

## Notes techniques

# RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE: ÉVALUATION D'UN ÉCHANGEUR À PLAQUES

Les récupérateurs d'énergie permettent de limiter les coûts de fonctionnement des ventilations associées aux systèmes de captage à la source. Second d'une série consacrée à ces équipements, cet article montre l'intérêt technico-économique d'un échangeur à plaques.

ROLAND  
RAPP  
INRS,  
département  
Ingénierie des  
procédés

**F**ace aux atmosphères polluées par des produits dangereux utilisés dans les locaux de production, le captage à la source constitue bien souvent la meilleure solution pour préserver la santé des salariés. L'efficacité du captage et le confort thermique des salariés nécessitent alors que l'air extrait soit compensé par un apport équivalent en air extérieur, chauffé en hiver et éventuellement rafraîchi en été. Problème: ces installations sont très énergivores. La question du coût doit-elle pour autant rester un frein au déploiement de ces dispositifs? La réponse est non. Plusieurs technologies permettent aujourd'hui de récupérer une partie de l'énergie consommée en vue de réduire les frais de fonctionnement par rapport à une installation classique et, ainsi, d'amortir l'investissement de départ.

Afin de convaincre de l'intérêt de tels équipements, *Hygiène et sécurité du travail* propose une série d'articles détaillant les technologies disponibles et leurs avantages socio-économiques. Après avoir démontré l'intérêt des échangeurs à deux batteries et à circulation d'un mélange eau-glycol (Cf. HST n°234, mars 2014), la revue s'intéresse dans ce numéro aux échangeurs à plaques (Cf. Encadré 1). Les performances de ce type de récupérateur d'énergie ont été évaluées à partir d'une étude conduite en 2011 dans un atelier de plasturgie de la région Bretagne. Celui-ci compte une dizaine de presses permettant d'assurer une production d'environ 3000 T de produits finis par an. Afin de capter au plus près de la source les composés issus de dégradations thermiques des matériaux plastiques, et ainsi d'assainir l'ambiance aux postes de travail,

### RÉSUMÉ

Le recours à des systèmes de captage à la source est la seule solution qui permette de préserver la santé des salariés exposés à des produits dangereux. L'air ainsi extrait doit toutefois être compensé par des systèmes de

ventilation très énergivores. Les surcoûts ainsi générés peuvent néanmoins être compensés par l'installation de récupérateurs d'énergie. Plusieurs technologies sont aujourd'hui disponibles, dont l'échangeur à plaques.

Une évaluation menée sur ce dispositif dans un atelier de plasturgie montre ainsi que les économies réalisées peuvent atteindre 4 500 € par an. Dans ce cas, le retour sur investissement est compris entre 2 et 5 ans.

### *Energy recovery: evaluating a plate heat exchanger*

*Using systems for collecting hazardous substances at source is the only solution that makes it possible to preserve the health of workers exposed to such substances. Unfortunately, the air extracted in this way must be compensated for by*

*energy-guzzling ventilation systems. However, the resulting extra costs may be offset by installing energy recovery units. Various technologies are available today, including the technology constituted by a plate heat exchanger.*

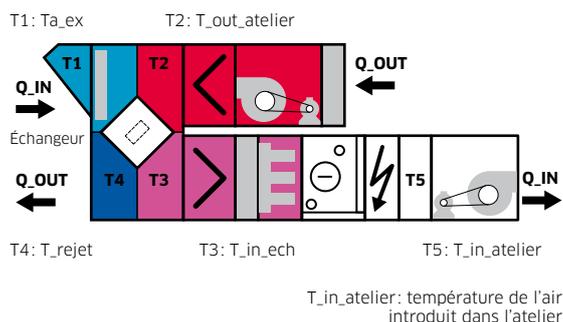
*An evaluation of such a system conducted in a plastics engineering workshop thus shows that the resulting savings can reach €4,500 per year. This means that such systems can pay for themselves within 2 to 5 years.*

l'entreprise a modernisé en 2006 son installation de ventilation et l'a dotée d'un récupérateur de chaleur à plaques. Les captages localisés (hottes et encoffrements) sont installés sur chacune des presses et sont reliés par des gaines de ventilation au groupe d'extraction à débit variable. Celui-ci est ajusté en fonction du nombre de lignes en fonctionnement, avec un débit maximum d'environ 16 500 m<sup>3</sup>/h.

