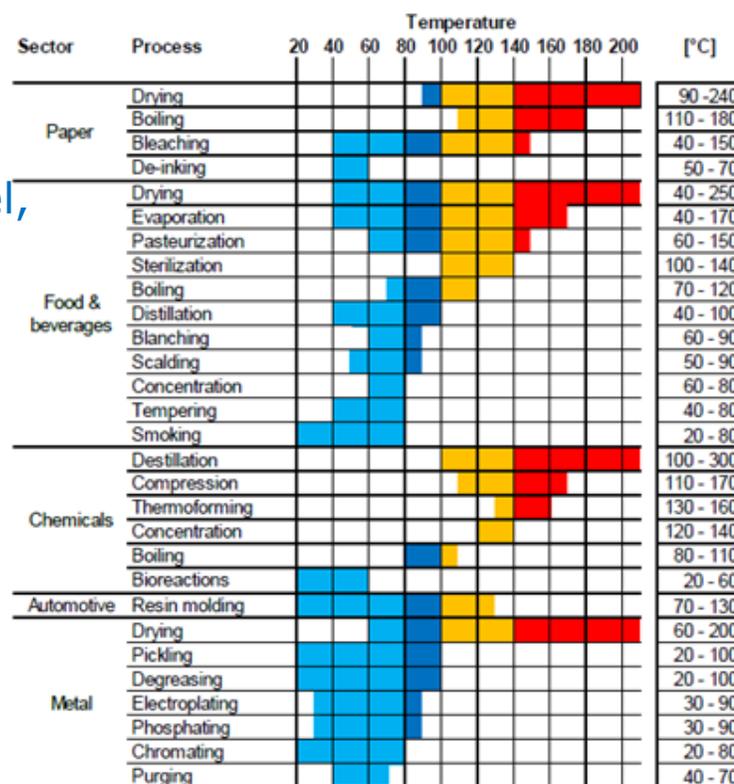
Le fait d'avoir 11 fours permet de se rapprocher d'un fonctionnement continu

Pompes à chaleur : usages industriels

Overview of processes in different industrial sectors Temperature levels and technology readiness level

EUROPEAN
HEAT PUMP
SUMMIT

État de l'art des besoins en chaleur, par secteur industriel, par niveau de T, par degré de maturité des PAC (standard, HT, THT)



Technology Readiness Level (TRL):

- conventional HP < 80°C, established in industry
- commercial available HP 80 - 100°C, key technology
- prototype status, technology development, HTHP 100 - 140°C
- laboratory research, functional models, proof of concept, VHTHP > 140°C

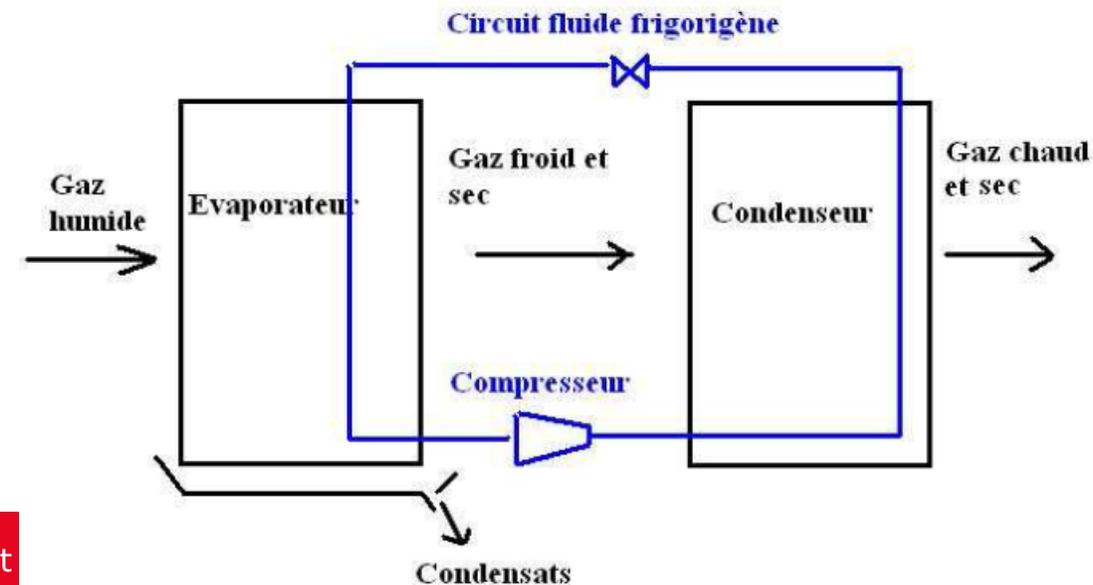
Data sources: Brunner et al. (2007), Hartl et al. (2015), IEA (2014), Kalogirou (2003), Lambauer et al. (2012), Lauterbach et al. (2012), Noack (2016), Ochsner (2015), Rieberer et al. (2015), Watanabe (2013), Weiss (2007, 2005), Wolf et al. (2014)



