

Notes techniques

RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE: PERFORMANCES D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE ET DE VENTILATION DANS UNE MENUISERIE

Les récupérateurs d'énergie permettent de limiter les coûts de fonctionnement des ventilations associées aux systèmes de captage à la source. Quatrième d'une série consacrée à ces équipements, cet article montre l'intérêt technico-économique d'une installation de chauffage et de ventilation dans une menuiserie.

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 principale 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 ne doit pas pour autant rester un frein au développement de ces dispositifs. 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 technico-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), des échangeurs à plaques (Cf. *HST* n°235, juin 2014), puis des échangeurs rotatifs (Cf. *HST* n°236, septembre 2014)¹, la revue s'intéresse dans ce numéro aux installations de chauffage et de ventilation d'une menuiserie.

L'entreprise

La menuiserie, implantée dans le département du Jura, est spécialisée dans la construction de bâtiments en bois et de charpentes. Les éléments des constructions sont préparés dans les ateliers de fabrication (menuiserie, charpente et montage

d'une surface d'environ 1600 m², avant montage sur site.

Le chauffage et la ventilation des ateliers de production sont assurés par la mise en place de dispositifs de captage localisés installés sur chaque machine à bois, l'évacuation des poussières et copeaux par un réseau aéraulique à débit variable et leur stockage dans un silo, la récupération de l'énergie sur l'air extrait pour préchauffage de l'air de compensation par échangeurs à plaques et enfin l'utilisation d'une chaudière alimentée par les déchets de bois pour assurer le conditionnement final de l'air des ateliers par l'intermédiaire d'un circuit à eau chaude.

Cette installation a pour objectif d'assainir l'ambiance aux postes de travail en captant au mieux les copeaux et poussières de bois qui peuvent induire des pathologies diverses, notamment des cancers des voies respiratoires supérieures ou des allergies (asthme et eczéma).

L'installation

Une douzaine de machines, de la scie à ruban à un centre d'usinage, sont utilisées dans les ateliers pour assurer la fabrication. Des dispositifs de captage localisés sont installés sur chacune de ces machines et sont reliés au réseau aéraulique par des conduits à section adaptée. Des registres, la plupart automatiques, assurent la mise en service du captage lorsque la machine est en fonctionnement. La figure 1 présente le schéma de principe de cette installation.

Deux conduits assurent finalement le transfert des poussières et particules issues des captages localisés vers le silo. L'air extrait est épuré par un filtre

à manches placé à l'intérieur et en partie haute du silo. L'air épuré est aspiré au sommet du silo par un conduit qui se scinde vers deux ventilateurs, l'un de 55 kW à débit variable (extracteur primaire), l'autre de 30 kW à débit constant (extracteur secondaire), pour un débit global d'extraction au maximum de l'ordre de 40 000 m³/h. L'extracteur primaire est mis en fonctionnement dès qu'une machine d'usinage est utilisée. Le débit de ventilation est ajusté en fonction des machines simultanément utilisées. Lorsque le débit requis dépasse la capacité maximale de l'extracteur primaire, l'extracteur secondaire est alors utilisé, le débit extrait étant toujours régulé à l'aide de l'extracteur primaire.

L'air ainsi extrait par chacun des ventilateurs est envoyé, *via* deux conduits, dans des échangeurs à plaques afin de récupérer de l'énergie avant le rejet à l'extérieur.

Les échangeurs sont placés dans deux centrales de traitement de l'air, dont la fonction est d'assurer la compensation de l'air extrait, un conditionnement en température de l'air introduit dans le local et le maintien en température du local en dehors des heures de fonctionnement des extractions. À l'introduction, les débits mis en œuvre sont constants, respectivement un débit théorique de 20 000 m³/h pour la centrale primaire mise en service en compensation de l'extracteur à débit variable, et un débit théorique de 15 000 m³/h pour la centrale secondaire.

Lorsque les extracteurs ne sont pas en service, le maintien en température de l'atelier est assuré

par ces mêmes centrales qui fonctionnent alors en recyclage.

