

La production de vapeur

ECONOMIES D'ÉNERGIE DANS L'INDUSTRIE

CE QUE VOUS DEVEZ SAVOIR À PROPOS DE LA VAPEUR ...

Pourquoi la vapeur ?

La vapeur est un fluide caloporteur très répandu dans l'industrie parce qu'elle présente de grands avantages :

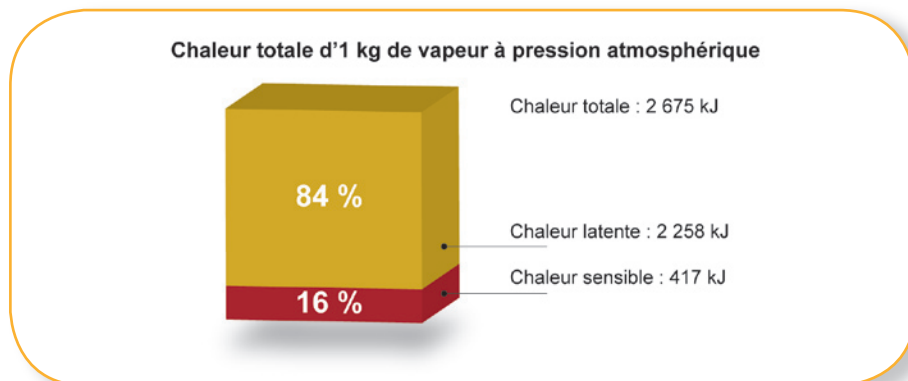
- Excellent fluide caloporteur :
 - chaque kg de vapeur peut transporter une grande quantité de chaleur ;
 - comparée à l'eau chaude, l'eau surchauffée et l'huile thermique, la vapeur est le fluide qui présente le coefficient de transfert thermique en paroi le plus élevé;
- Permet des diamètres de tuyauteries assez faibles :
 - plus la pression augmente, plus le volume massique de la vapeur diminue,
 - le retour du fluide s'effectue sous forme liquide (condensats) ;
- Pas de pompes de circulation : les pompes installées sur le retour de condensats sont de préférence actionnées mécaniquement et il n'y a donc de consommation électrique que pour l'alimentation en eau de la chaudière;
- Possibilité de créer le vide ;
- Faire tourner une turbine : par sa détente dans une turbine, la vapeur peut produire de l'énergie électrique ou mécanique ;
- Régulation facile (vannes 2 voies).

Bien sûr, la vapeur présente aussi quelques désavantages, en particulier :

- C'est un fluide cher : environ 25 €/tonne vapeur (mai 2007)! Ce coût intègre celui du combustible utilisé dans la chaudière, mais aussi le prix de l'eau et le coût de son traitement. D'où l'importance de maximiser le retour de condensats !
- Utiliser de la vapeur n'est pas sans risques : la présence de mélanges biphasiques vapeur/eau dans le circuit peut engendrer localement des « claquements » ou « coups de bélier », qui peuvent endommager les installations, en allant de la fuite à la rupture totale; ce qui peut même devenir dangereux pour le personnel ! D'où l'importance d'une bonne conception des installations et d'une maintenance régulière pour éviter la formation de ces mélanges biphasiques !

Energie transportée par la vapeur :

C'est par le changement de phase (liquide vapeur) en chaudière, que la vapeur est capable d'emmagasiner une grande quantité d'énergie, essentiellement sous forme de chaleur latente.



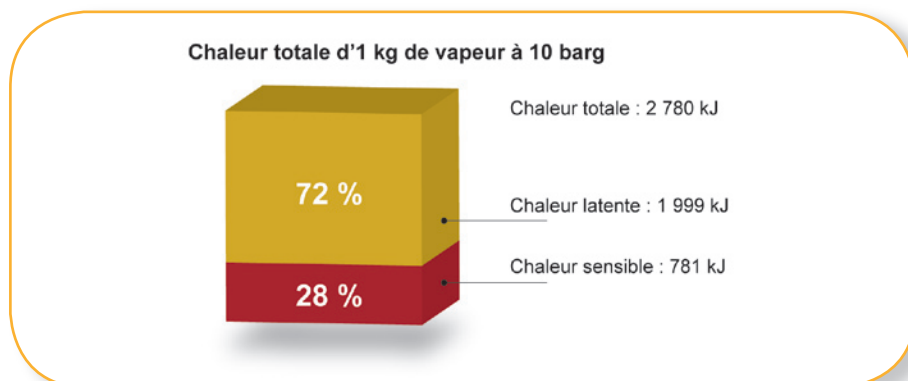
Source : Armstrong International

Energie cédée par condensation :

La vapeur sert à transporter l'énergie thermique qui lui a été fournie dans la chaudière. Dans le réseau, elle cède cette énergie aux différents postes consommateurs dans des échangeurs de chaleur ou des cuves à double enveloppe dans lesquels elle se condense. A ce moment, la vapeur cède sa chaleur latente (et éventuellement une petite partie de la chaleur sensible) et les condensats retournent en chaufferie. Une autre utilisation de la vapeur dans le réseau est l'injection directe de vapeur où la chaleur totale est transmise au consommateur ; mais les condensats sont « perdus » puisque non retournés en chaufferie.

Or si la pression de la vapeur augmente, l'énergie qu'elle emmagasine augmente légèrement, mais c'est surtout la répartition entre chaleur latente et chaleur sensible qui se modifie. Ainsi, plus la pression est élevée, plus la température de saturation l'est aussi et moins grande est la quantité de vapeur latente que la vapeur peut transporter.

Toujours si on augmente la pression de la vapeur, son volume spécifique diminue et on peut donc transporter l'énergie de cette vapeur dans des tuyaux de faible diamètre.



Source : Armstrong International

A Retenir :

ENERGIE VAPEUR SATURÉE
= chaleur sensible (énergie de l'eau à la température de saturation)
+
chaleur latente (énergie de vaporisation ou de condensation)

A Retenir :

Lors de la condensation, la vapeur cède sa chaleur latente

En conclusion, l'idéal est :

- de transporter la vapeur à haute pression dans le réseau
- d'utiliser la vapeur au niveau des postes consommateurs à basse pression



A retenir donc :

Caractéristiques de la vapeur saturée :

