

NOTICE TECHNIQUE 8 | 2022

Pompes à chaleur Inverter

Les pompes à chaleur Inverter se multiplient en Suisse. Or, leur mise en service et leur fonctionnement optimal nécessitent des connaissances spécifiques. La présente notice expose et détaille les principales conditions, valeurs et informations les concernant.

La technologie Inverter adapte automatiquement la puissance calorifique de la pompe à chaleur aux besoins de chaleur du bâtiment en fonction de la température de la source. Alliée à un équilibrage hydraulique correct et un réglage optimal de la courbe de chauffage, elle améliore le confort (bien-être physique) et réduit considérablement la consommation électrique de la pompe à chaleur. Etant donné la réduction de la puissance motrice électrique et de la puissance calorifique (adaptation aux besoins), les pompes à chaleur Inverter sont plus efficaces en combinaison avec une installation photovoltaïque que les pompes à chaleur classiques. Elles favorisent ainsi la consommation propre.



Fonctionnement de la technologie Inverter

La fréquence du réseau conditionne la vitesse de rotation du compresseur. La fréquence du réseau d'alimentation électrique est constante et égale à 50 Hz. En la faisant varier, la technologie Inverter permet d'adapter la vitesse de rotation et donc la puissance : lorsqu'elle est basse, le compresseur tourne plus lentement et la puissance diminue.

Par conséquent, les heures de fonctionnement d'un compresseur Inverter ne peuvent pas être prises en compte dans les calculs de puissance.

Planification et conditions de dimensionnement

La valeur normalisée généralement disponible (p. ex. A2W35 ou B0W35) ne suffit pas pour dimensionner une pompe à chaleur Inverter.

Une planification optimale et adaptée au bâtiment par un spécialiste en chauffage est indispensable. Dans ce contexte, il convient d'éviter que la puissance thermique maximale de la pompe à chaleur Inverter soit nettement supérieure à la puissance calorifique nécessaire en conditions de dimensionnement.

La puissance maximale doit être aussi proche que possible des besoins de puissance du bâtiment.

L'efficacité optimale de la pompe à chaleur Inverter n'est pas atteinte à la vitesse de rotation maximale du compresseur. Selon le produit et le type, elle est égale à environ 70 % de la vitesse de rotation maximale du compresseur. Cette caractéristique coïncide avec la répartition de Gauss de la température extérieure, dont le maximum se situe à environ + 4 °C.

Formule générale pour l'évaluation de la puissance maximale de la pompe à chaleur

$Q_{h\text{bâtiment}}$ doit se situer dans la plage 75 - 100% de la puissance de la pompe à chaleur $Q_{pac\text{max}}$.

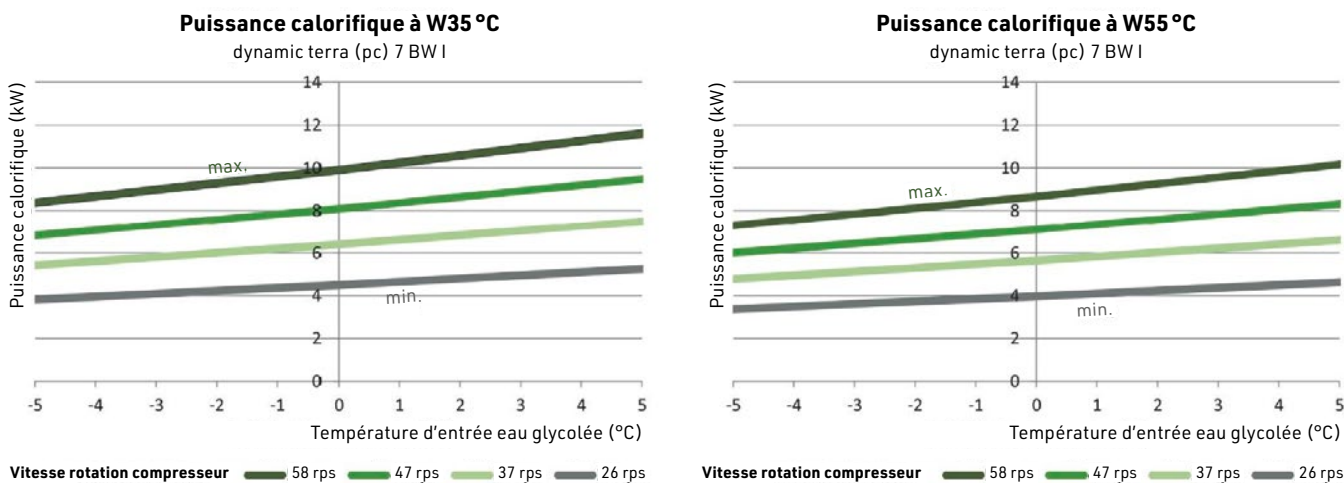
La méthode est la même que pour le dimensionnement d'une pompe à chaleur on/off, à la différence qu'un domaine de fonctionnement doit être pris en compte.