Enfin, l'eau chaude alimentant les batteries à ailettes (air/eau) placées dans les centrales est délivrée par une chaudière à bois de 500 kW, alimentée par les déchets stockés dans le silo.

Les installations de chauffage et de ventilation permettent de couvrir largement les besoins actuels et ont été surdimensionnées en prévision de futurs investissements et extensions.

Les mesures

Les mesures visant l'évaluation de cette installation ont été réalisées sur une période de plus de 120 jours, de février à mai. Les valeurs moyennes ou ponctuelles ont été enregistrées toutes les 240 s pour les débits et températures et toutes les 300 s pour les consommations électriques.

Les figures 2 et 3 présentent une partie des enregistrements effectués courant février :

- des débits d'introduction Q_{IN} et d'extraction Q_{OUT} sur les deux circuits (primaire et secondaire);
- des températures observées sur le circuit primaire au niveau de la centrale, dans l'atelier et à l'extérieur.

Sur toute la période d'observation (plus de 120 jours), le temps de fonctionnement de l'extracteur primaire est de 590 heures. Pendant les heures travaillées, il est utilisé quasiment en permanence, avec un débit qui varie, la plupart du temps, entre 15 000 et 25 000 m³/h. De rares fois, moins de 10h sur la

RÉSUMÉ

Le recours à des systèmes de captage à la source est bien souvent la principale solution pour 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, notamment du fait du nécessaire réchauffage de l'air neuf introduit en période

hivernale. Les surcoûts ainsi générés peuvent néanmoins être compensés par l'installation de récupérateurs d'énergie. Plusieurs technologies sont aujourd'hui disponibles, dont les échangeurs à plaques. L'évaluation d'une installation de chauffage et ventilation associant chaudière à bois et récupérateurs à plaques, menée dans une

menuiserie, montre que les échangeurs à plaques ne constituent pas pour cette situation particulière un choix d'investissement judicieux. En revanche, la chaudière bois permet des économies annuelles évaluées entre 6 000 et 10 000 € et un retour sur investissement compris entre cinq et huit ans.

Energy recovery: performance of a heating and ventilation installation in a wood-working facility

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. The air extracted in that way needs to be replaced by ventilation systems that consume large amounts of energy, in particular because of the need to heat up the

new air taken in during the winter months. However, the resulting extra costs may be offset by installing energy recovery units. Various technologies are available today, including the technology constituted by plate heat exchangers. A heating and ventilation installation combining a wood-fired boiler and plate recovery units was assessed

in a wood-working facility, and that assessment showed that plate heat exchangers do not constitute a wise investment choice for that particular situation; conversely, the wood-fired boiler enables annual savings assessed at in the range €6,000 to €10,000 to be made, and a return on investment of in the range 5 to 8 years to be achieved.



période d'observation, le débit global d'extraction requis dépasse le seuil des 25000 m³/h, entraînant la mise en route de l'extracteur secondaire. Le débit mis en œuvre par celui-ci est légèrement inférieur à 15000 m³/h.

Les deux centrales d'introduction de l'air fonctionnent à débit constant. Pour la centrale primaire, le débit est au maximum de 10000 m³/h, celui assuré par la centrale secondaire est de l'ordre de 5000 m³/h.

Sur la période des mesures, du 5 février au 13 juin, la température extérieure couvre une plage assez large de -6,5°C à plus de 30°C, avec des amplitudes journalières parfois assez importantes et supérieures à 10°C. La température moyenne est de 7,5°C.

Sur la même période, la température mesurée à l'intérieur de l'atelier (période travaillée ou non) est en moyenne de 14,2°C, avec un minimum et un maximum respectivement voisins de 5°C et 29°C. Pour des températures extérieures inférieures à 20°C, la température dans l'atelier est la plupart du temps comprise entre 10°C et 20°C.