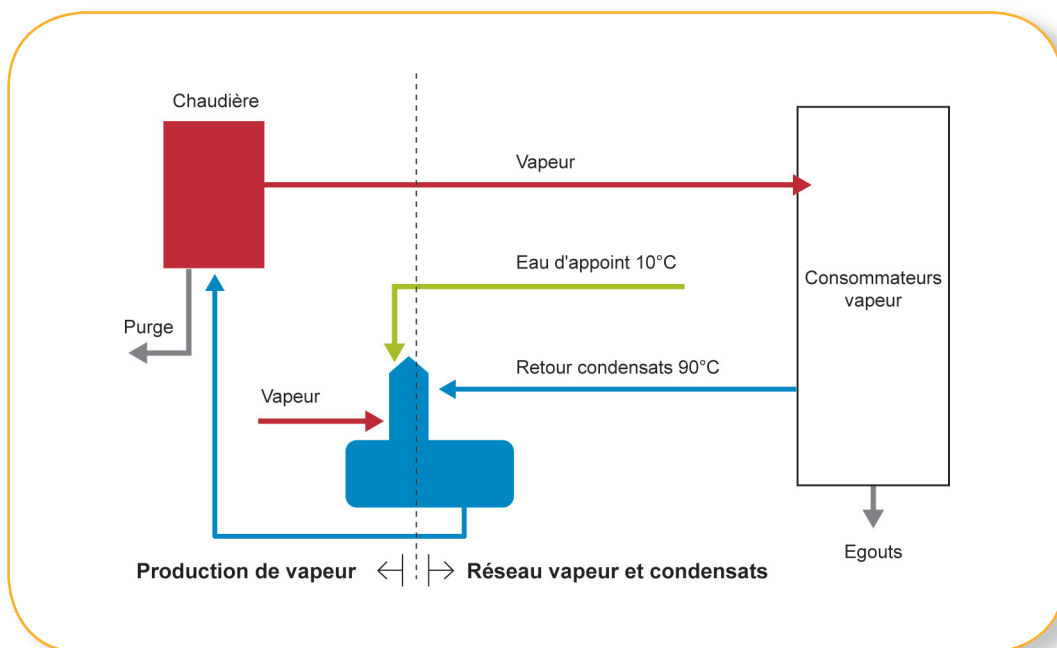
Exemples :

• Pression (barg = bar relatif)	0	5	10
• Température de saturation (°C)	100	158,9	184,2
• Chaleur sensible (kJ/kg)	419,1	671,1	781,7
• Chaleur latente (kJ/kg)	2256,7	2085,7	1999,7
• Volume spécifique (m³/kg)	1,6736	0,3150	0,1773

Ces différentes valeurs sont fournies par le diagramme entropique ou la table vapeur (téléchargeable par exemple sur www.thermexcel.com).

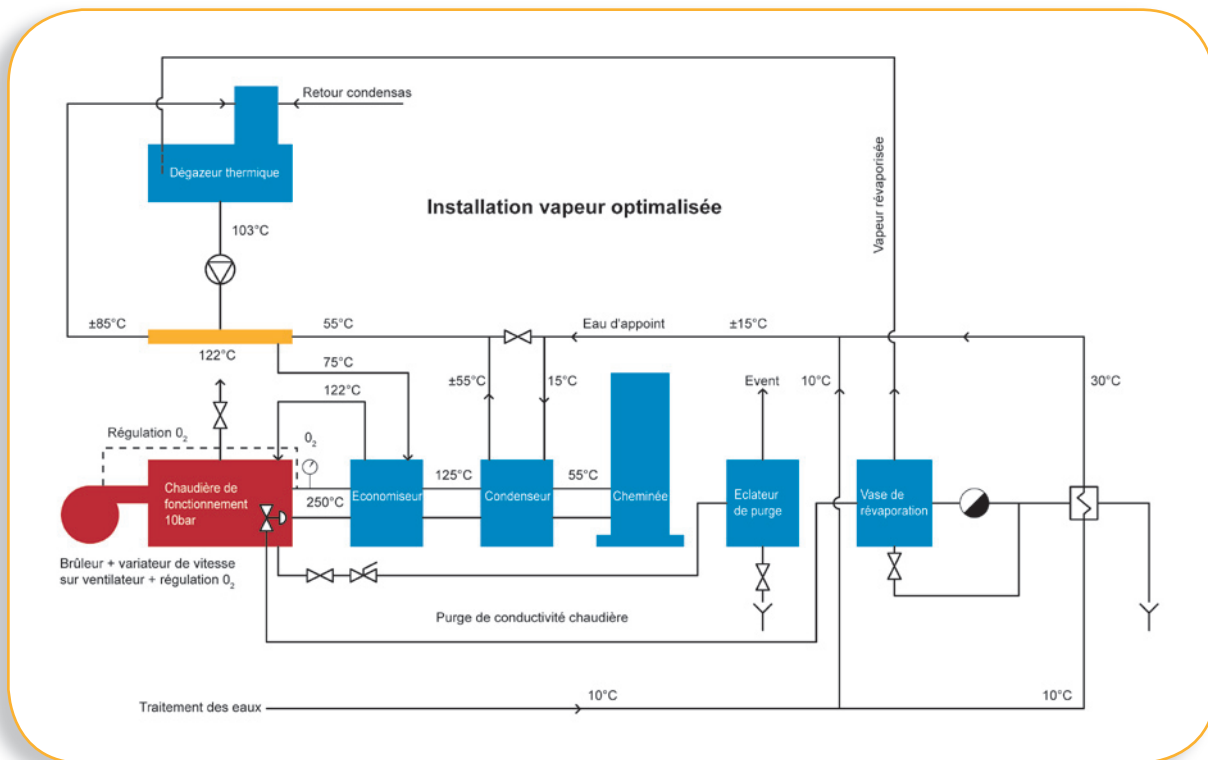
La boucle vapeur :

La boucle vapeur peut être représentée comme ci-dessous :



Source : Armstrong International

La présente fiche se concentre sur les améliorations entraînant des économies d'énergie sur la partie gauche du schéma : la « production de vapeur ». « Le réseau vapeur et condensats » fait l'objet d'une autre fiche.



Installation de vapeur optimisée : schéma de principe. Source : BBC Loos

Chaudières à tubes de fumée 2x2 t/h. Source : BBC Loos



AMÉLIORATIONS ENTRAÎNANT DES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE



Générateurs de vapeur. Source : Clayton

Que donne le premier coup d'œil à votre chaufferie ?

Action :

Effectuer régulièrement des « rondes d'inspection » en incluant la visite de la chaufferie

→ Se rendre compte de l'aspect général de la chaufferie

Un simple coup d'œil à la chaufferie donne déjà une première évaluation de son état : température de l'air ambiant, propreté du local (fuites etc...), aspect des chaudières (état du calorifugeage etc...), aspect température/humidité de l'air ambiant,...

Quelles mesures de base pouvez-vous réaliser ?

Action :

Réaliser un enregistrement en continu de la pression en sortie chaudière et analyser les courbes hebdomadairement par exemple

→ Analyse des données des capteurs de pression

Un enregistrement de la pression de vapeur en sortie chaudière est un contrôle de base facile à effectuer. L'analyse de l'évolution de cette pression permettra de repérer des chutes de pression trop rapides ou trop fréquentes qui pourraient être causées par des coups de bélier, par un problème localisé au niveau d'un des postes consommateurs d'énergie, par une chaudière mal dimensionnée qui ne sait pas suivre la production... En général, ces variations de pression avertissent d'éventuelles pertes d'énergie.

Action :

Lors des visites hebdomadaires (par exemple) en chaufferie, faire une analyse du comportement du brûleur

→ Analyse du comportement du brûleur

L'analyse du comportement du brûleur permettra de mettre en évidence d'éventuels problèmes au niveau de la chaudière. Exemple : si le brûleur fonctionne tout le temps en bas régime, cela signifie que la chaudière est surdimensionnée ; ce qui entraîne des gaspillages d'énergie vu le volume d'eau plus important à chauffer et les pertes par radiation plus importantes également.

En quoi consiste la maintenance régulière de votre chaudière ?

