

Notes techniques

RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE: ÉVALUATION D'UN ÉCHANGEUR À BATTERIES ET À CIRCULATION D'UN MÉLANGE EAU-GLYCOL

Les récupérateurs d'énergie permettent de limiter les coûts de fonctionnement des ventilations associés aux systèmes de captage à la source. Premier d'une série consacrée à ces équipements, cet article montre l'intérêt technico-économique d'un échangeur à deux batteries et à circulation d'un mélange eau-glycol.

ROLAND RAPP
INRS,
département
Ingénierie des
procédés

Face aux atmosphères polluées par des produits dangereux utilisés dans les locaux de production, le captage à la source constitue bien souvent la seule 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 minimiser les frais de fonctionnement par rapport à une installation classique et ainsi, d'amor-

tir l'investissement de départ. Afin de convaincre de l'intérêt de tels équipements, *Hygiène et sécurité du travail* commence dans ce numéro la publication d'une série d'articles détaillant les technologies disponibles et leurs avantages socio-économiques. Le premier traite des systèmes de récupération d'énergie comprenant un échangeur à deux batteries et à circulation d'un mélange eau/glycol (Cf. Encadré). Les performances du récupérateur d'énergie ont été évaluées à partir d'une étude conduite en 2012 dans un laboratoire d'anatomo-pathologie. Le personnel travaillant dans les zones protégées contre les risques biologiques, d'une surface d'environ 175m², est potentiellement exposé à différents produits nocifs pour la santé (aldéhyde formique, alcool éthylique...). Afin d'en limiter les effets, les

RÉSUMÉ

Le recours à des systèmes de captage à la source est bien souvent 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 batteries et à circulation d'un mélange

eau-glycol. Une évaluation de ce dispositif menée dans un laboratoire d'anatomo-pathologie montre ainsi que les économies réalisées peuvent atteindre 2 000 € par an. Dans ce cas, le retour sur investissement est compris entre 4 et 6 ans.

Energy recuperation: evaluation of a battery heat exchanger using circulation of a water and glycol mixture

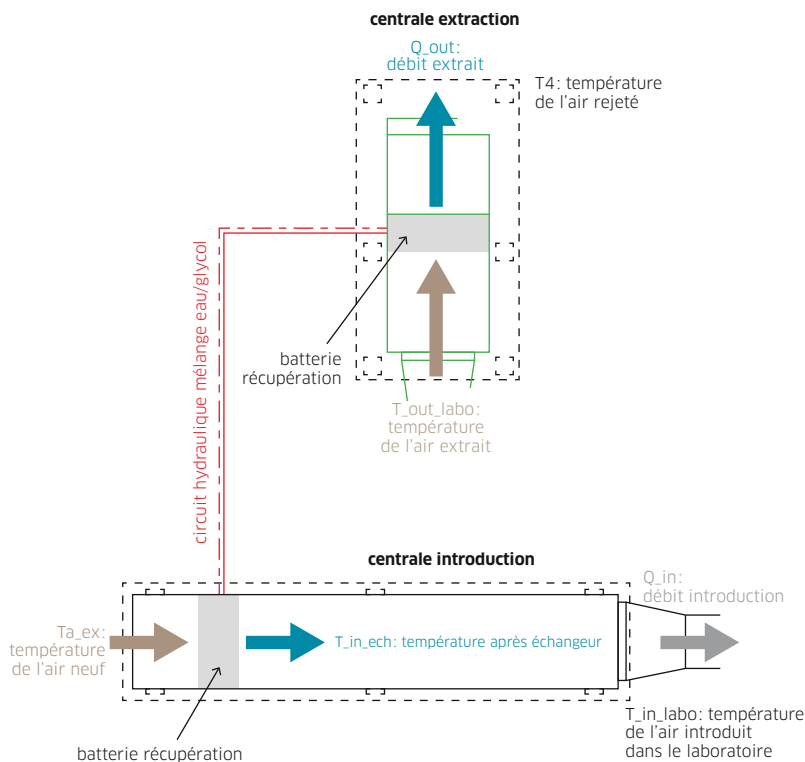
Using systems for collecting hazardous substances at source is very often the only solution that makes it possible to preserve the health of workers exposed to such substances. Unfortunately, the air extracted in this way must be compensated for by energy-guzzling

ventilation systems. However, the resulting extra costs may be offset by installing energy recuperators. Various technologies are available today, including the technology constituted by a heat exchanger having batteries and using circulation of a water and

glycol mixture. An evaluation of such a system conducted in an anatomical pathology laboratory thus shows that the resulting savings can reach 2,000 euros per year. This means that such systems can pay for themselves within 4 to 6 years.

