

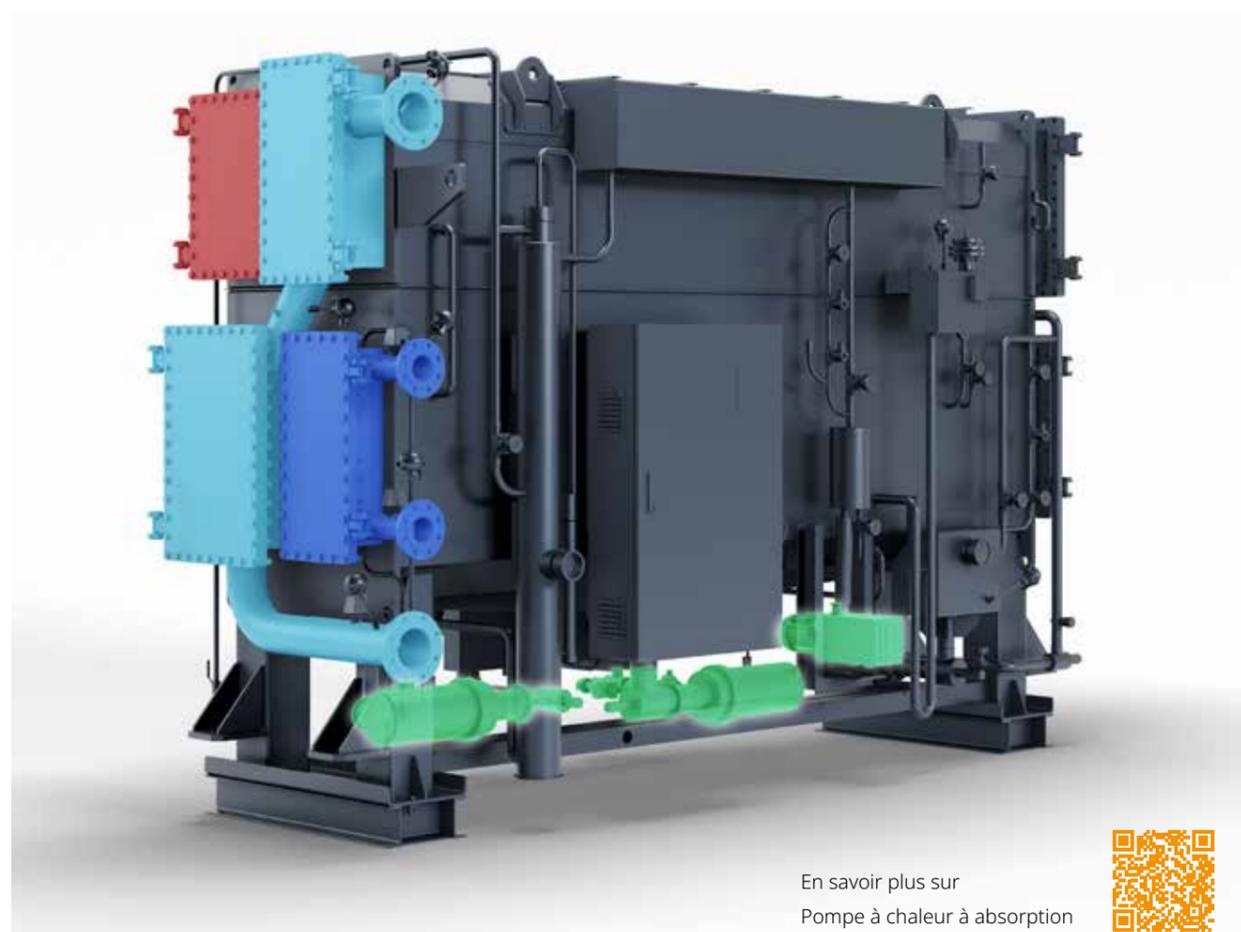


# Efficacité maximale pour les installations de chauffage à biomasse

Récupération de la chaleur au moyen d'une pompe à chaleur  
à absorption et condensation active des fumées



Schmid – Foyer à grille d'alimentation UTSR-1600 visio



En savoir plus sur  
Pompe à chaleur à absorption



Modèle 3D d'une pompe à chaleur à absorption de STEPSAHEAD

## Gain énergétique supplémentaire avec une utilisation constante du combustible – récupération maximale de la chaleur par le biais d'une pompe à chaleur à absorption

Avec une récupération de la chaleur optimisée des gaz fumées, l'efficacité des installations de chauffage à biomasse peut être considérablement augmentée. L'utilisation combinée d'installation de condensation des gaz fumées et de pompes à chaleur à absorption permet de générer 20 – 40 % de chaleur de chauffage supplémentaire à partir de la même quantité de combustible.

Les gaz d'échappement fumées résultant de la combustion de biomasse contiennent environ 10 à 25 % en volume de vapeur d'eau. Beaucoup de chaleur est stockée dans cette vapeur d'eau qui est libérée lors de la condensation. Environ 670 kWh de chaleur sont libérés par tonne de vapeur d'eau.

