

NOTICE TECHNIQUE 11 | 2021

Refroidissement avec chauffage par le sol

Chauffer en hiver et refroidir en été est possible grâce au chauffage par le sol. En effet, les chauffages de surface peuvent non seulement chauffer les habitations, mais aussi extraire la chaleur de l'air ambiant dans une certaine limite. Comme le souligne la présente notice technique, un tel système comprend deux éléments critiques :

- la production de froid, qui doit respecter la législation et ne pas sursolliciter l'installation,
- la distribution et l'émission de froid par le sol, qui peut engendrer de la condensation avec tous les risques qu'elle comporte.



Refroidir, pourquoi ?

Le principe veut qu'une habitation soit conçue pour ne pas nécessiter de refroidissement (voir également la norme SIA 180:2014). A cet effet, les projeteurs appliquent les règles de technique de construction qui permettent d'éviter les températures excessives : les protections solaires extérieures et fixes réduisent au minimum les apports de chaleur durant l'été ; des appareils et un éclairage efficaces empêchent l'apport d'énergie intérieur ; des solutions de stockage hautement efficaces préviennent les pics de chaleur grâce à l'entreposage d'énergie dans la masse de la construction. Le moyen le plus simple d'évacuer la chaleur accumulée est d'ouvrir les fenêtres pendant la nuit (refroidissement nocturne).

Si cela ne suffit pas, le refroidissement doit respecter les lois et les directives en vigueur. Dans les habitations, le refroidissement par le système de technique du bâtiment est une pure question de confort. Cependant, la présence de la climatisation dans de nombreux endroits (voiture, transports publics, commerces, etc.), à laquelle nous sommes d'ores et déjà habitués, ainsi que l'augmentation des températures due au changement climatique se traduisent par une demande toujours plus forte de systèmes de refroidissement dans les bâtiments résidentiels. L'exploitation de la capacité de refroidissement des combinaisons chauffage par le sol / pompe à chaleur constitue la solution la plus évidente, mais celle-ci a ses limites. Généralement, compléter la fonction de chauffage d'une pompe à chaleur par un dispositif de refroidissement ne représente pas un grand investissement financier. La présente notice technique a pour principal objectif d'attirer l'attention sur les limites de cette solution.

Systèmes de refroidissement (source et transformation)

Refroidir avec un générateur de chaleur / une source d'énergie

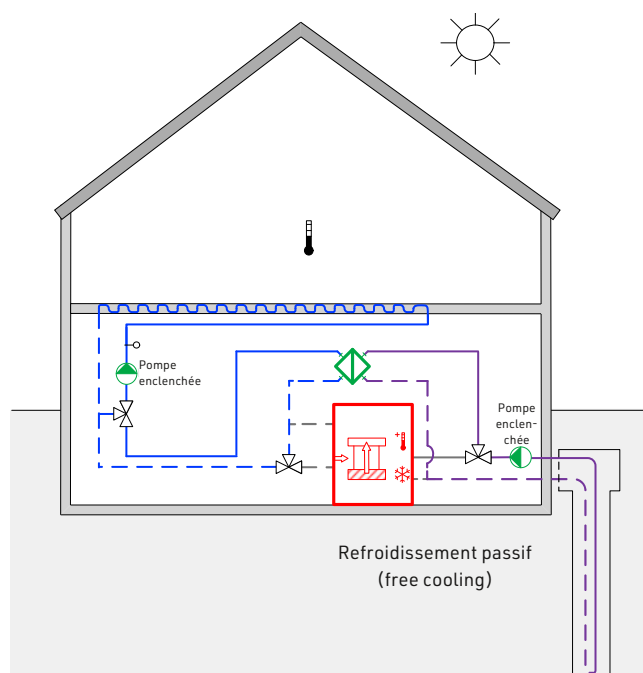
La présente notice technique décrit, d'une part, le refroidissement naturel (free cooling) direct à l'aide d'un échangeur de chaleur (dans le cas des sondes géothermiques et des pompes à chaleur eau-eau) et, de l'autre, le refroidissement par le chauffage de surface à l'aide d'une pompe à chaleur sur air extérieur (en mode inversé). La seconde solution est soumise aux lois sur l'énergie en vigueur et à leurs exigences. En outre, le raccordement hydraulique au système doit faire l'objet d'une attention particulière pour éviter que la pompe à chaleur soit inutilement sollicitée par un nombre excessif de cycles de fonctionnement, qui en réduisent considérablement la durée de vie.

Refroidissement passif (free cooling)

Le refroidissement passif ou naturel (free cooling) constitue une option particulièrement économique et respectueuse de l'environnement, puisqu'elle exploite les différences de température naturelles sans machine. En hiver, le système peut p. ex. restituer la chaleur résiduelle à l'air extérieur par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur. En été, le refroidissement passif peut être assuré par des sondes géothermiques et les eaux souterraines ou de surface (attention : autorisation obligatoire). Le refroidissement passif par sondes géothermiques, appelé géocooling, est très apprécié dans les habitations équipées d'un chauffage par le sol. Il consiste à faire circuler, dans l'installation de chauffage par le sol, de l'eau de chauffage froide qui prélève de l'énergie de la pièce et se réchauffe. L'eau de chauffage réchauffée s'écoule vers l'échangeur de chaleur (à côté de la pompe à chaleur), qui transmet l'énergie thermique à la saumure. La saumure circule entre le bâtiment et le terrain/l'eau souterraine et y évacue la chaleur qu'elle a absorbée.