PAC standard sur sécheur industriel

- Entreprise Sodeleg, leader européen de la déshydratation des oignons (site Athies sous Laon – Aisne)
- Récupération de chaleur sur séchoirs industriels (T de 30-40°C, HR de 90%)
 - Gain sur la facture de gaz de 10%
 - Réduction des COVméthaniques (estimée à 20% par l'industriel)
- Valorisation : préchauffage de l'air de combustion des brûleurs (jusqu'à 48°C)
 - PACélec, fluide R134a, COP proche de 5
 - Investissement 1,3 M€
 - TRI estimé de 7 ans (activité saisonnière)
 - Installation en juillet 2019

Principe de fonctionnement



PAC HT/THT

- Un intérêt croissant porté sur le **procédé de séchage**
- Des références existantes en Europe :
 - Laiterie Arla Rinco, Danemark, PAC HT Hybride (Hybrid Energy)
 - Laiterie Frieslandcampina, Pays Bas, PAC HT élec (Johnson Controls)
 - Wienerberger, tuiles et briques, Autriche, PAC gaz abso (CNIM)
- Des projets HT/THT en cours :
 - Projet TRANSPAC / EDF R&D → opération de démonstration en cours en France sur séchoir papetier → $T_{visée} = 150^{\circ}\text{C}$
 - Projet européen DryF / Consortium AIT → opérations de démonstration en cours en Autriche sur séchoir de briques (Wienerberger) et séchoir d'amidon (Agrana Starke) → $T_{visée} = 150/160^{\circ}\text{C}$
 - Projet GEA Refrigeration → développement d'une solution intégrée de PAC HT permettant de récupérer l'énergie de condensation des buées d'atomiseur pour produire de l'air chaud de séchage