Pour la condensation, les gaz d'échappement doivent être refroidis en dessous de leur température de rosée. En fonction de l'humidité du combustible et de la teneur résiduelle en oxygène des gaz d'échappement, cette température est d'environ 45 à 60 °C. Plus les gaz d'échappement peuvent être refroidis dans l'installation de condensation, plus la chaleur de condensation peut être récupérée.

Dans la pratique, le retour du réseau de chaleur est souvent utilisé pour refroidir l'installation de condensation des gaz d'échappement. Sa température se situe souvent dans la plage de 55 à 60 °C et elle est donc proche ou supérieure à la température du point de rosée.

Dans ces conditions, la vapeur d'eau dans les gaz d'échappement ne peut pas être condensée ou seulement de manière insuffisante, les performances de l'installation de condensation des gaz d'échappement sont limitées ou elle ne fonctionne pas du tout.

Schmid energy solutions et STEPSAHEAD veulent concevoir des installations de chauffage à biomasse d'une efficacité maximale. La condensation active des gaz d'échappement avec une pompe à chaleur à absorption permet d'augmenter l'efficacité, d'utiliser de la chaleur de chauffage additionnelle et de réduire la dépendance à la température de retour du réseau de chaleur.

### Avantages avec la dernière génération de régulation Revolution adaptive

La dernière régulation de la combustion Revolution adaptive de Schmid energy solutions est particulièrement avantageuse en combinaison avec des installations de condensation. Sans intervention de l'opérateur, elle maintient durablement de faibles niveaux d'oxygène résiduel même avec des qualités de combustible changeantes, ce qui améliore la condensation des gaz d'échappement, elle augmente le point de rosée de l'eau dans les gaz d'échappement et elle permet des rendements thermiques plus élevés. Cela permet le fonctionnement économique des pompes à chaleur à absorption avec des chaudières à eau chaude (105 °C) au lieu de chaudières à eau surchauffée soumises, ce qui réduit les coûts et les dépenses d'investissement et d'exploitation.

### Coopération Schmid energy solutions et STEPSAHEAD

En février 2024, Schmid energy solutions et STEPSAHEAD ont conclu une collaboration afin de mettre en place un système de production de chaleur hautement efficace, basé sur la condensation active des gaz d'échappement sur les chaudières Schmid.

Les pompes à chaleur à absorption STEPSAHEAD pour la condensation active des gaz d'échappement sont utilisées avec succès depuis des années dans les installations de chauffage et les entreprises industrielles.

En savoir plus sur  
Revolution adaptive



En savoir plus sur  
STEPSAHEAD



# Le gain énergétique dans le diagramme du flux d'énergie

**Pour la représentation dans le flux énergétique, on considère une chaudière à biomasse d'une puissance nominale / utile de 1'000 kW.**

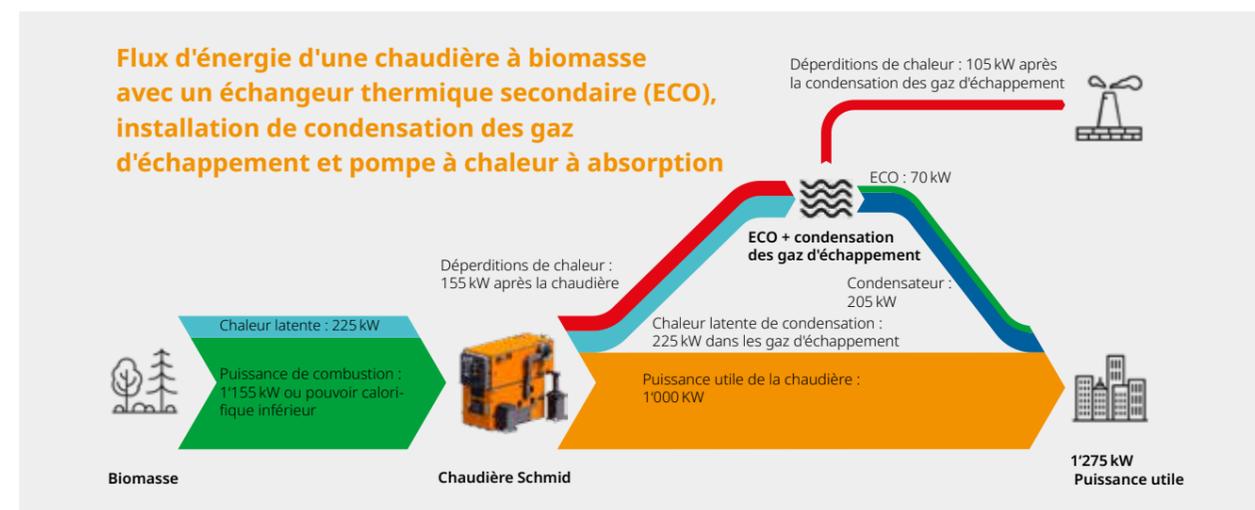
Une chaudière à biomasse classique sans échangeur thermique secondaire (ECO) et une installation de condensation des gaz d'échappement nécessite une puissance calorifique de combustion d'environ 1'155 kW pour 1'000 kW de puissance utile. Les pertes de 155 kW sont dues à des déperditions de chaleur et chimiques, mais surtout aux gaz d'échappement chauds inutilisés qui s'échappent de la chaudière. La chaleur résiduelle et chaleur latente de la vapeur présente dans les gaz d'échappement de 225 kW reste inutilisée sans ECO et sans installation de condensation.