Enfin, pendant les heures travaillées (correspondant aux heures de fonctionnement de l'extracteur primaire), la température moyenne dans l'atelier est de 16,8°C, pour une température moyenne à l'extérieur de 11,9°C.

Sur toute la période des mesures, les consommations moyennes en énergie électrique sont de 192 kWh/jour pour l'ensemble de l'installation, dont :

- 144 kWh/jour pour le ventilateur d'extraction primaire;
- 27 kWh/jour pour la centrale primaire;
- 4 kWh/jour pour la centrale secondaire;
- 1 kWh/jour pour le ventilateur d'extraction secondaire.

Le différentiel de 16 kWh/jour correspond aux consommations des pompes, moteurs et auxiliaires de la chaudière.

Bilan énergétique et analyse financière

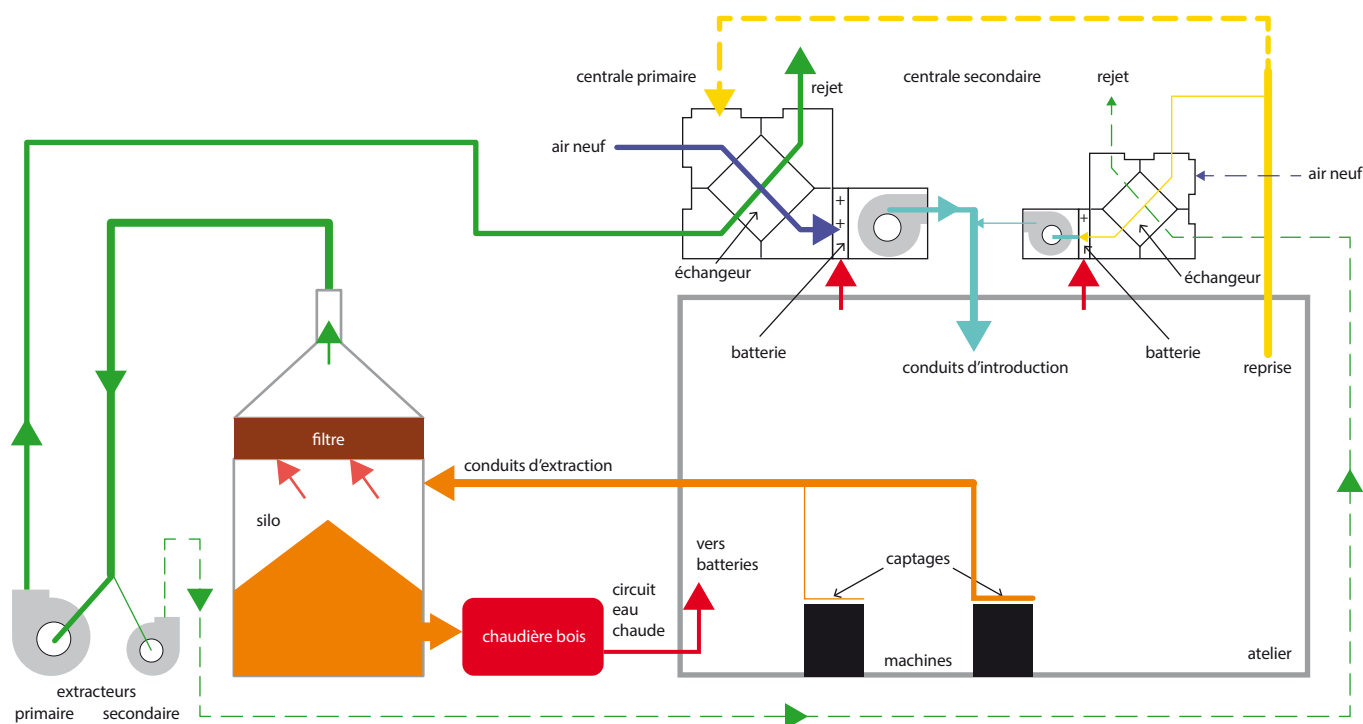
Le tableau 1 présente un bilan des besoins en énergie journalière et sur l'ensemble de la période d'observation pour assurer le conditionnement correct de l'air introduit dans les ateliers et le chauffage des locaux, ainsi que la partie récupérée par l'échangeur de la centrale primaire.