→ Mettre en place une procédure de maintenance des chaudières

Une maintenance régulière permet d'éviter des baisses de rendement de la chaudière et donc, des pertes d'énergie.

Avez-vous des chaudières en stand-by ?

→ Arrêter les chaudières en stand-by/Veiller à ce que la chaudière consomme un minimum dans ce mode stand-by

Lorsqu'il y a plusieurs chaudières dans la chaufferie, il est assez courant d'avoir une chaudière en stand-by par sécurité. Or les pertes d'une chaudière en stand-by, principalement par radiation, peuvent représenter 1% à 3% de la puissance de la chaudière, ce qui n'est pas négligeable !

Si le process le permet, l'idéal au niveau énergétique est d'arrêter la chaudière. Mais certains process fragiles ne supportent pas des baisses de pression vapeur de 1 à 2 barg et une chaudière en stand-by est alors indispensable pour des raisons de sécurité. Il faut alors veiller à ce qu'elle consomme le moins possible dans ce mode grâce à :

- Un calorifuge adéquat (100-120 mm d'épaisseur) et en bon état (pertes par radiation limitées à 0,4 – 0,7%) ;
- Une régulation modulante ;
- Un système de maintien à une pression réduite de la chaudière sans redémarrage du brûleur : la chaudière est maintenue à 5 barg par exemple et c'est seulement lorsqu'il y a une demande que le brûleur redémarre. La chaudière est capable d'atteindre 10 barg en 5-6 minutes.

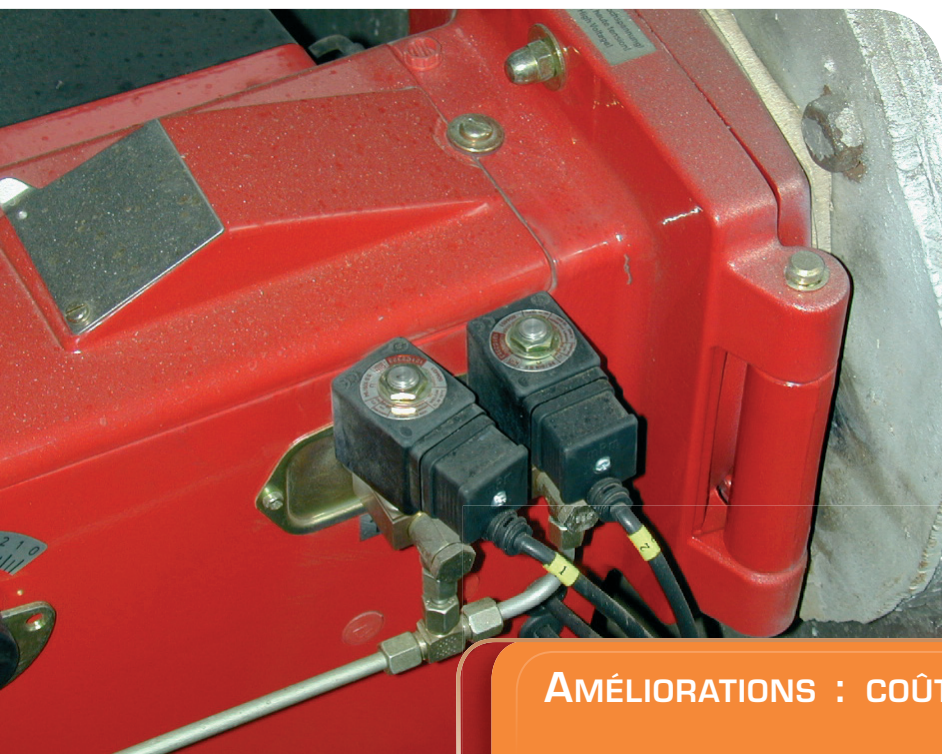
Action :

Etablir un cahier de maintenance et mettre en place une procédure de suivi des chaudières : vérifier le panneau de contrôle, effectuer la chasse aux fuites, détecter les bruits inhabituels aux pompes, brûleurs, ventilateurs, etc...

Ces inspections se prolongeront en toiture pour mettre en évidence des fuites de soupape... (voir aussi la fiche «réseau vapeur et condensats»).

Action :

Arrêter la chaudière en stand-by, si elle ne se révèle pas indispensable, après une analyse de risque au niveau de la production. Si cette chaudière en stand-by est nécessaire, faire une analyse de sa consommation dans ce mode en vue de la réduire si besoin.



Monitoring. Source : EmersonProcess

Avez-vous réellement besoin de produire la vapeur à une pression si élevée ?

→ Réduire la pression vapeur en sortie chaudière

Il est judicieux de vérifier que la vapeur produite à la chaudière n'a pas une pression trop élevée par rapport à la pression vapeur nécessaire auprès des consommateurs. Cela est surtout vrai pour des chaufferies datant de plusieurs années et dimensionnées pour alimenter des installations nécessitant de la vapeur à plus haute pression que les installations actuelles.

Application pratique :

Economie engendrée par une réduction de la pression en sortie chaudière pour une chaudière au gaz naturel :

chaleur totale vapeur 9 barg	2 778	kJ/kg
chaleur totale vapeur 8 barg	2 774	kJ/kg
différence énergie	4	kJ/kg
Production vapeur	20 000	t/an
→ Réductions de l'énergie dans la vapeur	$4 * 20\ 000 = 80\ 000$ MJ/an	soit 23 MWh PCI/an
→ Gain énergétique en gaz (rendement chaudière : 90% sur PCI)	$23/0,9 = 25$	MWh PCI/an
→ Economie financière (prix gaz : 31 €/MWh PCI)	785	€/an

Action :

Vérifiez si toutes les branches du réseau de vapeur ne sont pas équipées chacune d'un détendeur. Si la pression nécessaire aux consommateurs est plus faible que la pression de la chaudière, consulter un spécialiste qui analysera la possibilité de réduire la pression à la chaudière. S'il n'est pas possible de réduire la pression chaudière en continu, envisager de la baisser lors des périodes creuses uniquement.

Précaution à prendre : Ne pas trop diminuer la pression pour éviter le « primage » à la chaudière (vapeur avec présence de gouttes d'eau) et pour ne pas dépasser la vitesse recommandée de la vapeur dans les tuyauteries.

Une alternative est de réduire la pression vapeur en sortie chaudière lors des périodes creuses, comme les weekends par exemple : cf. amélioration liée au mode stand-by de la chaudière.

Voulez-vous connaître les améliorations applicables chez vous ?



→ Réalisation d'un audit vapeur

Un audit vapeur réalisé par un spécialiste permet de lister les améliorations réalisables dans votre entreprise, d'en évaluer les économies engendrées et la rentabilité de l'investissement.

Action :

Contactez un bureau d'études spécialisé pour un audit vapeur. Ce bureau pourra vous remettre une offre sur base d'une visite sur site. L'idéal est également de lui transmettre les plans PID (Piping & Instrument Diagram) de votre installation vapeur.

Monitoring.
Source : EmersonProcess



Connaissez-vous la quantité d'énergie contenue dans votre tonne de vapeur ?