### Une pompe à chaleur air/eau

Le réseau d'introduction d'air, constitué d'un groupe de ventilation et de deux gaines à diffusion basse vitesse placées au plafond, permet de compenser l'air extrait en maintenant l'atelier en surpression par rapport à l'extérieur (Cf. Figure 1). Le débit maximum théorique est de 20 000 m<sup>3</sup>/h.

Le conditionnement (ajustement à la bonne valeur) en température de l'air introduit dans l'atelier est réalisé avec une pompe à chaleur air/eau (PAC) à fonctionnement réversible délivrant du froid en été et du chaud en hiver. Une résistance de chauffage additionnelle de 24 kW est prévue pour les



↑ FIGURE 1 Centrale de traitement de l'air.

conditions hivernales extrêmes. Enfin, le préchauffage est réalisé grâce à un récupérateur de chaleur. Il s'agit d'un échangeur à plaques et à flux croisés constitué d'un réseau de 2x85 veines d'air. Chaque plaque a une dimension d'environ 1 m x 1 m. La largeur totale de l'échangeur est de 1,6 m.

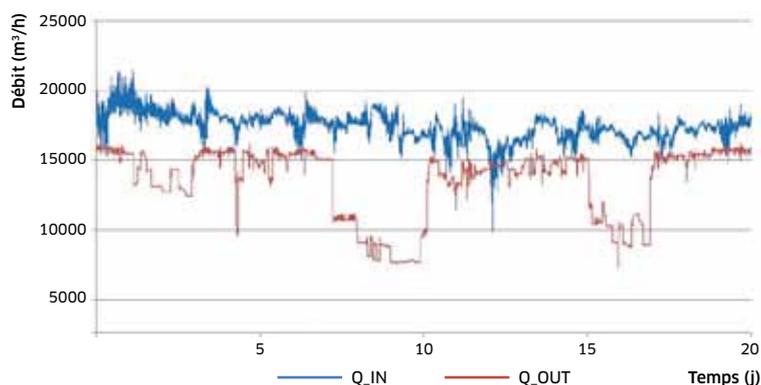
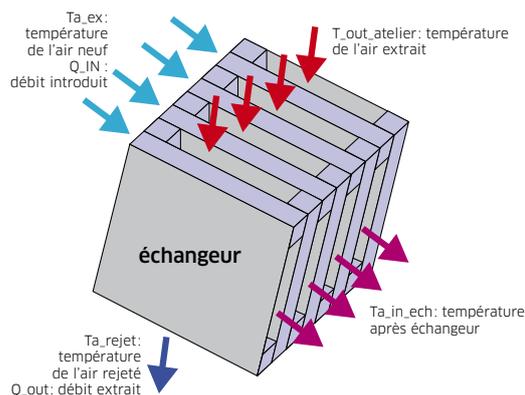
Comment interagissent tous ces éléments entre eux? En hiver, lorsque l'air introduit dans le local a besoin d'être chauffé, la PAC fonctionne en mode chauffage et tout ou partie de l'air extrait passe à travers l'échangeur avant d'être rejeté à l'extérieur. La proportion du débit extrait transitant *via* l'échangeur est ajustée en permanence de façon à ce que la température de préchauffage de l'air introduit ( $T_{in\_ech}$ ) soit au plus proche de la température de consigne. Dans ce cas, la récupération d'énergie est optimale.