Pour fonctionner de façon optimale, une pompe à chaleur Inverter nécessite des pompes de circulation avec régulation de la vitesse de rotation.

Application eau glycolée/eau B0W35		
• Efficacité énergétique chauffage des locaux « climat moyen » 35 °C	ηs	209
• Efficacité énergétique chauffage des locaux « climat moyen » 55 °C	ηs	158
• Efficacité préparation eau chaude profil de consommation / ηwh 35 °C/55 °C	ηs	XL/100
• Coefficient de performance saisonnier « climat moyen » 35 °C/55 °C	SCOP	5,4/4,2
Puissances max./min. mode chauffage selon SN EN 14511		
• Puissance calorifique max. B0W35	kW	7,9
• Puissance calorifique min. B0W35	kW	1,8
• Puissance calorifique max. W10W35	kW	10,0
• Puissance calorifique min. W10W35	kW	2,6
Puissances nominales mode chauffage selon SN EN 14511		
• Puissance nominale B0W35	kW	4,1
• Coefficient de performance B0W35	COP	4,7
• Puissance nominale W10W35	kW	5,6
• Coefficient de performance W10W35	COP	6,5

Indications insuffisantes pour un dimensionnement correct

[FIG. 1] Exemple insuffisant issu d'une documentation technique : les valeurs de puissance pour la plage de charge partielle manquent.



[FIG. 2] Autre exemple avec indications plus complètes : les valeurs de puissance pour la plage de charge partielle sont mentionnées (source : Heim AG Heizsysteme). Tenir compte d'une température de la source proche de la réalité. Température de la source des sondes géothermiques selon la norme SIA 384/6.

L'exemple de la **[FIG. 2]** fournit des indications pour quatre plages de puissance (26, 37, 47 et 58 Hz) pour différentes températures de chauffage. Elles permettent d'améliorer la planification d'une exploitation avec une pompe à chaleur Inverter.

Lorsque ces indications sont complétées par un graphique, il est possible de calculer les valeurs de puissance correctes pour toutes les plages de puissance.

La puissance calorifique nécessaire pour le chauffage du bâtiment et les besoins d'eau chaude sanitaire doit être calculée au préalable de manière aussi précise que possible. Il faut également prendre en compte des périodes de délestage prolongées des fournisseurs d'énergie.