→ Installation d'un débitmètre vapeur pour :

→ Valider l'énergie contenue dans la vapeur au moyen de 3 lectures de débit : vapeur, gaz et eau d'appoint

Si les chaudières doivent produire de la vapeur à 9 barg saturée, cela signifie que la vapeur devrait avoir une chaleur totale de 2777,8 kJ/kg. Il est indispensable de le vérifier.

Si la vapeur contient moins d'énergie qu'annoncé par la table vapeur, cela signifie qu'elle contient trop d'eau ; ce qui peut être source de coups de bélier dans les installations ! Et donc dangereux...

Par ailleurs, cela signifie également qu'il faudra produire beaucoup plus de tonnes vapeur à la chaudière pour avoir la quantité d'énergie voulue au niveau du consommateur ! Donc des pertes d'énergie !



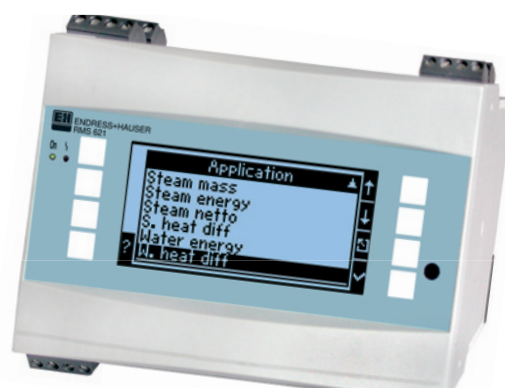
Débitmètre vapeur type vortex.
Source : Endress & Hauser

Validation de l'énergie contenue dans la vapeur sur base des données des compteurs et débitmètre :

chaleur totale vapeur 9 barg	(table vapeur)	2 777,8	kJ/kg
débit vapeur 9 barg	(donnée débitmètre vapeur)	10,0	t/h
quantité d'eau d'appoint	(donnée compteur eau)	2,0	m³/h
quantité de gaz consommée	(donnée compteur gaz)	30,5	GJ/h
rendement chaudière	(donnée mesurée aux maintenances)	90%	
énergie condensats 105°C; 0 barg	(donnée table)	438,9	kJ/kg
énergie eau d'appoint 15°C	(donnée table)	62,7	kJ/kg
→ énergie eau entrant dans chaudière	(80% condensats – 20% eau d'appoint)	0,4	GJ/h
→ énergie vapeur 9 barg sortie chaudière		$30,5 \cdot 90\% + 0,4 = 27,8$	GJ/h
→ vérification énergie vapeur 9 barg sortie chaudière		$27,8 / 10 \cdot 1000 = 2\ 777,8$	kJ/kg

Dans l'autre sens, une mesure du débit de vapeur permet d'évaluer le rendement de la chaudière, si l'on prend maintenant comme donnée que la chaleur totale de la vapeur est bien 2 777,8 kJ/kg (à 9 barg).

Calculateur.
Source : Endress&Hauser



Action :

Sur base des caractéristiques de la vapeur (température, pression, plage (min-max) du débit vapeur et débit moyen vapeur), vous pouvez demander une offre pour un débitmètre vapeur. Il existe différentes technologies selon la précision souhaitée... Des spécialistes pourront vous aider à choisir et vous guider pour l'installation qui doit être réalisée selon certaines règles.



Débitmètre vapeur de type delta p. Source : Endress&Hauser

→ Suivre l'évolution des débits vapeur :

D'une manière générale, un débitmètre en sortie chaudière permettra de :

- Suivre l'évolution de la consommation spécifique de vapeur : nombre de tonnes de vapeur produites par tonne de produit
- Suivre le débit de vapeur lors des périodes creuses : week ends,... etc.

Cela permettra de mettre en évidence d'éventuelles dérives de consommation qui pourraient bien être dues à un problème au niveau d'un consommateur ou quelque part dans le réseau. Problèmes et remèdes de ce type seront abordés dans la fiche « Réseau vapeur et condensats ».

Avez-vous besoin d'une nouvelle chaudière vapeur ?

→ Choisir la bonne chaudière vapeur

- **Déterminer la bonne capacité de la chaudière vapeur** : en effet, si la chaudière est surdimensionnée, le volume d'eau à chauffer sera plus important d'une part et les pertes par radiation seront plus importantes d'autre part.
- **Répartir la production sur plusieurs chaudières éventuellement** : si le profil de consommation vapeur est assez fluctuant, il est préférable d'avoir 2 chaudières : une chaudière qui fonctionne en continu (en régime) et une chaudière qui fonctionne lors des pointes de consommation. Cela est préférable à une grosse chaudière qui serait capable de couvrir la totalité de la demande mais fonctionnerait trop souvent en charge partielle (volume d'eau important à chauffer et pertes par radiation importantes).
- **Choisir le type de chaudière** : dans l'industrie agro-alimentaire, on rencontre 2 types de chaudière : les chaudières à tubes de fumée (à partir de 2 t/h) et les générateurs de vapeur (à partir de 150 kg/h). A capacité égale, les chaudières à tubes de fumée présentent en général un rendement supérieur. Mais le principal avantage des générateurs est de pouvoir répondre très rapidement à des variations brusques de la demande en vapeur. Par conséquent, ils conviennent mieux à des productions qui s'arrêtent et redémarrent quotidiennement par exemple.



Générateurs Vapeur. Source : Clayton

Action :

Faire une analyse des besoins vapeur pour le choix d'une nouvelle chaudière.

Récupérez-vous un maximum de l'énergie contenue dans les fumées ?

→ Installation d'un économiseur

Un économiseur est un échangeur installé dans la cheminée de la chaudière, pour préchauffer l'eau d'alimentation de la chaudière en récupérant une partie de la chaleur des fumées.

Attention, la tuyauterie de l'eau d'alimentation et l'économiseur doivent continuellement être maintenus sous pression afin d'éviter les coups de bélier. Dès lors, il convient d'installer une régulation sur le débit d'eau alimentaire de la chaudière (on ne peut plus se contenter de pompes d'eau alimentaire fonctionnant en tout ou rien). Lors du dimensionnement de l'économiseur, il faut également veiller au point de rosée des fumées afin de ne pas avoir de condensation dans la cheminée !

Par ailleurs, le choix de l'économiseur est un point important. Avec un économiseur dont la surface d'échange est optimisée, la température des fumées peut descendre à 115°C à grande flamme, et 90°C à charge partielle. Si on ne souhaite pas maximiser les économies d'énergie, on peut installer un économiseur avec une surface d'échange plus petite et descendre la température des fumées à 130°C par exemple.