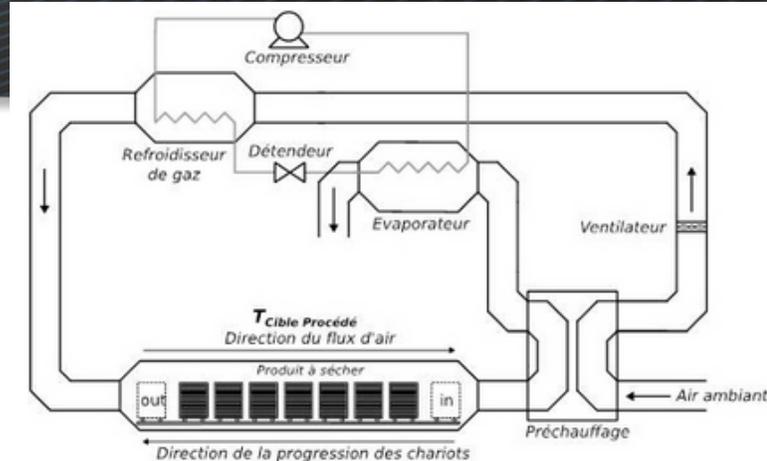


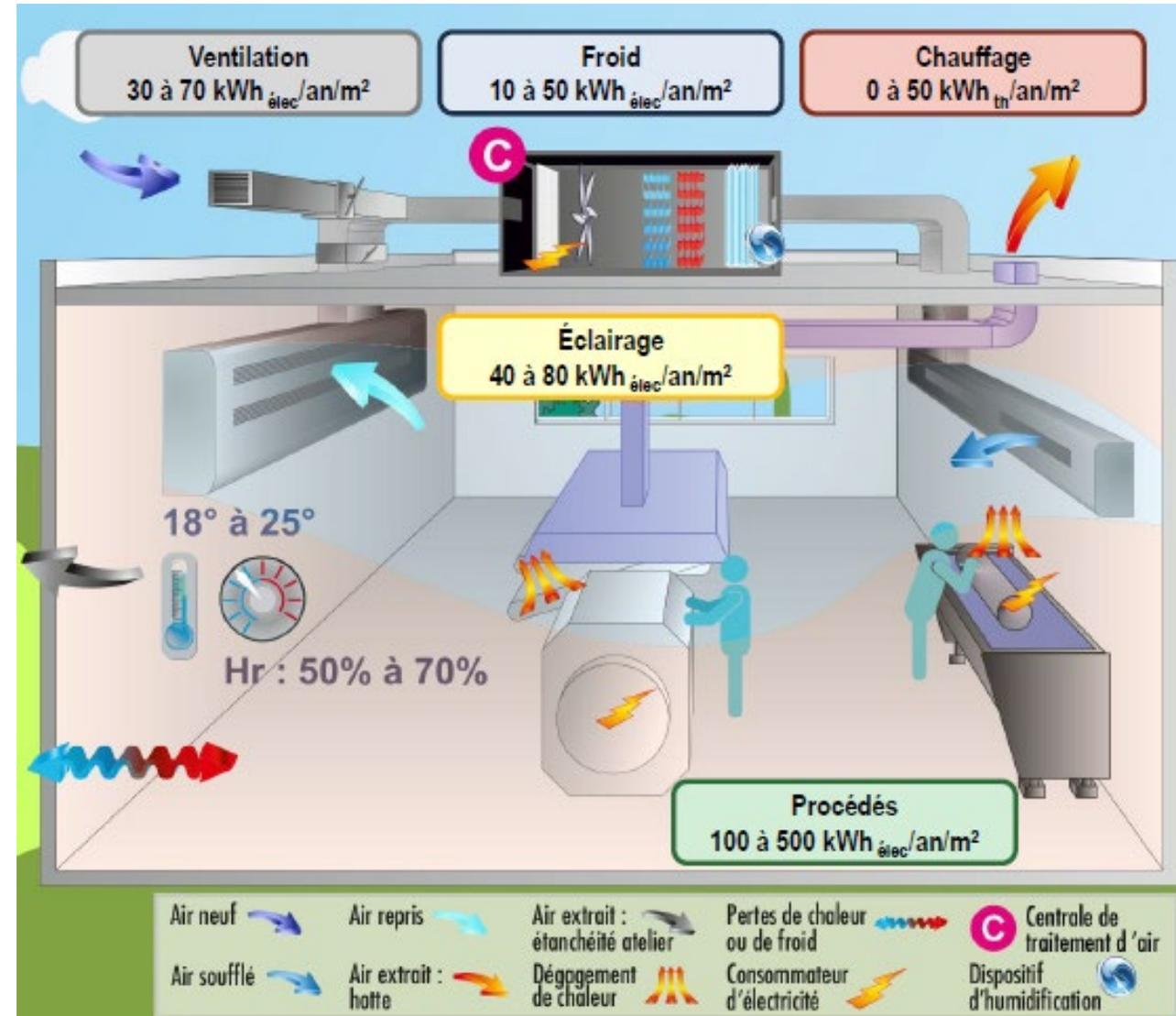
Illustration de l'intégration d'une PAC dans un procédé de séchage

Application HVAC

- Où récupérer ?
- Sur les systèmes frigorifiques
 - Désurchauffe, condenseurs, TAR
- Sur rejets à basse température
 - Eaux à l'égout
- Sur les compresseurs d'air
 - Air de refroidissement
- Sur les rejets d'air viciés ou de gaz brûlés
 - Centrale double flux