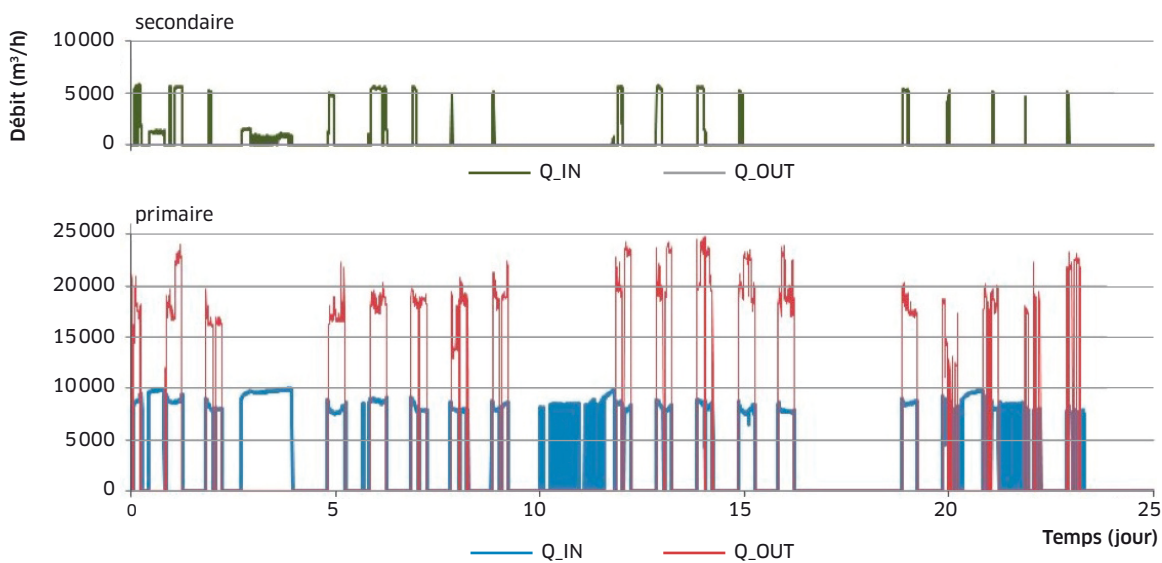
Sur la période d'observation, environ 44000 kWh sont nécessaires pour assurer le conditionnement en température de l'air introduit dans le local par les deux centrales de traitement de l'air et le chauffage des locaux. Près de 40000 kWh sont fournis par le système de chauffage et seulement 4000 kWh sont récupérés par les échangeurs à plaques. L'extracteur secondaire étant très peu utilisé, la récupération d'énergie à l'aide de l'échangeur de la centrale secondaire est négligeable. Enfin, les besoins en chauffage durant les périodes d'inoccupation des locaux sont assez importants: plus de 14000 kWh sont utilisés juste pour assurer le maintien de la température des locaux en dehors des heures travaillées.

Principalement en raison du faible taux d'utilisation des récupérateurs (590 heures de fonctionnement pour le circuit primaire et quelques heures pour le secondaire sur une durée totale d'observation de plus de 3000 heures), ceux-ci ne permettent de couvrir qu'environ 10% des besoins énergétiques du local. D'autres facteurs peuvent influencer sur ce résultat, notamment :

- l'absence d'isolation sur le conduit d'extraction, avec, pour les températures extérieures

FIGURE 1 ↓
Schéma de principe
du système
de ventilation
et de chauffage





← FIGURE 2 :
Évolution des
débits en fonction
du temps.

inférieures à 10°C, une perte en moyenne de 1,4°C sur la température de l'air extrait, entre l'air prélevé dans l'atelier et l'air arrivant au niveau de la centrale (cette perte est de 2,6°C pour des températures extérieures inférieures à 6°C);

- le fonctionnement en « tout air neuf » pendant les périodes d'inoccupation des locaux (la nuit, les jours fériés, etc.) ou l'absence d'une extraction mécanique sur ces mêmes périodes qui permettrait d'utiliser les échangeurs.