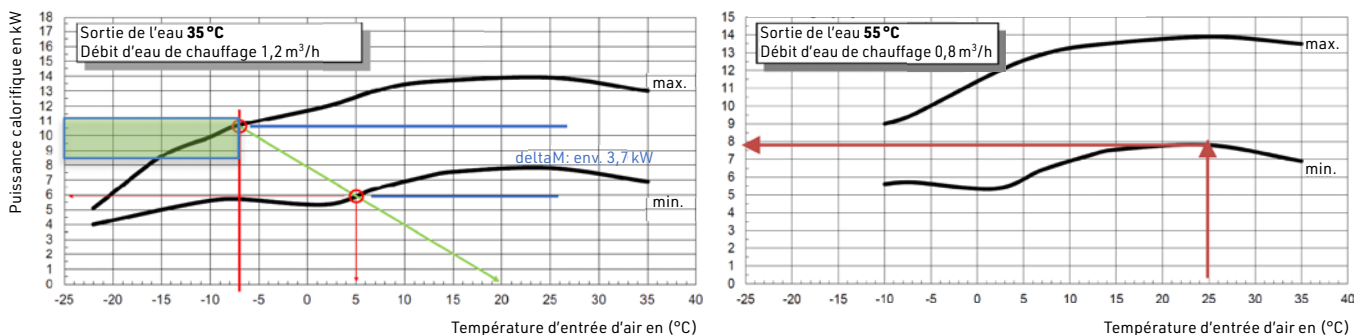
La puissance calorifique maximale nécessaire pour le chauffage des locaux et la préparation de l'eau chaude sanitaire est également déterminante pour le dimensionnement d'une installation avec pompe à chaleur Inverter en conditions de dimensionnement.

Lorsqu'une pompe à chaleur air/eau fonctionne en mode silence durant la nuit, la puissance calorifique disponible est inférieure. Il faut ainsi prévoir une réserve de puissance adaptée permettant de fournir l'énergie nécessaire lorsqu'elle repasse en mode jour.

Les valeurs de puissance nécessaires peuvent être calculées sur la base des graphiques suivants (voir **[FIG. 3]** et **[FIG. 4]**).

Pompe à chaleur air/eau

La courbe de chauffage (ligne verte) résulte de la puissance calorifique (env. 11,0 kW) nécessaire en conditions de dimensionnement (ici -7°C). Selon le graphique de la **[FIG. 3]**, la pompe à chaleur peut adapter la puissance calorifique nécessaire dans la plage de températures de -7°C à +5°C (mode modulant). Sous la courbe caractéristique de charge minimale à températures extérieures supérieures, elle fonctionne en mode on/off.



[FIG. 3] A gauche : dimensionnement hiver « chauffer »; à droite : production d'eau chaude en été. Surface verte : plage de dimensionnement idéale (source : Meier Tobler SA).

Valeurs de puissance nécessaires: la puissance minimale pour la charge d'eau chaude en mode estival à une température extérieure de +20°C est indiquée. Cette valeur est nécessaire pour dimensionner la surface de l'échangeur thermique de l'accumulateur d'eau chaude.

Pompe à chaleur avec sonde géothermique

Selon le graphique de la [FIG. 4], la pompe à chaleur peut à une température de la source de 0°C moduler dans une plage de puissance de 5,5 kW à 19 kW (ligne rouge). Lorsque les puissances sont inférieures, elle fonctionne en mode on/off. Elle est donc capable de fournir une puissance calorifique nominale d'environ 17 à 19 kW. Lorsque la température du sol est plus élevée, la plage de puissance augmente et la pompe à chaleur démarre plus rapidement.

Cela étant, les méthodes de dimensionnement diffèrent d'un fabricant ou fournisseur à l'autre.

SCOP (coefficient de performance saisonnier)