Schéma de principe d'un atelier conditionné en température et humidité

CETIAT/ENEA



Application HVAC

Exemples de préconisations

- Atelier filature textile
- T=20°C, HR 50%
- Diffusion d'air par CTA
- Filtration spécifique pour les poussières



CETIAT - édition 2012

Nature	Piste d'amélioration	Gains estimés sur IPE global	Coûts
1. Poste production de froid : free-cooling	Mise en place d'un système de régulation privilégiant le conditionnement d'air en mode free-cooling	Gain : 4 à 8%	Mise en place d'une régulation asservie à la température extérieure : 5 à 10 k€
2. Poste éclairage	Optimisation de l'usage de l'éclairage notamment par la mise en place (partielle) de détection de présence	Gain de 2 à 5 %	Re-câblage et adaptation des luminaires . Mise en place de cellules de détection : de 30 à 60 k€
3. Poste ventilation CTA	Optimisation de la diffusion d'air dans l'atelier : Captage, reprise soufflage.	Gain : 2 à 4 %	L'optimisation de la ventilation doit être prévue dès la conception de l'atelier
4. Motorisation	Achat de motorisations et d'équipements électriques haute efficacité	Gain : 2 % (si tout le parc moteurs est renouvelé)	L'achat de moteurs performants entraîne un surcoût de 15 à 25%. Ce surcoût est généralement très vite amorti (< 1an environ)
5. Poste production de froid : HP flottante	Mise en œuvre HP flottante sur équipement(s) groupe(s) froid	Gain : 2 % environ	Mise en place d'un dispositif de régulation HP : 5 à 10 k€

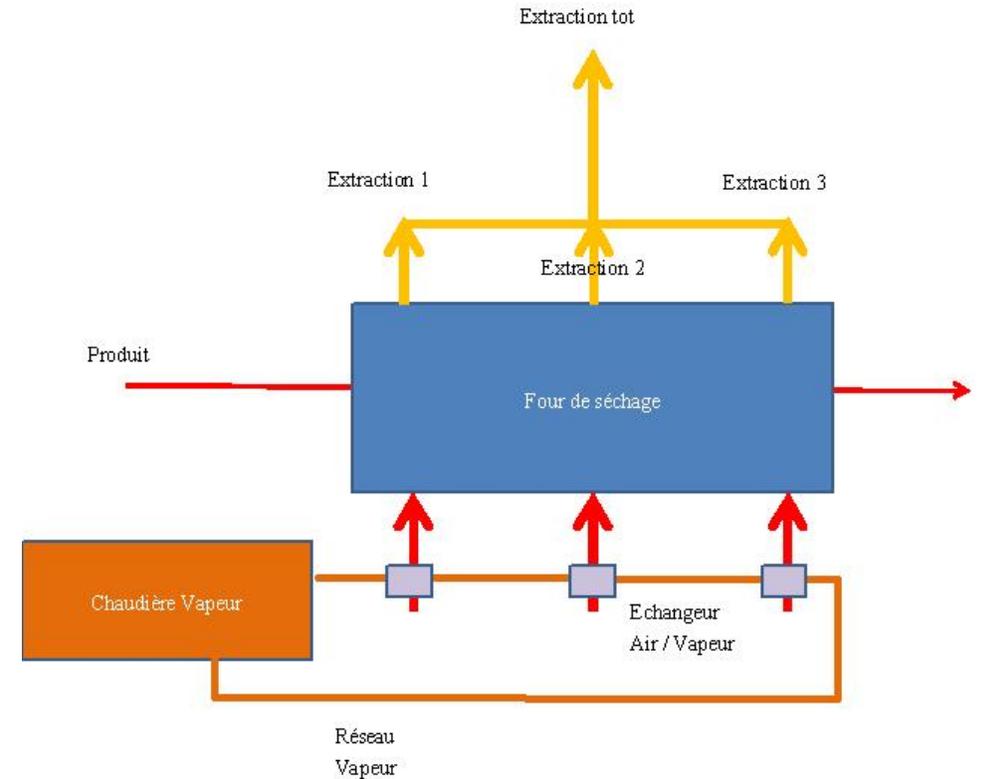
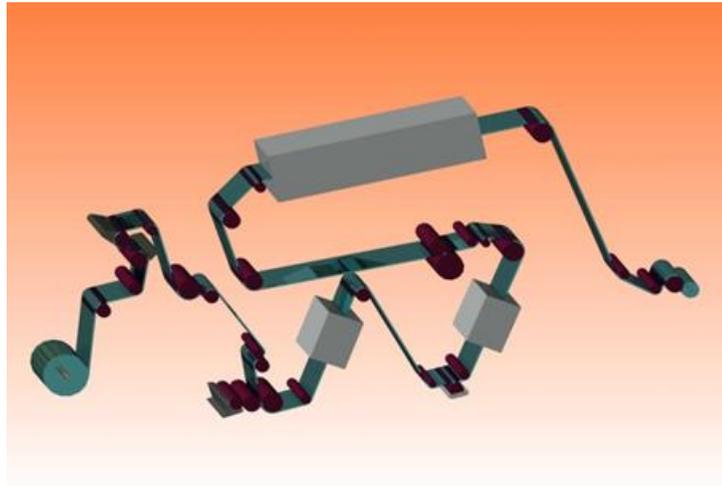
Application HVAC