Un ECO fournit en outre environ 70 kW et une installation de condensation des gaz d'échappement active avec une pompe à chaleur à absorption fournit 205 kW de puissance calorifique utile supplémentaire,

avec une puissance de combustion constante (utilisation de combustible 1'155 kW).

Cette installation très efficace fournit au réseau de chauffage urbain 1'275 kW de chaleur utile à partir de 1'155 kW de puissance de combustion (en termes de pouvoir calorifique inférieur), ce qui correspond à un rendement d'environ 110 %.

Des rendements supérieurs à 100 % sont possibles, car le pouvoir calorifique inférieur ne tient pas compte par définition de la chaleur de condensation de la vapeur d'eau dans les gaz d'échappement (225 kW). En termes de pouvoir calorifique supérieur (1'380 kW), le rendement est d'environ 93 % (1'275 kW / 1'380 kW).



# Avantages d'une pompe à chaleur à absorption

Les pompes à chaleur peuvent être utilisées pour transférer la chaleur à basse température générée dans une installation de condensation des gaz d'échappement dans le circuit de retour du réseau si la température de retour du réseau est trop élevée pour une condensation fiable des gaz d'échappement. La chaleur à basse température peut ainsi passer d'une température de 48 °C à 63 °C et être intégrée dans un retour de réseau de chaleur à 55 °C par exemple.

Schmid energy solutions et STEPSAHEAD utilisent une pompe à chaleur à absorption pour augmenter la température résultant de la chaleur de condensation.

Contrairement à une pompe à chaleur à compression qui nécessite un compresseur à entraînement électrique, la pompe à chaleur à absorption est basée sur un circuit d'absorption / désorption utilisant une solution d'eau et de sel de bromure de lithium. L'ensemble est alimenté par de l'eau chaude ( $\geq 105$  °C). Par conséquent, la pompe à chaleur à absorption consomme très peu d'électricité (< 1 % de la puissance thermique) par rapport à la pompe à chaleur à compression.

L'eau chaude pour l'entraînement de la pompe à chaleur à absorption est fournie par la chaudière à biomasse. L'eau chaude entraînant la pompe à chaleur génère d'une part de l'eau suffisamment froide pour condenser la vapeur contenue dans les gaz d'échappement tout en combinant la chaleur restante avec la chaleur latente de condensation, à basse température. Cette chaleur supplémentaire est utilisée pour réchauffer l'eau du retour du réseau, ce qui permet de réduire les pertes de chaleur.