Application Pratique :

Puissance entrée chaudière	9,66	MW
T° fumées à grande flamme	208	°C
T° fumées à petite flamme	185,8	°C
Rendement moyen sans économiseur	90,05%	
T° fumées avec économiseur à grande flamme	130	°C
Rendement moyen avec économiseur	94,19%	
Economie gaz	810	MWh PCI/an
Economie financière	13 800	€/an
Investissement (économiseur, nouvelles pompes)	35 000	€

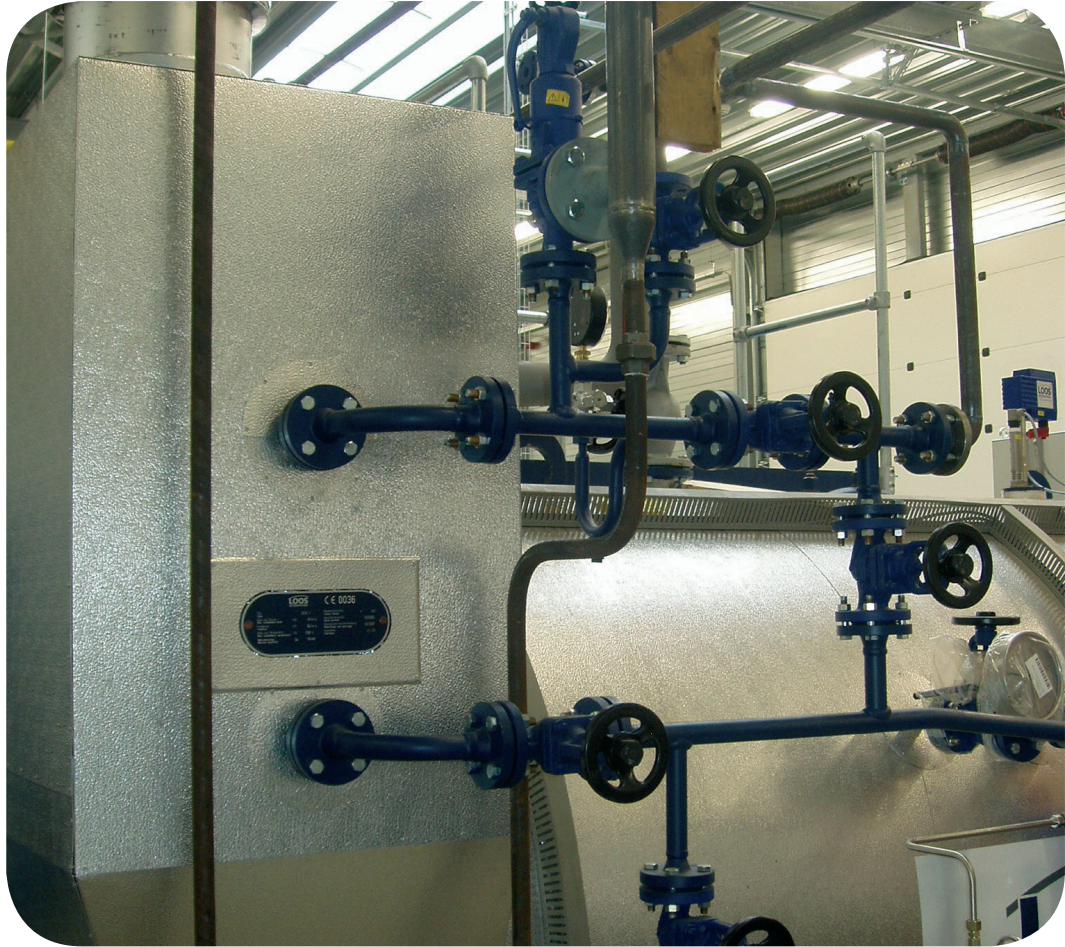
Installation d'un économiseur : Economies de combustible : jusque 5,5 %



Installation d'un économiseur sur une chaudière existante

Action :

Sur une chaudière au gaz naturel ou au fuel léger, consultez un spécialiste pour une étude de faisabilité pour l'installation d'un économiseur sur votre chaudière. Un économiseur sur une chaudière au fuel lourd n'est pas recommandé à cause des risques liés à la condensation.



Economiseur sur chaudière à tube de fumées 2t/h. Source : BBC Loos

→ Pincement au niveau de l'économiseur

Si l'économiseur est optimisé et afin de gagner encore quelques points sur le rendement de la chaudière, on peut ajouter un échangeur de pincement sur l'eau alimentaire avant son entrée dans l'économiseur. Il s'agit d'un échangeur eau d'appoint/eau alimentaire ; ce qui permettra de diminuer la température de l'eau alimentaire avant son entrée dans l'économiseur de manière à récupérer encore un peu de chaleur présente dans les fumées.

Pincement au niveau de l'économiseur: Economies de combustible : 0,5 à 1%

→ Installer un condenseur sur les fumées

Un condenseur peut être installé sur le chemin des fumées, après l'économiseur afin de préchauffer l'eau d'appoint avant son entrée dans le dégazeur : le condenseur permet ainsi d'atteindre un rendement de 102% sur PCI. Attention, pour éviter la corrosion par les condensats, cette installation doit être construite en acier inoxydable et la cheminée doit être gainée. Les condensats doivent également être traités spécifiquement. L'investissement ne se justifie donc que si les quantités d'eau d'appoint sont importantes (retour condensats très faible).

Avez-vous un brûleur modulant ?

→ Installation d'un brûleur modulant

Certaines chaudières possèdent encore un brûleur tout ou rien, ou un brûleur avec un nombre limité d'allures. Avec un brûleur modulant, toutes les allures de fonctionnement sont possibles étant donné que le débit de combustible est réglé en permanence selon la puissance requise (demande en vapeur).

Ce fonctionnement en continu limite les périodes de « stand-by » de la chaudière. Or, ces périodes consomment de l'énergie, principalement via des pertes par radiation. Par ailleurs, dès qu'un brûleur redémarre, il y a une phase de pré-balayage qui consomme de l'énergie : un brûleur modulant va beaucoup moins s'arrêter ; ce qui va réduire les pertes d'énergie dues à ces phases de pré-balayage. Et finalement, un brûleur modulant va avoir un effet stabilisateur sur le plan d'eau dans la chaudière et va donc fortement limiter le primage en sortie chaudière.

Les économies réalisées grâce au placement d'un brûleur modulant dépendent évidemment du fonctionnement du site de production et doivent être évaluées au cas par cas.

Installation d'un brûleur modulant : Economies de combustible : dépend de la production

Action :

Vous pouvez demander une offre pour un brûleur modulant en fonction des caractéristiques de la chaudière. Cet investissement ne sera toutefois pas intéressant si la chaudière est trop âgée.

Chaudières équipées de brûleurs mixtes et modulant. Source : BBC Loos





Comment contrôlez-vous la combustion de vos chaudières ?

→ Régulation de l'excès d'air de combustion en combinaison avec variateur de vitesse sur le ventilateur du brûleur

Une quantité d'air insuffisante entraîne une combustion incomplète, tandis qu'une quantité d'air trop importante entraîne un gaspillage d'énergie, car l'air non utilisé est inutilement chauffé lors de son passage dans la chambre de combustion et sort à la cheminée à la même température que les fumées (typiquement : 220°C à pleine charge).

L'excès d'air devrait être régulé en fonction du débit de combustible. C'est néanmoins rarement le cas et très souvent, la quantité d'air alimentant la chaudière demeure constante quelque soit l'allure du brûleur. L'optimisation consiste à régler la vitesse du ventilateur en fonction d'un signal envoyé par une sonde à oxygène installée sur la cheminée.

Pour des petites installations, l'investissement sera toutefois trop élevé et il sera plus rentable d'effectuer une régulation manuelle de l'excès d'air.