- Pour cet industriel :
 - Amélioration des performances des équipements de chauffage et de ventilation de ses ateliers conditionnés en température et en hygrométrie
 - Récupération d'énergie fatale issue des équipements des ateliers / gain énergétique de 7%
 - L'amélioration du confort des salariés
- Pour aller plus loin :

<https://www.ademe.fr/premiere-demarche-categorisation-ateliers-industriels-performance-energetique>

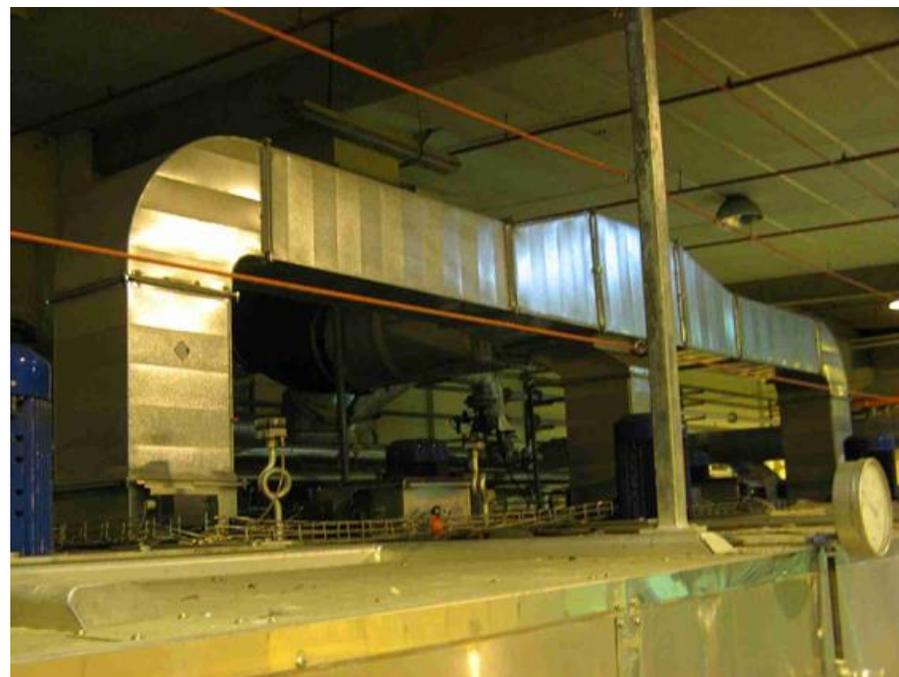
Application procédés

- Entreprise secteur industrie plastique - encollage
 - Four de séchage de films plastiques enduits de colle
 - Production d'air chaud par échangeur vapeur/air via une chaudière
 - Extraction extérieure