## Augmentation de l'efficacité et de la performance, réduction des coûts d'exploitation

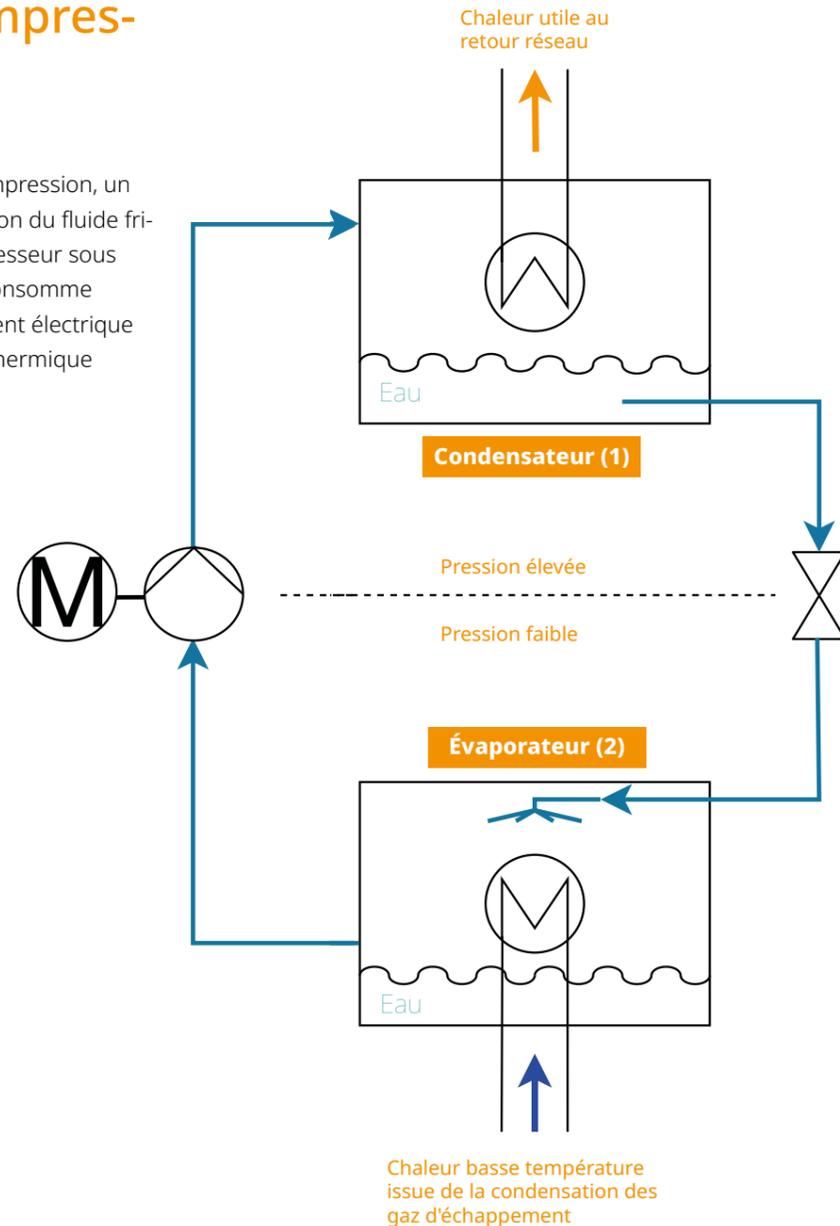
- Augmentation importante du taux d'utilisation de la biomasse
- 20 – 40 % de chaleur de chauffage supplémentaire provenant de la même quantité de combustible – augmentation de la puissance de l'installation de chauffage
- Réduction des coûts du combustible par unité de chaleur de chauffage produite
- Faibles coûts d'entretien et de maintenance supplémentaires
- Plage de fonctionnement importante de la pompe à chaleur à absorption (de 10 % à la puissance nominale)

## Respectueux de l'environnement

- Consommation électrique < 1 % de la puissance thermique de la pompe à chaleur à absorption (pompes à chaleur à compression > env. 25 %)
- Fluide utilisé dans la pompe à chaleur à absorption non nocifs: solution de bromure de lithium
- Fonctionnement de la pompe à chaleur à absorption en dépression : aucun risque de fuite
- Préservation des ressources grâce à la réduction de la consommation de biomasse
- réduction du panache de vapeur visible en sortie de cheminée grâce à une condensation efficace des gaz d'échappement
- Fonctionnement silencieux de la pompe à chaleur

## Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur à compression

Dans une pompe à chaleur à compression, un compresseur augmente la pression du fluide frigorigène, présent dans le compresseur sous forme de gaz. Le compresseur consomme beaucoup d'énergie d'entraînement électrique (> environ 25 % de la puissance thermique générée).



### 1<sup>er</sup> Fonctionnement partiel de la pompe à chaleur

#### Transfert de la chaleur

Les pompes à chaleur sont utilisées pour transférer la chaleur d'un niveau de température bas à un niveau de température plus élevé.

Les pompes à chaleur utilisent l'évaporation et la condensation d'un fluide de travail, fluide frigorigène, pour le transfert de la chaleur.

#### Condensateur (1) :

La chaleur est libérée et le fluide de travail est condensé. Il en va de même pour un verre à boisson froid, sur lequel l'humidité de l'air se condense, transmet la chaleur de l'air et se réchauffe lentement.

#### Évaporateur (2) :

La chaleur provenant de la condensation des fumées est apportée dans l'évaporateur. Le fluide de travail (eau détendue provenant du condenseur) est évaporé. Ceci est comparable à la cuisson de l'eau sur une plaque de cuisson.

### 2<sup>nd</sup> Fonctionnement partiel de la pompe à chaleur

#### Atteinte de différents niveaux de température lors de l'alimentation et de la sortie de la chaleur

Les pompes à chaleur fonctionnent avec deux niveaux de pression et elles influencent ainsi la température d'évaporation et de condensation de l'équipement de travail :

*Analogie* : l'eau bout au niveau de la mer à 100 °C, à 3000 m d'altitude (pression atmosphérique réduite) déjà à 90 °C.

#### Condensateur (1) :

Pression plus élevée = température de condensation élevée. Condensation du fluide de travail à haute température de condensation avec une émission de la chaleur.