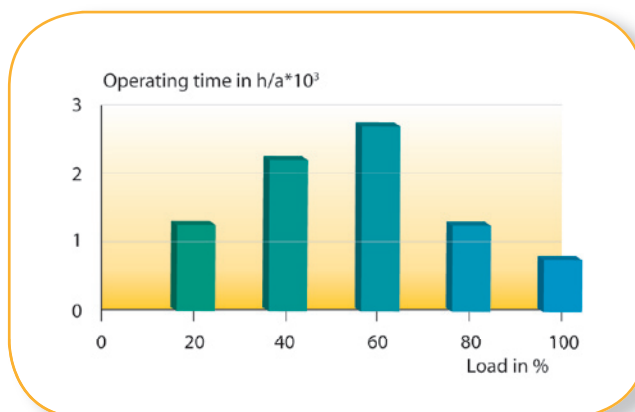
Il faut également veiller à placer une fermeture automatique du registre d'air lorsque le brûleur est à l'arrêt, de manière à éviter les pertes par tirage naturel.

Application pratique (Source – BBC Loos) :

Puissance chaudière	3,2	MW
Débit chaudière vapeur	5	t/h
fonctionnement annuel total (5 allures différentes selon le schéma ci-dessous)	8 150	heures
tension nominale de sortie ventilateur	14,2	kW
<i>Installation variateur de vitesse :</i>		
Economie consommation électrique	60 600	kWh/an
Economie électrique - financière (91 €/MWh)	5 515	€/an
<i>Installation sonde O₂ :</i>		
Economie de gaz	55 000	kWh gaz/an
Economie financière gaz (0,315 €/Nm ³)	1 700	€/an

Les économies d'énergie sont fonction de la puissance du ventilateur mais aussi du fonctionnement à charge partielle.

Régulation de l'excès d'air de combustion: économies de combustible entre 0,5 et 1%



Fonctionnement Brûleur
Source : BBC Loos

Action :

Si votre chaudière est équipée d'un ventilateur d'au moins 9-14 kW (débit vapeur 5 t/h environ) et que la demande en vapeur est variable (donc non constante 100% du temps), vous pouvez demander une offre auprès d'un spécialiste brûleur/chaudière ou spécialiste vapeur.

L'air qui entre dans la chaudière est-il le plus chaud possible ?

→ Préchauffage de l'air de combustion de la chaudière

Installer une gaine entre le ventilateur du brûleur et le plafond de la chaufferie permet d'aspirer l'air du local là où il est le plus chaud. Cela présente en outre l'avantage d'améliorer le confort de la chaufferie.

Une alternative est de récupérer de l'air chaud provenant des compresseurs d'air comprimé, de moteurs etc... si ceux-ci se trouvent dans le même local ou dans un local jouxtant la chaufferie. Via une gaine, cet air chaud récupéré pourra être amené au niveau du ventilateur du brûleur.

Attention toutefois à la perte de charge dans la gaine et au déplacement sur la courbe du ventilateur qui va en résulter. Attention également aux émissions de NOx : plus l'air est chaud, plus ces émissions augmentent.

Remarque : Actuellement, en Région Wallonne, les normes d'émissions de NOx sont les normes du Vlare II. Des normes européennes devraient toutefois bientôt voir le jour. Ainsi, certaines entreprises, en vue de ces futures normes et pour une bonne image environnementale, s'imposent des normes plus sévères que celles du Vlare II. C'est pourquoi beaucoup de nouveaux brûleurs installés sont des brûleurs « low-NOx ».

Dans tous les cas, il faut évidemment veiller à ce que les ouvertures vers l'extérieur (portes etc...) soient fermées en temps normal pour éviter d'aspirer l'air froid extérieur au niveau du brûleur

Préchauffage de 5°C de l'air de combustion de la chaudière : Economies de combustible : 0,5%

Contrôlez-vous les purges de vos chaudières ?

→ Réduction du taux de purge de la chaudière

Afin d'éviter l'accumulation d'impuretés dans les tubes de la chaudière ou dans la boucle vapeur-condensats, l'eau de la chaudière doit être purgée. Par précaution, cette purge est parfois effectuée manuellement avec excès. Or, il existe des dispositifs de contrôle automatique de purge mesurant en continu la conductivité et l'acidité de l'eau permettant de réguler la purge à l'optimum. Le taux de purge optimum varie toutefois en fonction de la qualité de l'eau (et donc de la région), du taux de retour de condensats et du traitement d'eau réalisé : ce taux peut ainsi varier entre 1% (avec une osmose inverse) et 13% de la production totale de vapeur.

Réduction du taux de purge de la chaudière de 10 à 2% : Economies de combustible : environ 1 %



Source : Armstrong International

Action :

S'il existe des possibilités de récupération d'air chaud en chaufferie ou à proximité, vous pouvez demander une offre auprès d'une entreprise de montage/de tuyauteries industrielles.

Action :

Vous pouvez demander une offre pour l'équipement et son installation auprès d'un spécialiste/fournisseur d'équipements vapeur

Récupérez-vous la chaleur des purges de vos chaudières ?

→ Récupération de la chaleur de revaporisation des purges de la chaudière

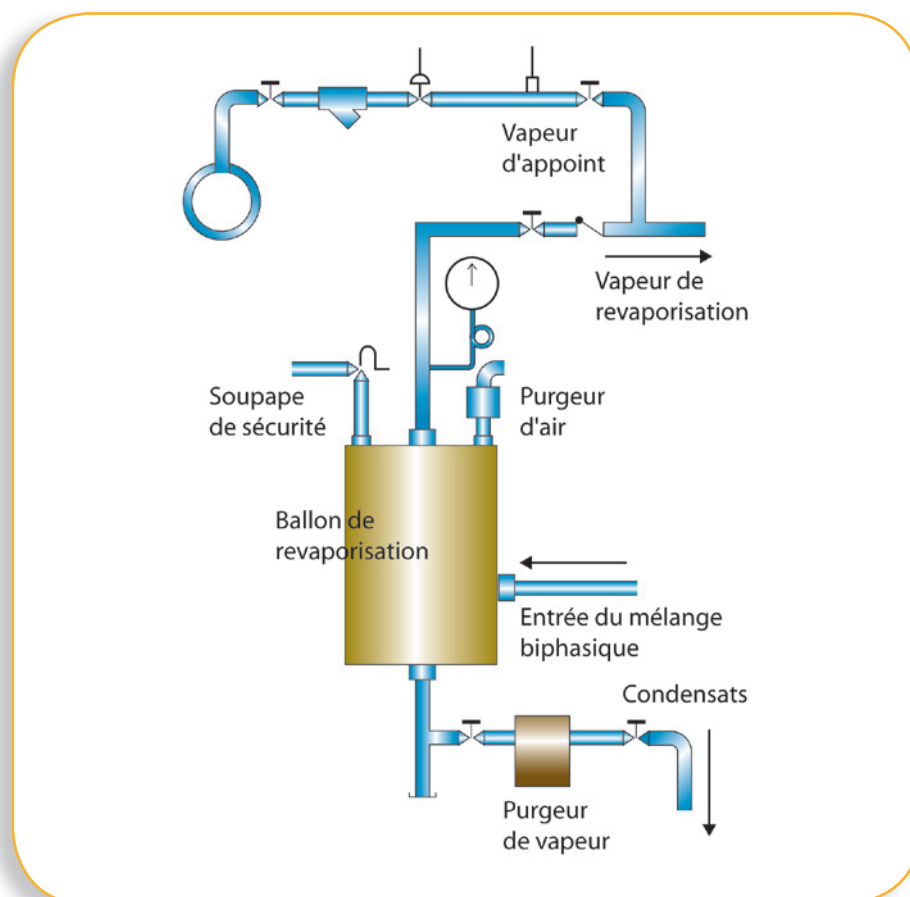
L'eau de purge, se trouvant à la même pression que la chaudière, se revaporise en partie lorsqu'elle est évacuée à l'atmosphère (du fait de la différence de chaleur sensible de l'eau entre ces 2 pressions). Pour une chaudière fonctionnant à 8 barg, 15% du volume d'eau purgée se revaporise mais cette vapeur de revaporisation contiendra 52% de l'énergie totale purgée.