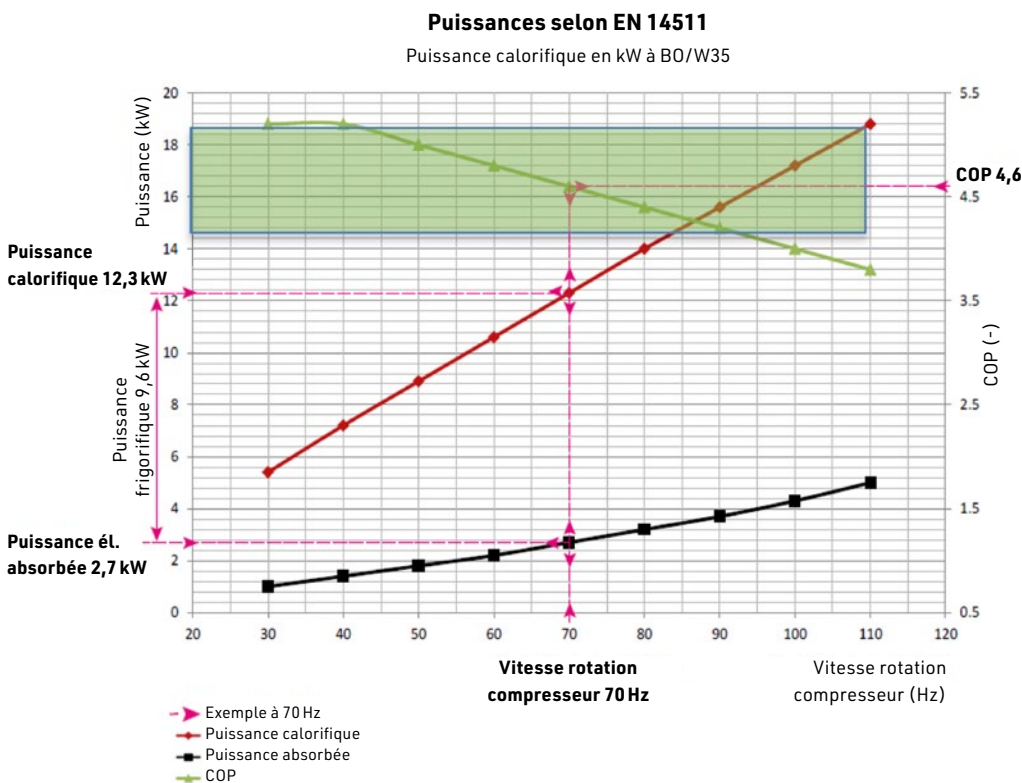
Détermine le coefficient de performance annuel d'une pompe à chaleur pour différents modes de fonctionnement, pondérés par zones climatiques. La mesure pour le mode chauffage repose sur les températures externes 12°C, 7°C, 2°C et -7°C. En Suisse, le SCOP est indiqué par les fournisseurs pour la mise sur le marché.

COP (coefficient de performance)

Rapport entre la puissance thermique utilisable et la puissance utilisée d'une pompe à chaleur en conditions de fonctionnement définies.

COPA (coefficient de performance annuel)

Rapport entre l'énergie thermique produite et l'énergie électrique utilisée, sur un an.



[FIG. 4] Puissances selon SN EN 14511 : bon exemple avec indications dans la totalité de la plage de puissance pour B0W35. Ces indications sont également disponibles pour B0W45 et B0W55 (source : CTC SA). Surface verte : plage de dimensionnement idéale.

Conditions de mise en service et de fonctionnement

Remarque

Conformément à la stratégie d'optimisation énergétique actuelle, la courbe de chauffage devrait être réglée de façon à ne comprendre aucune surélévation. Chaque surélévation de 1 K réduit l'efficacité de la pompe à chaleur de 2,0 à 2,5 %.

La mise en service d'une pompe à chaleur Inverter est un peu plus complexe que celle d'une pompe à chaleur on/off. Selon le fabricant ou le fournisseur, il faut calculer les points de fonctionnement correspondant aux plages de puissance nécessaires et vérifier s'ils sont adaptés à la pompe à chaleur utilisée. Les paramètres doivent être programmés correctement lors de la mise en service.

Il faut examiner à quelle puissance (minimum - maximum) la charge d'eau chaude peut fonctionner à l'état de charge finale. Selon l'accumulateur d'eau chaude utilisé (qui peut être un