#### Évaporateur (2) :

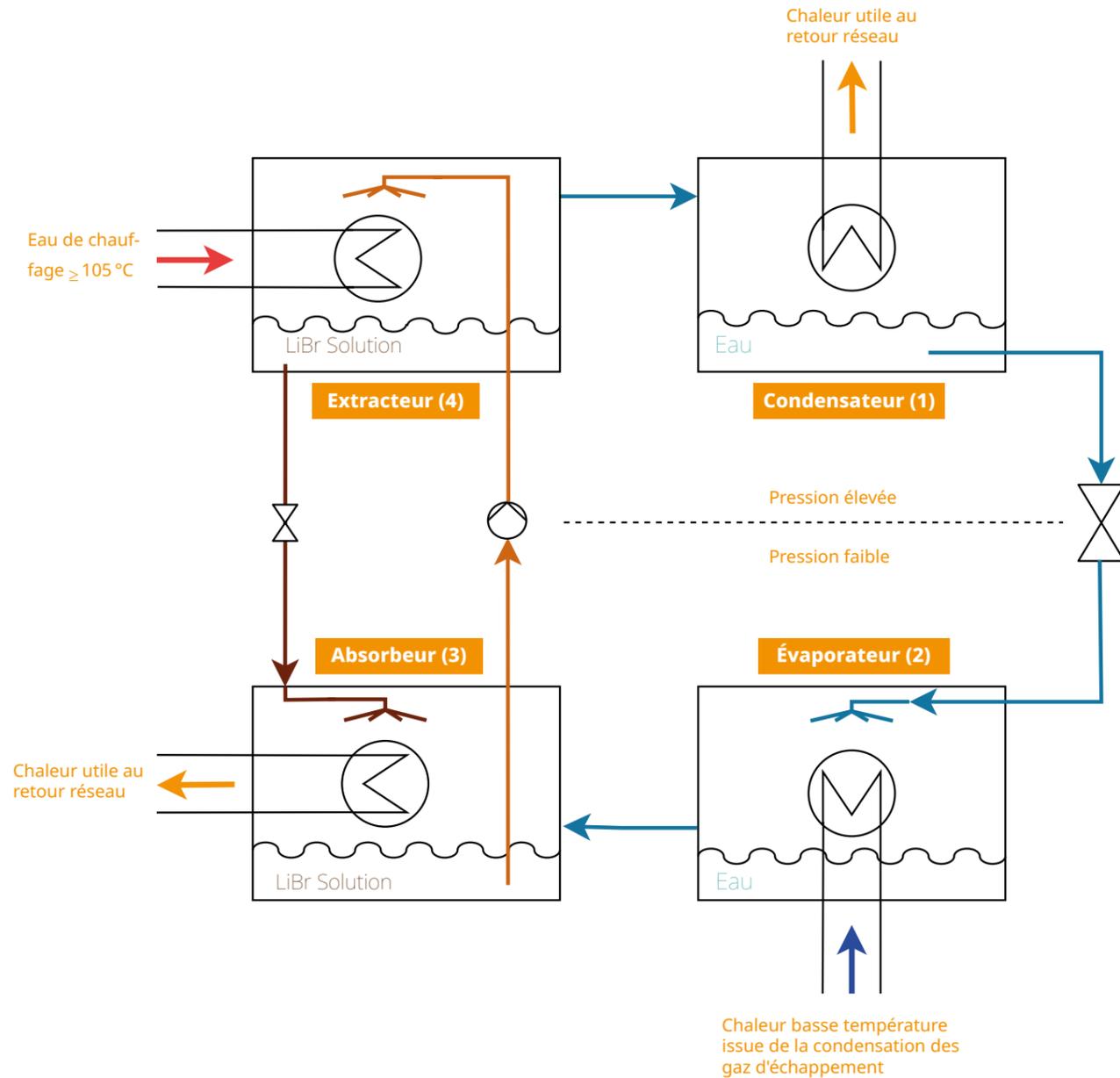
Basse pression = basse température d'ébullition. Évaporation du fluide de travail à basse température d'ébullition avec un apport de chaleur.

### Circuit des pompes à chaleur

Pour maintenir la pression dans l'évaporateur à un niveau bas, la vapeur du fluide de travail doit de nouveau être dirigée vers le condenseur et donc être amenée à une pression supérieure. Pour faire passer la vapeur du fluide de travail d'une pression basse à une pression plus élevée, on fournit de l'énergie.

Le circuit de la pompe à chaleur est ainsi fermé et il est donc possible de faire passer la chaleur d'un niveau de température bas (évaporateur) à un niveau de température plus élevé (condenseur) grâce à différents niveaux de pression dans l'évaporateur et le condenseur et à l'apport d'énergie d'entraînement.

## Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur à absorption de bromure de lithium



**La pompe à chaleur à absorption est un type de pompe à chaleur alimentée par la chaleur (eau chaude) provenant dans notre cas d'une chaudière à biomasse. Elle consomme donc peu d'électricité.**

Une pompe à chaleur à absorption au bromure de lithium utilise de l'eau et de la vapeur d'eau à deux niveaux de pression différents en tant que fluide de travail.

Un circuit fermé d'absorption et de désorption avec une solution d'eau et de bromure de lithium (LiBr) en combinaison avec une petite pompe fonctionne comme un compresseur.