ENCADRÉ

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN RÉCUPÉRATEUR À BATTERIES ET À CIRCULATION D'UN MÉLANGE EAU/GLYCOL



La batterie à ailettes permet un transfert thermique entre l'air passant au travers de la batterie et le fluide circulant au travers d'un réseau de tubes internes à la batterie sur lesquels sont fixées des surfaces métalliques, les ailettes. En hiver, la batterie montée dans le caisson d'extraction refroidit l'air rejeté ($T_4 < T_{OUT_Labo}$) et réchauffe le fluide caloporteur ; l'énergie ainsi récupérée est transmise à l'air ambiant transitant au travers de la batterie montée dans le caisson d'introduction ; la température de l'air augmente ($T_{IN_ECH} > T_{a_ex}$), celle du fluide diminue. En été, les flux de chaleur sont inversés ; l'air introduit est donc refroidi ($T_{IN_ECH} < T_{a_ex}$), l'air extrait est réchauffé ($T_4 > T_{OUT_Labo}$)

postes de travail à pollution spécifique sont pourvus de captages localisés, avec compensation mécanique du débit extrait.

Les différents types de captages (sas ventilé, table ventilée, hotte, armoire ventilée...) sont équipés de dispositifs de régulation du débit de ventilation. Tous sont reliés à un groupe d'extraction dont la régulation est à pression constante. La compensation de l'air extrait est assurée par un apport d'air neuf distribué à travers des grilles perforées placées au plafond.

Le dispositif de récupération d'énergie comporte deux batteries à ailettes à circulation forcée, l'une à refroidissement d'air, l'autre à réchauffement d'air. La première est installée dans la centrale d'extraction, la seconde est placée à l'entrée de la centrale d'introduction, juste après les filtres. Ces deux batteries sont reliées entre elles par un réseau hydraulique dans lequel circule un fluide constitué d'un mélange d'eau et de glycol à 30%. Un circulateur et des dispositifs de régulation (vannes, sondes...) assurent le fonctionnement de l'ensemble. La section de passage dans la veine d'air est d'environ 1 m^2 .

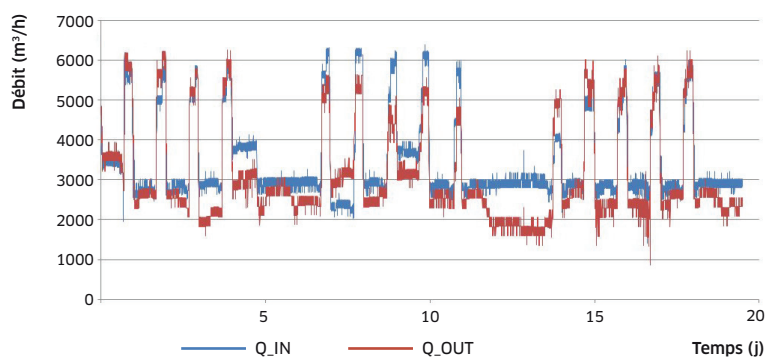
La centrale de conditionnement de l'air neuf comporte également deux autres batteries à ailettes. La première, à réchauffement d'air, est raccordée

au circuit chauffage de l'immeuble assuré par deux chaudières gaz. La seconde, à refroidissement d'air, est alimentée en eau glacée (pompe à chaleur air/eau). Toutes deux assurent un conditionnement correct de l'air introduit dans le laboratoire à la température T_{IN_Labo} .

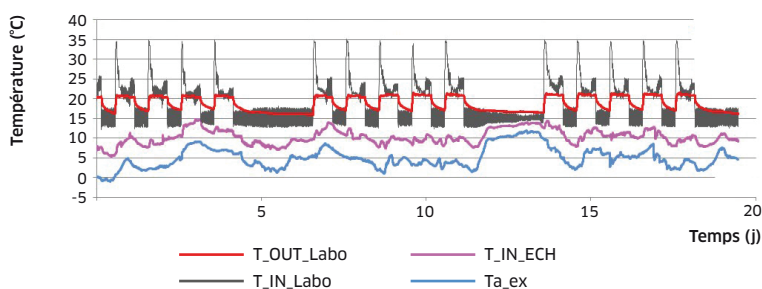
Deux modes de fonctionnement sont possibles pour cette installation de ventilation. Le premier est activé lorsque le poste de travail est occupé. Le débit extrait atteint alors sa valeur maximale, la compensation est automatiquement ajustée tout en conservant le local en dépression. La température de l'air introduit dans le local est d'environ 20°C . Le second mode de fonctionnement est utilisé en dehors des heures d'occupation. Dans ce cas, les débits requis sont réduits ou nuls pour certains captages. Et en période hivernale, la température de consigne est ramenée à 16°C .