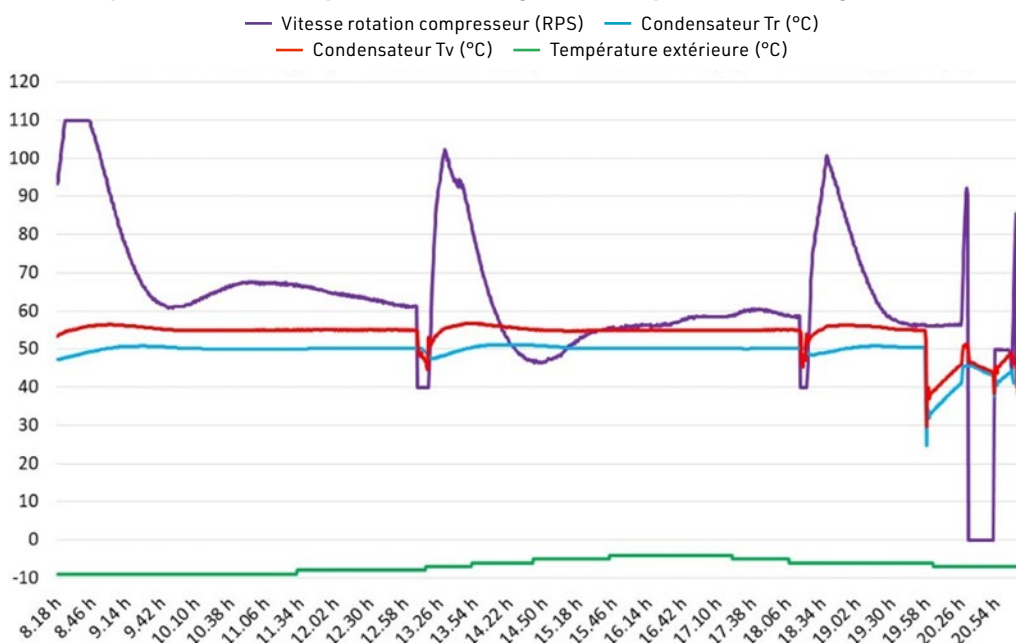
accumulateur combiné), il faut connaître et programmer en conséquence les paramètres de fonctionnement. Les registres électriques ne sont autorisés que pour assurer la préparation d'eau chaude en cas de panne de la pompe à chaleur (voir également lois cantonales sur l'énergie).

L'entreprise chargée de l'installation doit avoir assuré les travaux préalables comme le raccordement hydraulique (selon schéma → 3 points, thermosiphon, etc.) des fournisseurs, le réglage et l'équilibrage des débits massiques avec procès-verbal, la consigne des paramètres de réglage (par l'installateur), courbe de chauffage (bâtiment neuf : chauffage par le sol < 35 °C ; chaudière < 50 °C), charge d'eau chaude (= < 60 °C), limite de chauffage (bâtiment neuf 14 - 16 °C).

Contrairement aux pompes à chaleur on/off, les pompes à chaleur Inverter sont capables d'adapter la puissance calorifique aux besoins de chauffage du bâtiment, ce qui permet de réduire la fréquence de démarrage. Elles fonctionnent plus longtemps en charge partielle et sont de ce fait généralement plus efficaces.

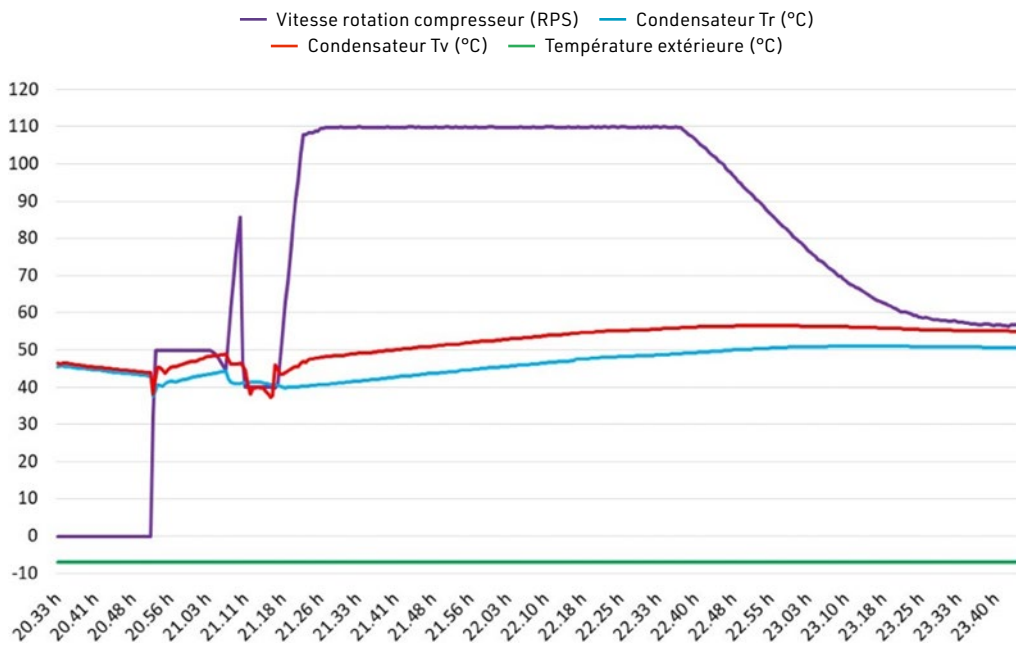
Exemples de phases de fonctionnement et de comportements de la régulation de pompes à chaleur Inverter