La vapeur d'eau, en tant que fluide de travail est ainsi amené d'un niveau de pression bas à un niveau de pression plus élevé. Cela est effectué en suivant les étapes suivantes :

### Absorption dans l'absorbeur (3) :

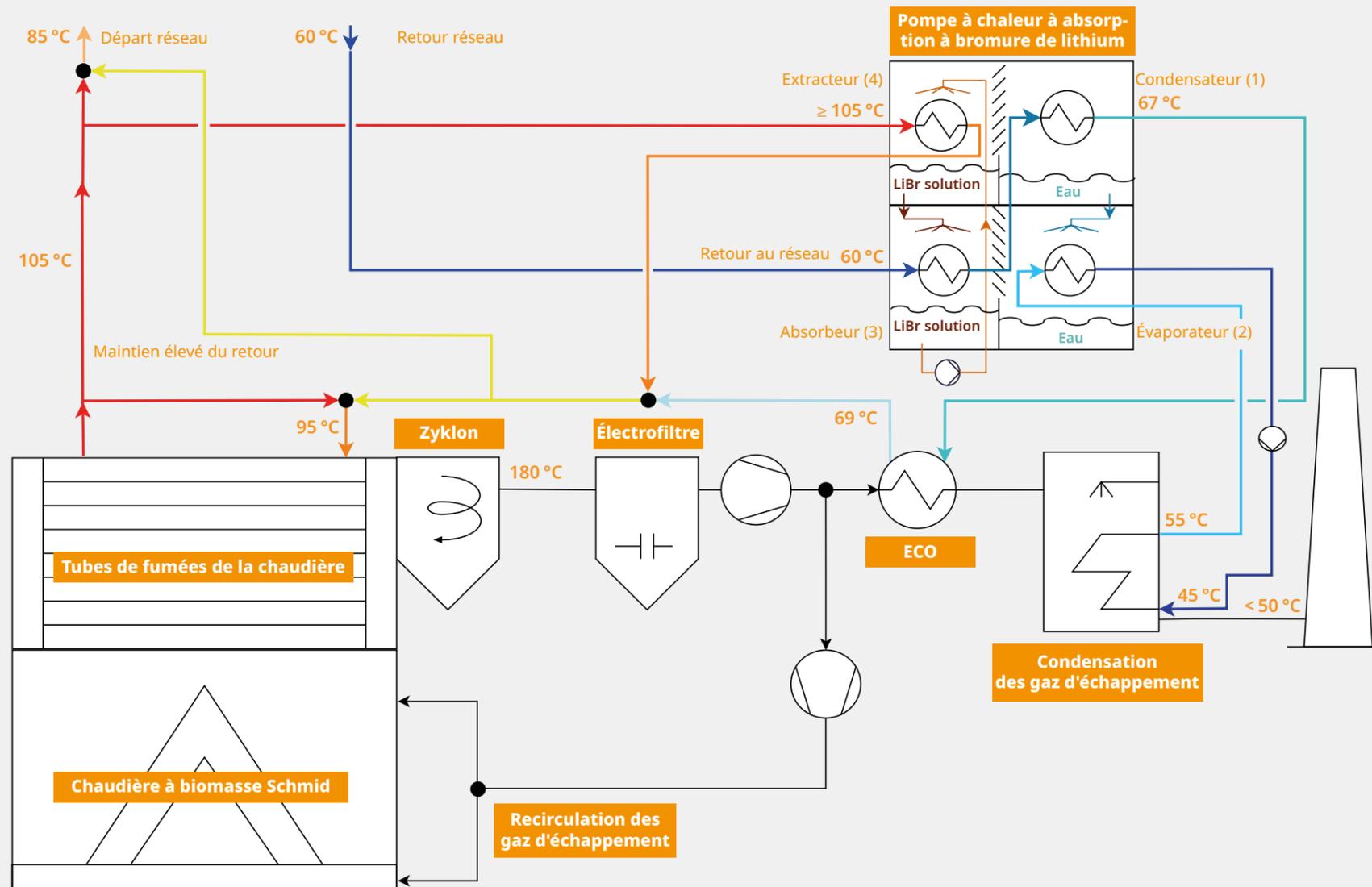
La solution concentrée de LiBr absorbe la vapeur d'eau générée dans l'évaporateur (2). Ceci est comparable au sel, qui absorbe l'humidité de l'air.

Une petite pompe augmente la pression de la solution de LiBr diluée avec de la vapeur d'eau et la refoule dans l'extracteur (4) avec un niveau de pression accru. L'augmentation de la pression de la solution à l'aide d'une pompe consomme beaucoup moins d'énergie électrique que l'augmentation de la pression de la vapeur à l'aide d'un compresseur.