Le coût financier de l'installation complète de chauffage et ventilation des ateliers (captage, réseaux, ventilateurs, chaudière, silo, centrales, etc.) s'élève à environ 242 000 €. Le prix de la chaudière biomasse est d'environ 45 000 €, traitement des fumées inclus. L'entreprise a par ailleurs bénéficié d'une aide

financière pour un montant de 43 500 €. Enfin, le surcoût dû aux deux échangeurs placés à l'intérieur des centrales est d'environ 31 000 €.

Pour les conditions observées de fonctionnement et une économie énergétique moyenne de 31 kWh par jour hors période estivale, les échangeurs à plaques ne constituent pas ici un choix d'investissement judicieux, ceci principalement en raison du faible taux d'utilisation des extracteurs, notamment le secondaire, et donc du peu d'énergie récupérable sur le circuit secondaire.

L'installation complète de chauffage et de ventilation reste cependant intéressante, en raison :

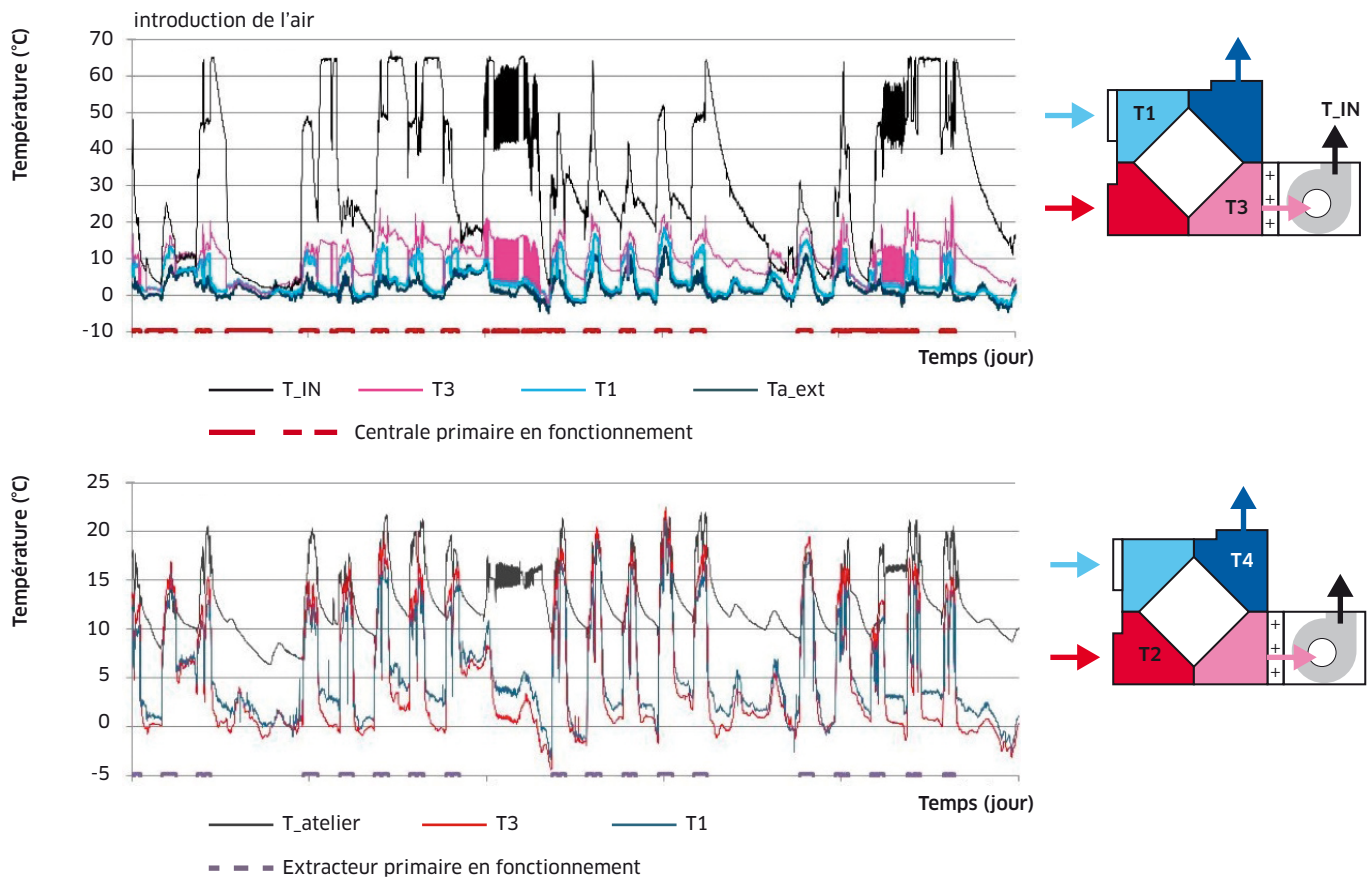
- de l'adoption du régime variable pour l'extraction, qui permet d'ajuster au mieux le débit en fonction de l'utilisation de l'outil de production;