Pompe Inverter avec comportement de la régulation adéquat Mode chauffage (12.02.2021)



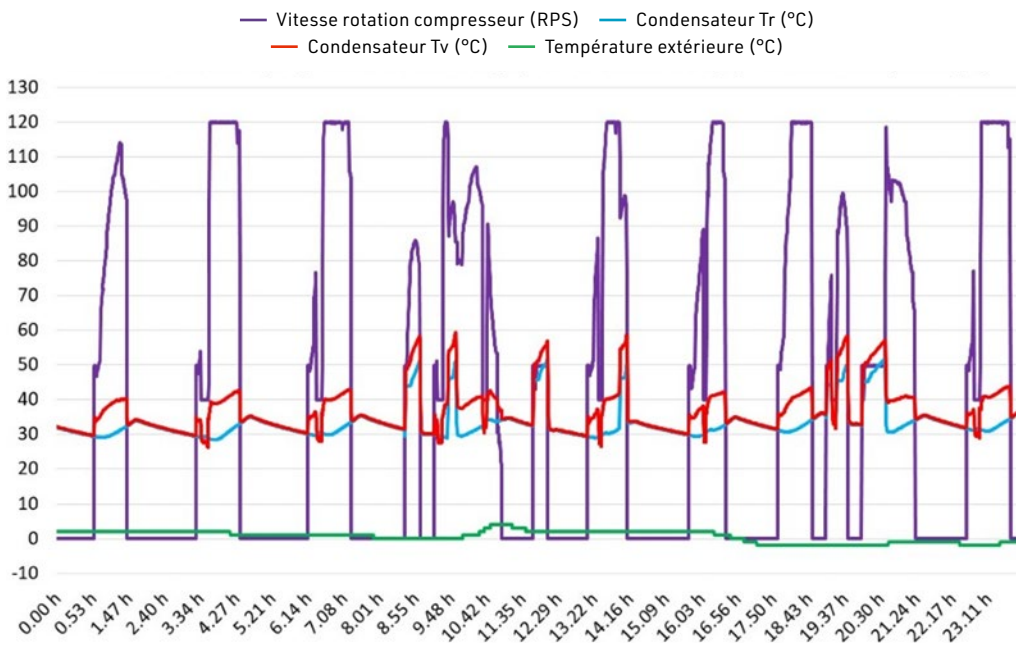
[FIG. 5] Inverter avec comportement de la régulation adéquat : cette pompe à chaleur fonctionne correctement en mode chauffage. La puissance est réduite une fois la vitesse de rotation atteinte et se maintient à environ 60 Hz. Ce jour-là, la pompe à chaleur ne s'est arrêtée que brièvement et une seule fois (à 20 h 30). Le redémarrage après la remise en marche est éventuellement déterminé par le régulateur (source : CTC SA).