### Libération dans l'extracteur / désorbeur (4) :

afin de maintenir le processus, la solution de LiBr doit être à nouveau concentrée. À cet effet, elle est chauffée afin de libérer de la vapeur d'eau. Pour le chauffage, de l'eau de chauffage  $\geq 105\text{ °C}$  est utilisée fournie par la chaudière à biomasse.

La solution concentrée de LiBr est renvoyée dans l'absorbeur (3).



## Intégration de la pompe à chaleur à absorption dans une installation de chauffage à biomasse Schmid

**L'intégration de la pompe à chaleur à absorption est effectuée dans trois circuits hydrauliques.**

La pompe à chaleur à absorption, associée à la régulation de la combustion Revolution adaptive, nécessite une température motrice minimale de 105 °C. Des températures motrices plus élevées allant jusqu'à 150 °C permettent des hausses de température plus élevées et des températures de condensation plus basses, ce qui est avantageux sur le plan énergétique. Cependant, les températures motrices > 105 °C nécessitent une chaudière à eau surchauffée impliquant des coûts et des dépenses d'investissement et d'exploitation accrus. L'utilisation d'une chaudière à eau chaude (température de départ ≤ 105 °C) est donc particulièrement avantageuse pour des raisons économiques et organisationnelles, notamment pour les installations jusqu'à environ 3 MW. Pour les installations plus grandes, l'utilisation d'une chaudière à eau surchauffée avec des températures de départ allant jusqu'à 150 °C peut être intéressante.

### Circuits hydrauliques

(Les températures sont des exemples spécifiques au projet)

#### Retour du réseau de chaleur :

Le retour du réseau de chaleur (60 °C) traverse l'absorbeur (3) et le condensateur (1) de la pompe à chaleur à absorption et il est chauffé d'environ 7 °C. Il absorbe la chaleur à basse température de la condensation des gaz d'échappement ainsi que la chaleur d'entraînement de l'extracteur (4). Après la pompe à chaleur à absorption, le retour du réseau de chaleur traverse l'économiseur et il est ensuite acheminé vers la chaudière à biomasse Schmid. Un ballon accumulateur peut aussi être intégré dans le circuit à l'endroit approprié. L'eau de chauffage est finalement chauffée à 105 °C (ou jusqu'à 150 °C avec une chaudière à eau surchauffée) dans la chaudière à biomasse.

#### Départ chaudière à biomasse Schmid :

Une partie de l'eau de chauffage provenant de départ de la chaudière à biomasse est alimentée en énergie motrice à 105 °C (ou jusqu'à 150 °C avec la chaudière à eau surchauffée) à l'extracteur (4) de la pompe à chaleur à absorption. L'eau de chauffage refroidie dans la pompe à chaleur à absorption est ensuite réintégrée dans le retour de la chaudière à biomasse. L'autre partie de l'eau de chauffage produite par la chaudière à biomasse est partagée en deux voies : une partie est envoyée vers le réservoir tampon, tandis que l'autre est mélangée à l'eau de retour du réseau de chaleur pour obtenir la température de départ souhaitée, généralement entre 80 et 90 °C.

#### Circuit de refroidissement de la condensation des gaz d'échappement :

L'installation de condensation des gaz d'échappement est reliée à la pompe à chaleur à absorption via le circuit de refroidissement. Elle fournit constamment suffisamment d'eau froide à 45 °C du côté froid de l'installation de condensation des fumées, dont les retours sont renvoyés dans l'évaporateur (2) de la pompe à chaleur à absorption à environ 55 °C.

Les gaz d'échappement sont refroidis à partir d'environ 180 °C à la sortie du foyer jusqu'à environ 50 °C à la sortie de l'installation de condensation des gaz d'échappement.

Dans les installations à plusieurs chaudières, en raison de la bonne capacité de charge partielle de la pompe à chaleur à absorption, plusieurs chaudières peuvent souvent être acheminées vers une pompe à chaleur à absorption. Les gaines de gaz d'échappement peuvent soit être regroupées dans une installation de condensation commune des gaz d'échappement, soit le circuit de refroidissement de l'évaporateur (2) de la pompe à chaleur à absorption est divisé en plusieurs installations de condensation des gaz d'échappement dont les circuits sont rassemblés avant d'entrer dans la pompe à chaleur à absorption.

Une conception et un dimensionnement minutieux sont nécessaires dans un premier temps afin de garantir le rendement élevé d'une installation de chauffage avec une pompe à chaleur à absorption, de l'installation de condensation des gaz d'échappement et de la chaudière à biomasse. Notre équipe spécialisée se charge de la conception, de la planification et de l'installation en collaboration avec le maître d'ouvrage.