Après séparation des phases liquide et gazeuse dans un ballon de flash, on peut récupérer la vapeur (le flash) en l'injectant dans la bûche alimentaire. La phase liquide sortant du ballon de flash sera, elle, récupérée pour préchauffer l'eau d'appoint de la chaudière. Comme des normes environnementales limitent la température des rejets d'eau à l'égout, l'eau de purge à éliminer doit souvent être mélangée à de l'eau de refroidissement. Récupérer la chaleur de cette eau de purge avant son évacuation permet donc de faire des économies supplémentaires.

Action :

Vous pouvez demander une offre pour l'équipement et son installation auprès d'un spécialiste/fournisseur d'équipements vapeur

Revaporisation des purges de la chaudière : Economies de combustible : 0,5%



Source : Armstrong International

Disposez-vous d'un système de régulation pour l'ensemble des chaudières ?

→ Régulation en cascades de plusieurs chaudières

Si vous disposez de plusieurs chaudières, plutôt que d'assurer leur contrôle individuellement, il est possible d'installer un module de régulation qui gèrera l'ensemble des chaudières de la chaufferie en établissant une cascade.

Ainsi, prenons l'exemple d'une entreprise qui a 2 chaudières vapeur et des besoins de 14 t/h de vapeur le matin et 6 t/h l'après-midi. Sans système en cascades, les 2 chaudières pourraient fonctionner à 40% de leur charge. Avec la régulation en cascade, on aura 1 chaudière maître et une chaudière esclave : les 2 chaudières fonctionneraient ainsi le matin et dès que le débit passe sous 8 t/h (par ex.) l'après-midi, la chaudière esclave se met en stand-by et la chaudière maître peut fonctionner à 80% de sa charge.

Et comme le rendement augmente lorsque la charge augmente (et cela est d'autant plus vrai avec économiseur), la régulation en cascades permettra de réaliser des économies d'énergie.

Régulation : Economies de combustible : dépend de la production

Dans quel état est le calorifugeage de vos chaudières ?

→ Calorifugeage de la chaudière

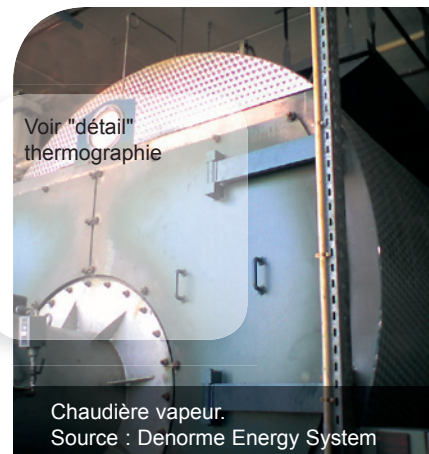
Après quelques années, le calorifuge des chaudières se détériore, il peut avoir été abîmé par endroits par des opérations de maintenance, ou par des travaux réalisés à proximité, etc... Or, aux niveaux de température auxquelles une chaudière à vapeur opère, les pertes thermiques, notamment par radiation, sont importantes et affectent le rendement de la chaudière de manière significative.

Il est donc important d'assurer un calorifugeage adéquat (100-120 mm d'épaisseur, forte densité) en évitant de créer des ponts thermiques (au niveau des renforts métalliques p.ex.)

Il est important de vérifier et remettre en état ce calorifuge à intervalles réguliers.

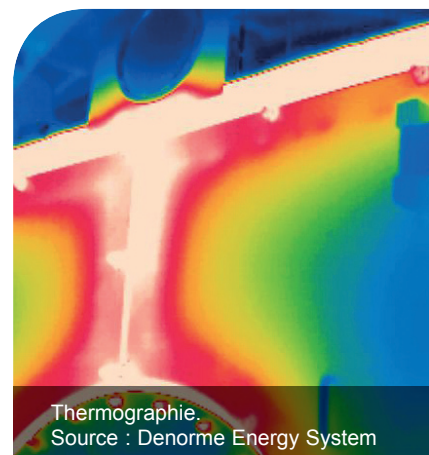
Calorifugeage de la chaudière : Economies de combustible : jusque 1%

Remarque générale : les pourcentages d'améliorations annoncés ne sont pas forcément cumulables. Par exemple, si vous installez un économiseur, l'économie supplémentaire engendrée par la régulation de l'excès d'air ne sera pas aussi élevée que celle annoncée dans cette brochure.



Action :

Si vous avez plusieurs chaudières, vous pouvez demander une offre chez un spécialiste/fournisseur en matériel de régulation.



Action :

Réaliser une thermographie Infra-Rouge et, si besoin, demander une offre auprès d'une entreprise de calorifugeage.

Mais avez-vous encore besoin de vapeur

→ Choisir la source adéquate de chaleur

De nombreuses entreprises connaissent, au fil des années, des évolutions de leurs productions en fonction du marché etc... De ce fait, les besoins en chaleur changent également.

Ainsi, un process de production qui nécessitait autrefois d'être chauffé à 120°C a peut-être été remplacé par un process demandant seulement 90°C? Ou bien, les anciennes machines de production fonctionnant à la vapeur ont été supprimées au profit de nouvelles installations ne nécessitant pas de chauffage ou chauffées électriquement, et seul le chauffage des bâtiments est encore assuré via la vapeur ?

Dans ces cas, il est évident que la vapeur n'est plus nécessaire pour les applications qui en sont faites. Pire, utiliser de la vapeur pour ces applications entraîne des surconsommations inutiles en énergie pour les raisons suivantes :

- D'une part, parce qu'on a une chaudière qui produit de la vapeur à 6 barg, 165°C, par exemple, pour des besoins de chaleur de 90°C, voir même moins dans le cas du chauffage (en pratique, ce sera donc toute la chaleur équivalente à la vapeur de revaporisation en aval du purgeur sur l'échangeur d'eau chaude qui sera perdue puisqu'envoyée à l'atmosphère via la bache à condensats)...
- Et d'autre part, parce que cette vapeur est probablement produite par une chaudière dimensionnée pour les anciens besoins, et donc sur-dimensionnée par rapport aux besoins actuels. C'est donc une chaudière qui va fonctionner à chaque fois à la plus petite allure et donc avec un rendement plus faible.