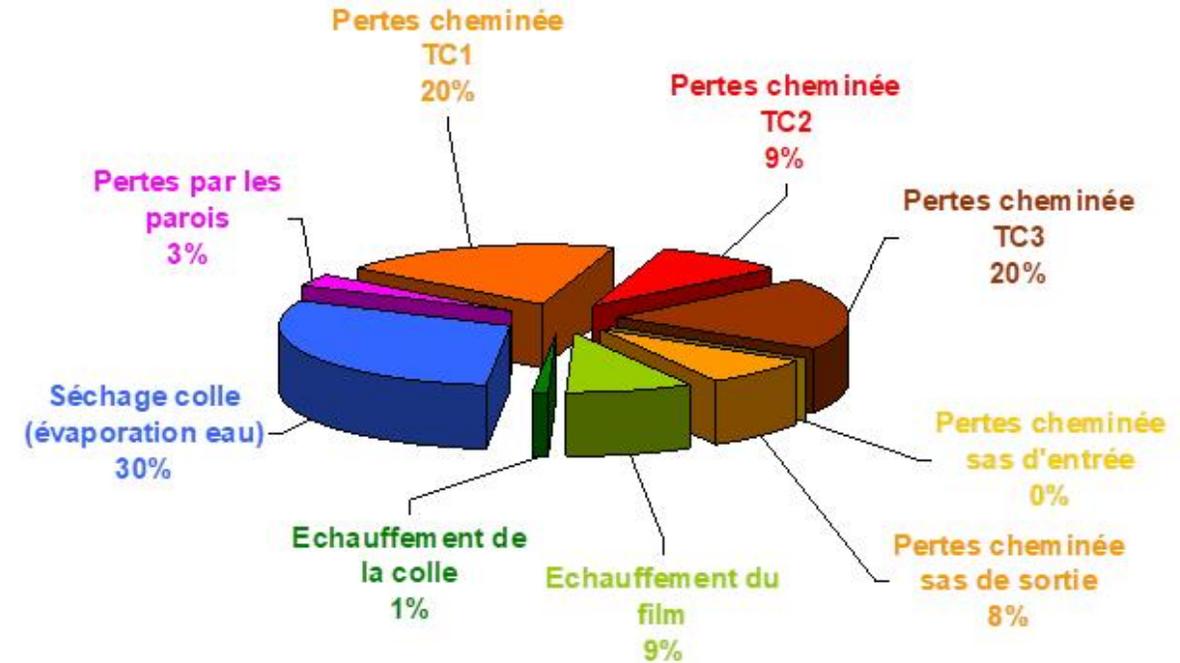
Vue d'ensemble



Conduits d'extraction

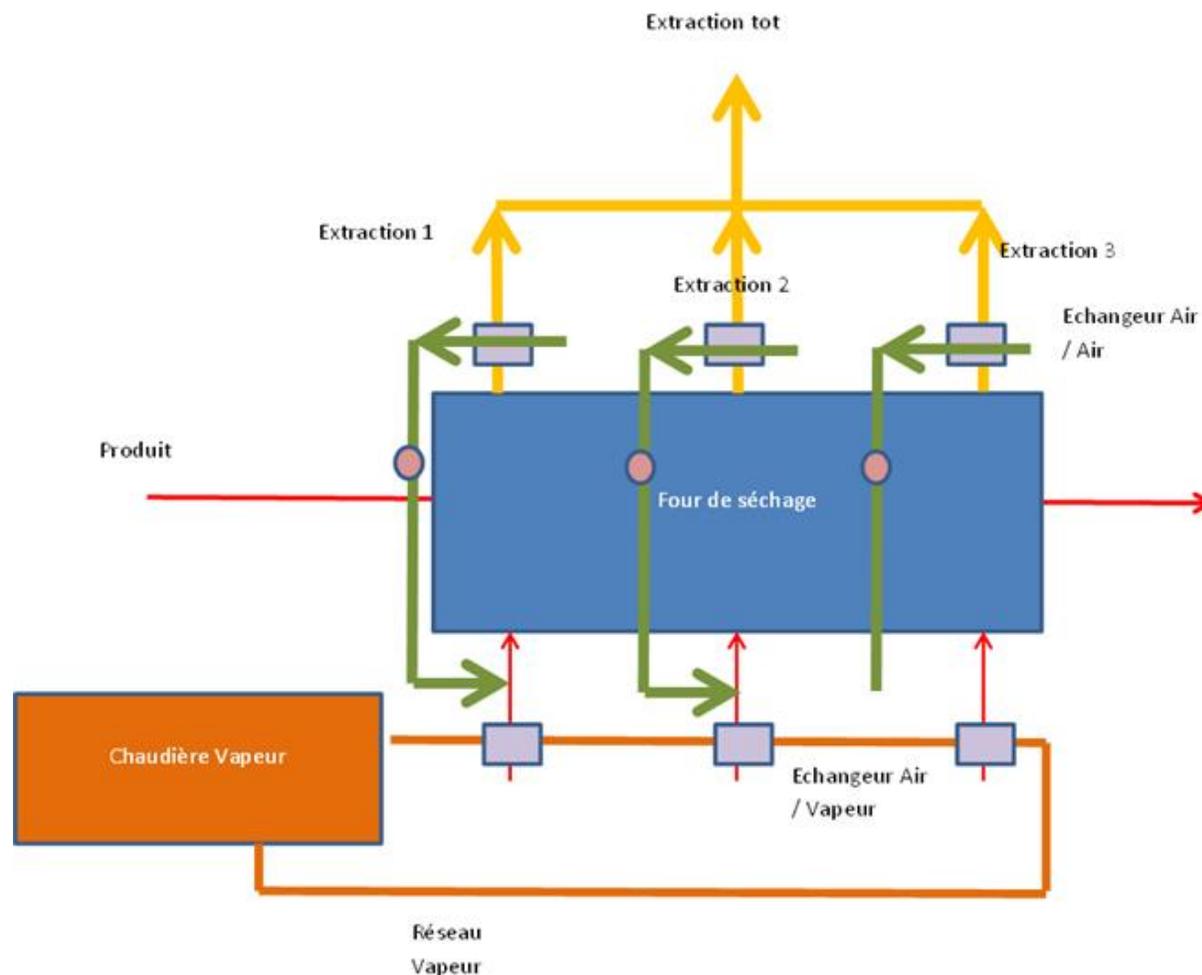
Démarche de l'audit

- Bilan thermique du séchoir, sur différents produits
- Actif : apport d'énergie au séchoir
 - Énergie électrique consommée (ventilateurs)
 - Énergie thermique consommée (vapeur)
- Passif :
 - Échauffement et séchage de la colle
 - Échauffement du film
 - Pertes (cheminées, parois, sas entrée et sortie)



Piste d'amélioration

- Récupération sur l'air extrait pour préchauffage de l'air neuf
 - → Gain sur la consommation de vapeur
- Investissement : échangeur à plaques à courants croisés + ventilateur d'admission d'air



Gains énergétiques et financiers

- Investissement de 24 k€
- Immobilisation séchoir : 2 j
- Gains énergétiques sur le séchoir de 30 %
- Temps de retour de 18 mois



La récupération de chaleur

Enjeux

- Potentiel de chaleur et gains énergétiques importants
- Réduction facture et émissions CO2
- TRI spécifique selon les situations
- Décarbonation du site industriel

Intérêts/ contraintes

- Optimiser le process puis récupérer !
- Valorisation interne (chauffage, ECS) et externe
- Technologies matures et en développement
- Gestion de l'encrassement et des condensats au cas par cas

Leviers

- Intégration dès la conception
- Financement : CEE, Fonds Chaleur, Plan de relance, etc.
- Supervision et comptage : suivi IPE en kWh/t
- Maintenance régulière

Merci de votre participation

Jean-François LUCAS

jean-francois.lucas@cetiat.fr



Domaine scientifique de la Doua
25 avenue des Arts – BP 52042
69603 VILLEURBANNE CEDEX - FRANCE

Mail : information@cetiat.fr

Tél : 04 72 44 49 00

Fax : 04 72 44 49 49

www.cetiat.fr

CETIAT
ensemble, innover et valider