Durant l'été, c'est l'inverse. Tout l'air extrait est directement rejeté à l'extérieur, sans passer par l'échangeur. Un conditionnement correct

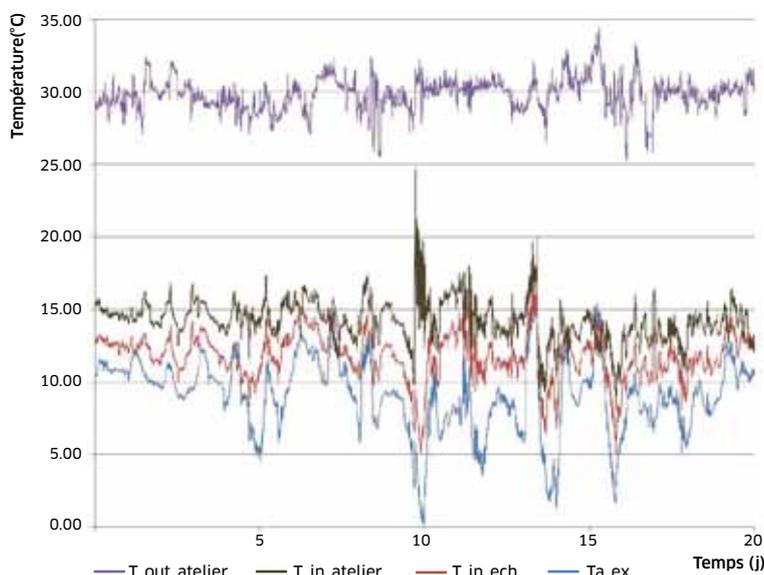
#### ENCADRÉ 1

### PRINCIPE DE L'ÉCHANGEUR À PLAQUES

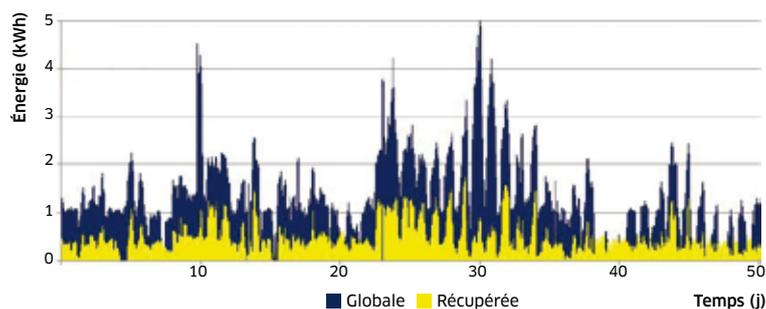
Un échangeur à plaques est constitué d'un assemblage de plaques séparées les unes des autres par un espace de faible épaisseur (quelques mm). Le réseau ainsi constitué est parcouru pour moitié, d'un côté des plaques, par l'air extrait et pour l'autre moitié, de l'autre côté des plaques, par l'air introduit. L'air extrait passant dans l'échangeur transmet de la chaleur aux plaques qui restituent de l'énergie à l'air neuf.



↑ FIGURE 2 Évolution des débits en fonction du temps.



↑ FIGURE 3 Évolution des températures en fonction du temps.



↑ FIGURE 4 Évolution de l'énergie en fonction du temps.

E (KWH SUR 50 JOURS)	CHAUFFAGE	REFROIDISSEMENT	TOTAL
Besoins globaux	33 759	- 1 755	35 514
Récupérateur à plaques	17 732	- 14	17 746
Conditionnement additionnel	16 027	- 1 741	17 768

↑ TABLEAU 1 Consommation énergétique du dispositif.

de la température de l'air introduit est assuré par la PAC qui passe automatiquement en mode refroidissement.