En fonctionnement normal, le débit total d'extraction prévu est d'environ $7200 \text{ m}^3/\text{h}$ avec un débit de compensation de $6500 \text{ m}^3/\text{h}$. En fonctionnement réduit, les débits théoriques extraits et de compensation sont respectivement de 2200 et $1500 \text{ m}^3/\text{h}$. Afin d'évaluer l'efficacité du système de récupération d'énergie, des mesures de débit, de température, d'humidité et de consommation électrique ont été enregistrées sur 100 jours en période froide.

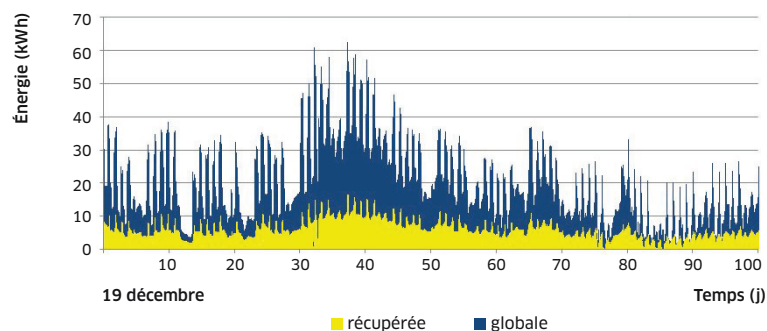




↑ FIGURE 1 Évolution des débits en fonction du temps.



↑ FIGURE 2 Évolution des températures en fonction du temps.



↑ FIGURE 3 Évolution de l'énergie en fonction du temps.

Au cours de cette période, la température extérieure T_{a_ex} était de 4,8°C en moyenne, avec un minimum à -14,2°C et un maximum à 22,6°C. L'évolution dans le temps des débits d'introduction Q_{IN} et d'extraction Q_{OUT} est donnée sur la Figure 1. La période retenue est représentative des débits observés durant la campagne de mesures.

L'évolution dans le temps (sur la même période que pour les débits) de la température extérieure T_{a_ex} ,

de la température en sortie de la batterie de récupération coté introduction T_{IN_ECH} , de l'air injecté dans le réseau T_{IN_Labo} et de la température de l'air extrait du laboratoire T_{OUT_Labo} est donnée sur la Figure 2. Sur la période globale des mesures, la consommation journalière en électricité de l'installation hors groupe eau glacée est de l'ordre de 65 kWh/jour.

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 est donnée sur la Figure 3.

L'efficacité énergétique du récupérateur est donnée par le rapport entre l'énergie restituée du point de vue thermique coté introduction et la consommation globale en énergie nécessaire pour assurer un conditionnement correct de l'air entrant dans le laboratoire. L'efficacité énergétique de l'installation est calculée sur le même principe. Elle prend en compte toutes les énergies nécessaires pour assurer en plus du conditionnement de l'air le fonctionnement de l'installation. Le Tableau 1 précise les différentes énergies évaluées sur la période des mesures.

Que peut-on conclure de ces résultats? L'efficacité énergétique du récupérateur est de l'ordre de 36%. Avec une consommation électrique de 6560 kWh, l'efficacité énergétique de l'installation est voisine de 32%. Cette valeur est toutefois légèrement surestimée, l'énergie consommée par le groupe froid, les pertes en ligne et l'alimentation électrique nécessaire aux pompes chauffage n'ayant pas été prises en compte.

Sur la base d'une émission de 0,065 kg de carbone pour 1 kWh d'énergie obtenue par la combustion de gaz naturel en France, le récupérateur de chaleur a permis de réduire les émissions de carbone de près de 1100 kg sur la période des mesures considérée, soit pratiquement plus de 10 kg de carbone par jour. L'investissement réalisé en 2010 s'élève à 380000 € HT pour le lot chauffage - ventilation du bâtiment. Le coût de la partie récupérateur (caissons avec les deux batteries, pompe, tuyaux calorifugés, installation électrique, glycol, installation et main d'œuvre) se chiffre à 8300 €. Le surcout dû au récupérateur représente donc moins de 3% de l'investissement initial.

Sur une année complète, l'échangeur permet de récupérer environ 150 kWh (en chaud ou en froid) par jour de fonctionnement. Sur la base du tarif gaz de 0,046 € du kWh, les économies sont de l'ordre de 2500 € par an. Les coûts de fonctionnement du système de récupération sont évalués à 500 € annuel (pompe de circulation, glycol, entretien courant de l'échangeur). Finalement, les économies réalisées sont proches de 2000 € par an. Le retour sur investissement est donc compris entre 4 et 6 ans. ●

E (KWH) SUR 100 JOURS	CHAUFFAGE	REFROIDISSEMENT	TOTAL
Besoins globaux	43 443	- 2 168	45 611
Récupérateur à 2 batteries	16 143	- 558	16 701
Conditionnement additionnel	27 300	- 1 610	28 910

↑ TABLEAU 1 Bilan énergétique de l'installation.