Pompe Inverter avec comportement de la régulation adéquat Charge eau chaude (12.02.2021)



[FIG. 6] Inverter avec comportement de la régulation adéquat : comportement du fonctionnement adéquat pour la charge d'eau chaude. La puissance augmente immédiatement à 110 Hz et n'est progressivement réduite à environ 60 Hz qu'en état de charge finale (source : CTC SA).

Pompe Inverter avec comportement de la régulation inadéquat (24.01.2021)



[FIG. 7] Inverter avec comportement de la régulation inadéquat : au lieu de fonctionner plus ou moins en continu, la pompe se met en marche douze fois ce jour-là. On voit qu'elle ne réduit pas la puissance, mais s'arrête à chaque fois (source : CTC SA).

Il est possible de définir la durée de fonctionnement et la fréquence des mises en marche et arrêts de presque toutes les pompes à chaleur. Dans le cas des pompes à chaleur Inverter, les durées de fonctionnement moyennes (durée de fonctionnement / intervalles de mise en marche-arrêt) devraient être supérieures à 1-2 heures. Si tel n'est pas le cas, le réglage n'est pas optimal ou la pompe est surdimensionnée.

Avantages et inconvénients des pompes à chaleur Inverter

Leurs possibilités de régulation confèrent aux pompes à chaleur Inverter divers avantages par rapport aux pompes à chaleur on/off.

Durée de vie plus longue

La régulation de la chaleur fournie nécessite des mises en marche et des arrêts plus fréquents pour les pompes à chaleur classiques. De ce fait, leur consommation électrique est considérablement supérieure à celle des pompes à chaleur Inverter. Par ailleurs, les pompes à chaleur on/off fonctionnent toujours à pleine charge, ce qui n'est pas le cas des pompes à chaleur Inverter, dont la durée de vie est par conséquent plus longue. Les pompes à chaleur Inverter ne fonctionnent à pleine puissance que quelques heures par an (à la température extérieure la plus basse selon le calcul de la charge calorifique).

Paramètres de fonctionnement précis

Les paramètres d'une pompe à chaleur Inverter peuvent être programmés très précisément. La vitesse de rotation du compresseur, par exemple, peut être définie de manière optimale en fonction de la température extérieure, et ce, aussi bien pour le chauffage que pour la préparation d'eau chaude.

C'est pourquoi les fabricants et les fournisseurs limitent fortement les possibilités d'intervention dans le réglage. En raison des nombreuses interactions entre paramètres, toute valeur inadéquate peut en effet engendrer des pannes ou des pertes d'efficacité, voire endommager la pompe à chaleur. Un réglage

des paramètres différent des valeurs standards nécessite donc toujours l'accord du fabricant ou fournisseur.