Ainsi, lorsque les besoins en chaleur ne dépassent pas une température de 90°C (comme dans les 2 exemples ci-dessus), il est énergétiquement plus intéressant de répondre à ces besoins en chaleur via une chaudière eau chaude (et donc éventuellement une chaudière à condensation pour du chauffage). Si les besoins atteignent environ 100-110°C, on peut également envisager la chaudière à eau surchauffée.

Action :

Si tous vos process consommateurs de vapeur nécessitent une température de 90°C ou moins, envisagez de remplacer la chaudière vapeur par une chaudière eau chaude.



Chaudière à condensation. Source : hellopro.

POUR PLUS D'INFOS...

Contacts/références :

En bref, toutes ces optimisations sont envisageables dans votre entreprise si vous disposez d'une chaufferie vapeur. Cette fiche vous donne une idée du potentiel d'optimisation mais l'étude et la mise en œuvre de ces mesures doivent souvent être réalisées par des spécialistes. Ci-dessous donc une liste de contacts utiles :

- Spécialistes et fournisseurs équipements : rechercher dans la base de données www.cstsc.be → chercher des produits ou <http://www.cstsc.be/homepage/index.cfm?cat=services&sub=buildingproducts&pag=search> → Avec comme critère : VAPEUR pour les équipements vapeur

Description du produit :

Chaudières industrielles à vapeur basse et/ou haute pression en acier
Installations fixes et mobiles d'extraction des gaz de fumées et d'échappement
Régulateurs de température pour installations de chauffage à vapeur
Purgeurs de condensats pour installations à vapeur
Réducteurs de pression de vapeur
Aérothermes à vapeur
Humidificateurs d'air par injection de vapeur
Inhibiteurs de corrosion en phase vapeur

- Site portail Energie de la Région Wallonne : <http://energie.wallonie.be> (liste des bureaux d'étude agréés, Primes de la Région Wallonne, liens utiles, etc...)

Bibliographie :

Ont contribué à la rédaction de ce cahier technique toutes les entreprises citées en source photographique.

Réactif de sept/oct/nov 2004

Energymag de sept/oct 2006

<http://www.energypooling.be/> → investissements économiseurs d'énergie → vapeur

<http://www.kuiperinternetdiensten.nl/demo2/default.asp>

RÉSUMÉ DES AMÉLIORATIONS ÉNERGÉTIQUES

Niveau d'investissement	Problème à repérer	Amélioration/Action	Commentaire	Rentabilité
Coût 0	Quel est l'aspect général de votre chaufferie ?	Se rendre compte de l'aspect général de la chaufferie via des visites régulières de la chaufferie		+
Coût 0	Quelles mesures de base pouvez-vous réaliser ?	Analyse des données du capteur de pression en sortie chaudière Analyser le comportement du brûleur		++
Coût 0	Votre personnel a-t-il conscience du coût élevé de la vapeur ?	Sensibiliser le personnel	Réaliser des réunions et affiches de sensibilisation	++
Coût 0	En quoi consiste la maintenance régulière de votre chaudière ?	Mettre en place une procédure de maintenance de la chaudière	Cahier de maintenance, ronde sur le toit	+++
Coût 0	Avez-vous des chaudières en stand-by ?	Arrêter les chaudières en stand-by ou veiller à ce qu'elles consomment le moins possible dans ce mode	Selon un process fragile ou non	+
Faible Coût	Avez-vous réellement besoin de la vapeur à la pression produite ?	Réduire la pression vapeur en sortie chaudière	en continu ou pendant les périodes creuses uniquement	+
Faible Coût	Voulez-vous savoir lesquelles de ces améliorations sont applicables chez vous ?	Réalisation d'un audit vapeur	Consulter un spécialiste/BE	+
Investissement	Connaissez-vous la quantité d'énergie contenue dans votre tonne vapeur ?	Installation d'un débitmètre vapeur	Consulter un spécialiste en instrumentation ou BE	+++
Investissement	Avez-vous besoin d'une nouvelle chaudière vapeur ?	Choisir la bonne chaudière vapeur	Analyser vos besoins de vapeur et consulter un chaudiériste	+++
Investissement	Récupérez-vous un maximum de l'énergie contenue dans les fumées ?	Installation d'un économiseur + pincement sur économiseur + condenseur	Consulter un spécialiste/BE pour une étude de faisabilité	+++
Investissement	Avez-vous un brûleur modulant ?	Installation d'un brûleur modulant	Consulter un spécialiste/BE ou un chaudiériste/spécialiste brûleur	+
Investissement	Contrôlez-vous la combustion de vos chaudières ?	Régulation de l'excès d'air de combustion	Consulter un spécialiste/BE ou un chaudiériste/spécialiste brûleur	+++
Investissement	L'air qui entre dans la chaudière est-il le plus chaud possible ?	Préchauffage de l'air de combustion de la chaudière	Consulter un spécialiste/BE	+
Investissement	Contrôlez-vous les purges de vos chaudières ?	Réduction du taux de purge de la chaudière	Consulter un spécialiste/BE	+
Investissement	Récupérez-vous la chaleur des purges de vos chaudières ?	Récupération de la chaleur de revaporisation des purges de la chaudière	Consulter un spécialiste/BE	+
Investissement	Avez-vous un système de régulation pour l'ensemble des chaudières ?	Régulation en cascades chaudières	Consulter un spécialiste/BE ou un chaudiériste ou spécialiste instrumentation	+
Investissement	Dans quel état est le calorifugeage de vos chaudières ?	Calorifugeage de la chaudière	Réaliser une thermographie Infra-Rouge/Consulter une entreprise de calorifugeage	+

COLOPHON

Opérateurs désignés par la Région wallonne :



Institut de Conseil et d'Études en Développement Durable (ICEDD) asbl

Boulevard Frère Orban 4, 5000 NAMUR

Contact : Stéphanie MARCHANDISE, Responsable de Projets

Tél. : 081 25 04 80 — Fax : 081 25 04 90

Courriel : sm@icedd.be

Econotec Consultants

Rue des Guillemins 26 / 2^e étage, 4000 LIÈGE

Contact : Georges LIEBECQ, Consultant

Tél. : 04 349 56 18 — Fax : 04 349 56 10

Courriel : georges.liebecq@econotec.be

ECONOTEC
CONSULTANTS

Pour le compte de :

Service public de Wallonie

**Direction générale opérationnelle Aménagement du territoire,
Logement, Patrimoine et Énergie**

Département de l'énergie et du Bâtiment durable

Avenue Prince de Liège 7, 5100 Jambes

Tél : 081 33 56 40 — Fax : 081 33 55 11

Courriel : Energie@spw.wallonie.be

Site portail de l'énergie de la Région wallonne :

<http://energie.wallonie.be>



En partenariat avec :

Fédération de l'Industrie Alimentaire (FEVIA) asbl

Avenue des Arts 43, 1040 Bruxelles

Tél. : 02 550 17 40 — Fax : 02 550 17 59

Courriel : info@fevia.be



Editeur responsable :

Dominique SIMON, Directeur.

Crédits photographiques :

photo de couverture : "Générateurs de vapeur", Clayton

2^eère diffusion électronique, édition septembre 2010