Les mesures visant à évaluer le système de récupération d'énergie ont été réalisées au mois de février et de mars, sur une période continue de 50 jours. L'évolution dans le temps des débits d'introduction  $Q_{IN}$  et d'extraction  $Q_{OUT}$  est donnée sur la Figure 2. Celle des températures est donnée sur la Figure 3. La période retenue est représentative des observations enregistrées durant la campagne de mesures. Ces mesures ont servi à calculer l'évolution de l'énergie récupérée et restituée par l'échangeur à l'air entrant, par rapport à l'énergie globale nécessaire pour assurer le conditionnement de l'air neuf à la bonne température (Cf. Figure 4).

### POUR EN SAVOIR +

- Note technique « Récupération d'énergie: évaluation d'un échangeur à batteries et à circulation d'un mélange eau-glycol », HST n°234, janvier-février-mars 2014.

Les résultats des intégrations dans le temps des différentes énergies sont résumés dans le Tableau 1. Que peut-on déduire de ces résultats? Sur la durée d'observation de 50 jours, la température de l'air extérieur a évolué entre 0 et 24°C, pour une valeur moyenne de 9,4°C. Si, la plupart du temps, l'air a dû être chauffé avant d'être introduit dans le local, la PAC a également fonctionné en froid durant de courtes périodes. L'énergie nécessaire pour conditionner l'air prélevé à l'extérieur avant de l'introduire dans le local est d'environ 35500 kWh.

La moitié de cette énergie (environ 17700 kWh) est apportée par l'échangeur à plaques, le complément étant fourni pour l'essentiel par la pompe à chaleur.

Sur la même période d'observation, la consommation globale en électricité pour assurer le fonctionnement intégral de toute l'installation de traitement de l'air se monte à 16500 kWh. La performance énergétique de l'installation peut être estimée en faisant le rapport entre l'énergie restituée du point de vue thermique et la consommation en électricité: ce rapport est ici de 2,15.

Sur la base d'une émission de 0,013 kg de carbone pour 1 kWh d'électricité fourni, le récupérateur de chaleur a également permis de réduire les émissions de carbone de 230 kg durant les 50 jours d'observation ou de 840 kg équivalent de  $CO_2$ , soit environ 17 kg/jour.

D'un point de vue économique, le montant global de l'investissement initialement réalisé se monte à 161000€HT. L'installation de ventilation, hors captages et conduits d'extraction, est quant à elle évaluée à 132000 €, dont 14000 € correspondent à la partie récupération d'énergie (valeurs pour l'année 2011). Le montant d'une installation sans récupérateur permettant d'assurer le conditionnement correct de l'air entrant (résistance de chauffage additionnel et PAC plus puissante) serait de 124000 € (toujours hors captages et conduits d'extraction).

Le surcout dû au récupérateur n'est donc que d'environ 8000 €, soit 5% de l'investissement initial. En hiver, l'échangeur permet de récupérer de 350 à 400 kWh par jour de fonctionnement. Sur la base du tarif kWh hiver de l'entreprise (en moyenne 0,059 €), et en supposant que le chauffage se fait uniquement par les résistances électriques, l'économie réalisée est comprise entre 3000 et 4500€ par an. Si le chauffage est entièrement assuré par une PAC ayant un coefficient de performance de 2,6, l'économie annuelle est de l'ordre de 1500€. Aucun entretien particulier n'étant effectué sur l'échangeur, les frais de fonctionnement liés au récupérateur sont négligeables. Dans tous les cas, le retour sur investissement est compris entre 2 et 5 ans. ●

*Travaux réalisés en concertation avec les services Prévention et les Centres de Mesures Physiques des Carsat Bretagne, Alsace-Moselle, Auvergne, Bourgogne Franche-Comté, Centre-Ouest, Nord-Picardie, Nord-Est et la Cramif.*

### Erratum

Suite à une erreur d'impression, la dernière ligne de l'article « Récupération d'énergie: évaluation d'un échangeur à batteries et à circulation d'un mélange eau-glycol », HST n°234, janvier-février-mars 2014, a été coupée. Il fallait lire « ... le retour sur investissement est donc compris entre 4 et 6 ans. »