Dimensionnement de l'installation

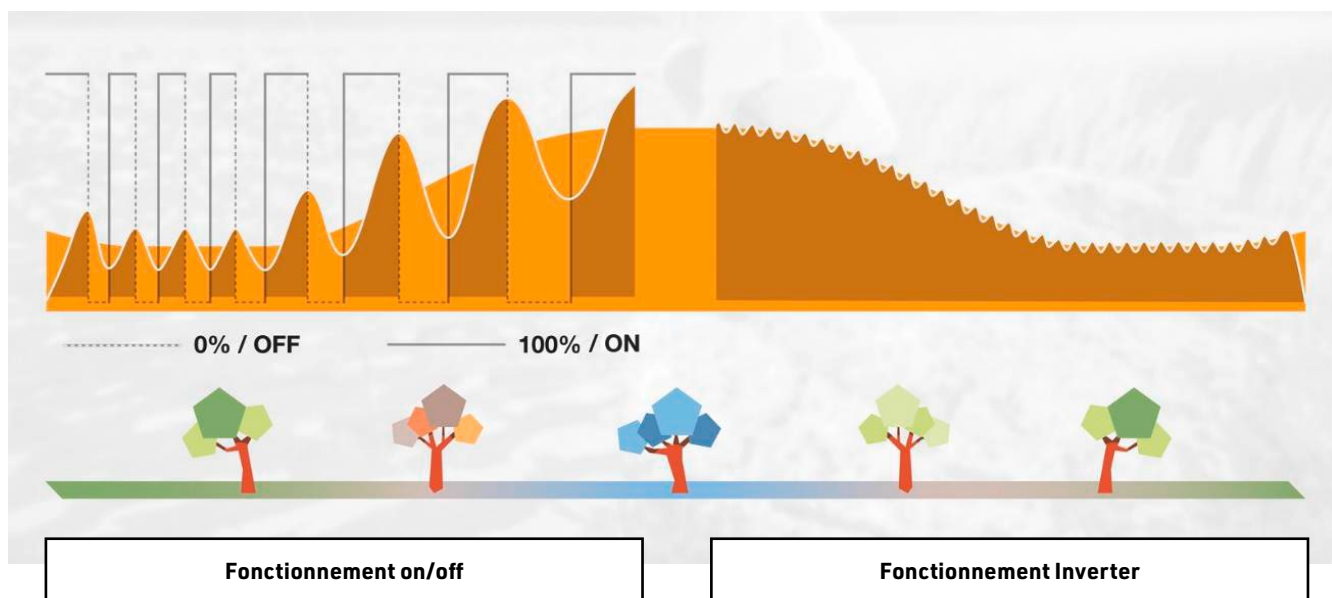
Le dimensionnement de la puissance calorifique et des composants de l'installation ainsi que l'équilibrage hydraulique sont importants pour toute pompe à chaleur. Cela dit, les effets négatifs d'un dimensionnement et d'un équilibrage hydraulique incorrects sont nettement plus perceptibles dans le cas d'une pompe à chaleur Inverter. Lorsque la puissance de la pompe à chaleur est trop importante et que les débits sont inadéquats, l'efficacité de l'installation diminue.

Efficacité et économies

Les pompes à chaleur Inverter sont également appelées pompes à chaleur modulantes ou à puissance variable, car leur puissance est modulée en permanence en fonction des besoins. Cela signifie que la pompe à chaleur fournit une puissance calorifique proportionnelle aux besoins de chauffage.

Ainsi, puisque les températures aller ne sont jamais trop hautes ou trop basses, la pompe à chaleur ne doit pas s'arrêter ou se remettre en marche, ce qui augmente son efficacité. Les pompes à chaleur Inverter atteignent des coefficients de performance annuels plus élevés. Les coûts d'énergie s'en trouvent réduits.

Les pompes à chaleur Inverter sont mieux adaptées à une combinaison avec une installation photovoltaïque que les pompes à chaleur on/off classiques. A faible charge, elles consomment en effet moins de puissance motrice pour la production de chaleur. Elles fonctionnent donc plus régulièrement et plus longtemps.



[FIG. 8] Comparaison entre fonctionnement on/off et fonctionnement Inverter (source : CTA SA).

Informations complémentaires

- Lois cantonales sur l'énergie (www.endk.ch)
- PAC système-module (www.pac-systememodule.ch)
- SNV, norme SN EN 14511 « Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et pompes à chaleur pour le chauffage et le refroidissement des locaux et refroidisseurs industriels avec compresseur entraîné par moteur électrique » (www.snv.ch)
- SNV, norme SN EN 14825 « Climatiseurs, groupes refroidisseurs de liquide et pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique pour le chauffage et la réfrigération des locaux – Essais et détermination des caractéristiques à charge partielle et calcul de performance saisonnière » (www.snv.ch)

Remarque

L'utilisation de cette notice pré suppose des connaissances professionnelles ainsi que la prise en compte de la situation concrète. Toute responsabilité de l'Association suisse et liechtensteinoise de la technique du bâtiment est exclue.

Renseignements

Le responsable du domaine Chauffage de [suissetec](http://suissetec.ch) se tient à votre disposition pour tout autre renseignement : +41 43 244 73 33, info@suissetec.ch

Auteurs

Cette notice technique (texte et illustrations) a été élaborée par la commission technique Chauffage de [suissetec](http://suissetec.ch), avec la participation des organisations suivantes :



Cette notice technique vous a été remise par :