# Rentabilité élevée

Un amortissement rapide et une rentabilité élevée sont l'objectif de tout investissement. La rentabilité de l'installation de condensation active des gaz d'échappement avec une pompe à chaleur à absorption dépend des critères suivants :

- Heures à pleine charge par an
- Températures de retour et d'alimentation du réseau (si nécessaire, cycle annuel)
- Humidité du combustible (si nécessaire, cycle annuel)
- Prix de vente de la chaleur
- Période d'amortissement et taux d'intérêt du financement

Les autres coûts, comme ceux de l'électricité, de l'entretien supplémentaire et du service, sont faibles et ils ne jouent donc qu'un rôle secondaire dans la rentabilité de l'installation. Cependant, ils sont pris en compte dans notre calcul de la rentabilité. Les coûts des dépenses supplémentaires pour le bâtiment, l'installation électrique et l'intégration hydraulique ont également été pris en compte.

## Exemple

Puissance nominale de la chaudière : 3'200 kW  
 Ø teneur en eau du combustible : M 50  
 Température de retour du réseau : 58 °C  
 Température de départ : 90 °C  
 Température du point de rosée des gaz d'échappement : 60 °C

Une condensation des gaz d'échappement sans pompe à chaleur à absorption n'est pas atteinte dans cette configuration ou seulement très faiblement.

## 880 kW de puissance thermique supplémentaire à pleine charge

Avec la condensation active des gaz d'échappement en combinaison avec une pompe à chaleur à absorption, les gaz d'échappement de l'installation de condensation sont refroidis à une température de 46 °C et la chaleur de condensation peut être utilisée. Ainsi, une puissance supplémentaire de 880 kW est disponible à pleine charge.

## Exemple d'amortissement

Taux d'intérêt du financement : 3 %  
 Prix de vente de la chaleur : 0.100 CHF / kWh (EUR / kWh)

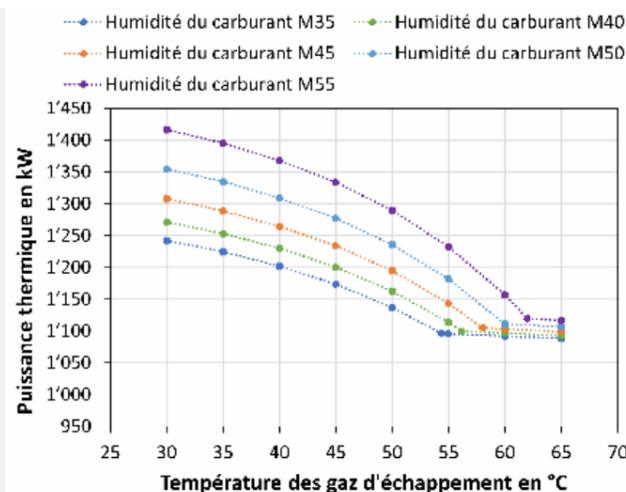
Heures à pleine charge : 3'000 heures  
 Période d'amortissement : < 5 ans  
 Retour sur investissement\* : > 10 % par an

Heures à pleine charge : 4'000 heures  
 Période d'amortissement : < 4 ans  
 Retour sur investissement\* : > 17 % par an

Heures à pleine charge : 5'000 heures  
 Période d'amortissement : < 3 ans  
 Retour sur investissement\* : > 24 % par an

\* Plus de 10 ans de fonctionnement de l'installation

Puissance thermique totale d'une chaudière à biomasse d'une puissance nominale de 1'000 kW et d'une condensation active des gaz d'échappement en fonction de la température des gaz d'échappement à la sortie.



# Modernisation des installations de chauffage à biomasse existante

Les installations de chauffage à biomasse existantes (installations à une ou plusieurs chaudières) peuvent également être équipées ultérieurement d'une installation de condensation des gaz d'échappement actif et d'une pompe à chaleur à absorption afin de maximiser leur efficacité énergétique et de produire plus de chaleur utile avec la même utilisation du combustible.

Lors de la modernisation, il est essentiel de concevoir de manière optimale l'installation en tenant compte de la chaudière à biomasse existante, du système hydraulique, ainsi que de nouveaux composants tels que l'économiseur, l'installation de condensation, et la pompe à chaleur à absorption. Par conséquent, une conception et un dimensionnement minutieux de tous les composants ainsi que les modifications nécessaires des installations existantes sont nécessaires. Notre équipe spécialisée se charge de la conception, de la livraison, de la planification, de l'installation ainsi que des transformations nécessaires et de la maintenance en collaboration avec le maître d'ouvrage.

## Nos prestations

- Conseil sur différentes options, y compris le calcul de la rentabilité
- Conception, planification et livraison de l'installation de chauffage à biomasse, y compris l'économiseur, la condensation des gaz d'échappement et pompe à chaleur à absorption STEPSAHEAD
- Coordination et exécution de l'installation en collaboration avec le maître d'ouvrage
- Mise en service et remise à l'exploitant, y compris la formation
- Forfait de maintenance

Intéressé par une offre ?

**Prenez un rendez-vous dès à présent.**

info@schmid-energy.ch | +41 71 973 73 73



En collaboration avec

**STEPSAHEAD**  
OPTIMIZED INDUSTRIAL ENERGY SYSTEMS

**SCHMID**  
energy solutions