© Claude Almodovar pour l'INRS

Dans une menuiserie, un réseau de captage localisé de poussières de bois a été installé.





↑ FIGURE 3
Évolution des températures en fonction du temps.

T_IN: température de l'air injecté dans le réseau vers le local;
T1 primaire: température de l'air neuf arrivant dans l'échangeur de la centrale;
T3 primaire: température de l'air neuf après passage sur l'échangeur de la centrale;

Ta_ext: température de l'air extérieur;
T_atelier: température de l'air de l'atelier;
T2 primaire: température de l'air extrait de l'atelier avant passage sur l'échangeur de la centrale;
T4 primaire: température de l'air rejeté par la centrale à l'extérieur.

TABLEAU 1 → Bilan des besoins énergétiques durant la période d'observation (kWh).

E (KWH) - ÉNERGIE DE CONDITIONNEMENT DE L'AIR INTRODUIT DANS LE LOCAL	Centrale			E (kWh)	
	primaire		secondaire toute période	totale	par jour
	extracteur primaire				
	en marche	à l'arrêt			
BESOINS GLOBAUX	28955	7905	6911	43771	343
ÉNERGIE RÉCUPÉRÉE	3719	18	198	3935	31
CONDITIONNEMENT ADDITIONNEL (DONT CHAUFFAGE DES LOCAUX)	25236	7887	6715	39836	312

• du mode de chauffage et de conditionnement de l'air introduit dans le local, qui utilise les déchets de production comme source d'énergie. De plus, avec une consommation électrique inférieure à 20 kWh par jour pour une énergie fournie supérieure à 340 kWh, la chaudière assure une économie journalière d'environ 320 kWh, soit une économie annuelle comprise entre 6000 € et 10000 €, sur la base du tarif du kWh gaz à 0,06 € ou électrique à 0,10 €, hors taxes et contributions. Le temps de retour sur l'investissement de la chaudière bois est compris entre cinq et huit ans. Enfin, en assurant le captage et l'évacuation des

déchets de production et une introduction d'air neuf extérieur correctement conditionné en température pendant les heures d'occupation des locaux, l'installation permet également un gain en productivité (difficilement chiffrable), des conditions de travail supportables (température adaptée à l'activité) ayant un impact sur la stabilité du personnel (turn-over plus faible) et, même si pour cette installation des points d'amélioration existent, elle correspond à ce qui est recommandé du point de vue de la prévention des risques auxquels sont soumis les salariés. ●

1. Ces articles sont téléchargeables sur www.hst.fr.