Le dispositif de régulation de la pompe à chaleur commande les vannes et les circulateurs, et contrôle que les valeurs limites de la température aller sont respectées. Les valeurs de consigne de la boucle de refroidissement sont définies par une courbe caractéristique de refroidissement spécifique. Durant ce cycle, la pompe à chaleur (compresseur) n'est pas en service.

La plupart des pompes à chaleur équipées d'un dispositif de régulation intégré peuvent également fonctionner en mode free cooling. La fonction free cooling ne doit donc être sélectionnée que pour assurer le fonctionnement automatique du refroidissement.



[FIG. 1] Refroidissement passif (free cooling).

Ce système présente les avantages suivants :

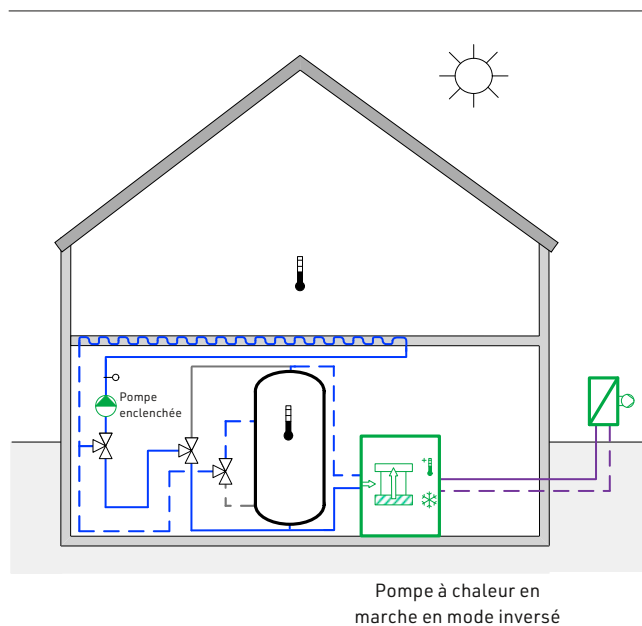
- La consommation d'électricité est quasiment nulle, puisque seuls les circulateurs doivent fonctionner.
- Le système peut être refroidi au moyen d'une petite quantité d'énergie (primaire), mais son rendement potentiel est limité par rapport au refroidissement actif.
- Le géocooling permet de restituer au terrain l'énergie absorbée lors du refroidissement, le régénérant après le prélèvement de chaleur durant la période de chauffage hivernale. Cette possibilité optimise le coefficient de performance annuel de la pompe à chaleur et réduit les frais de chauffage.
- La durée de vie de la pompe à chaleur ne diminue pas, car elle ne fonctionne pas durant le refroidissement.

Le free cooling remplit toutes les exigences des lois actuelles sur l'énergie et ne nécessite ni investigations particulières ni demandes de permis de construire supplémentaires pour la pompe à chaleur. Selon les systèmes/cantons, la restitution de chaleur, p. ex. aux eaux souterraines, doit être déclarée dans la demande d'autorisation.

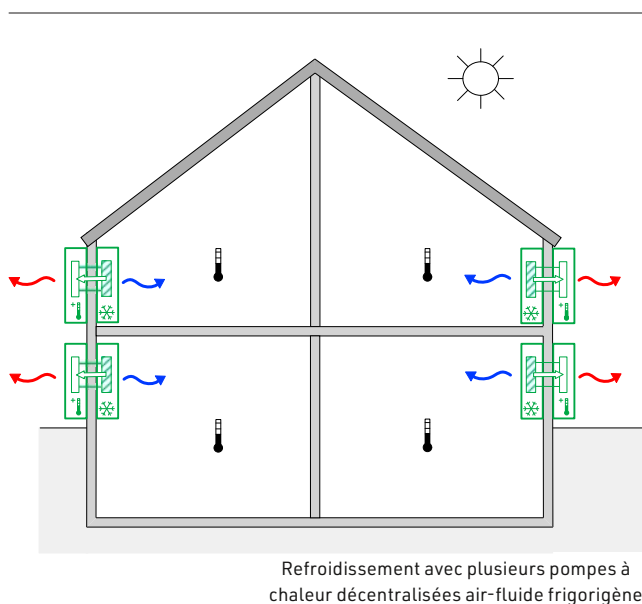
Refroidissement actif avec pompe à chaleur

En été ou en dehors de la période de chauffage, les pompes à chaleur air-eau réversibles peuvent fonctionner en mode inversé. Elles prélèvent alors de la chaleur de la pièce et l'évacuent dans l'air extérieur. Durant le cycle de refroidissement, la pompe à chaleur et le circulateur sont en service.

- Le refroidissement consomme une grande quantité d'énergie (primaire).
- La puissance de refroidissement est limitée non pas par les composants passifs, mais par le système d'émission de chaleur.
- Les périodes d'utilisation prolongées réduisent la durée de vie de la pompe à chaleur. Etant donné que, dans la plupart des cas, le mode refroidissement implique un usage plus intensif que le mode chauffage, la pompe démarre et s'arrête très souvent (aussi le cas pour les modèles réversibles), ce qui réduit considérablement sa durée de vie. On peut atténuer ce phénomène à l'aide d'un accumulateur de froid conçu spécifiquement, isolé en conséquence et intégré hydrauliquement dans le réseau de chauffage.
- Dans certains cantons, la législation sur l'énergie impose l'utilisation des rejets thermiques (p. ex. pour la production d'eau chaude) des installations de grande taille.



[FIG. 2] Refroidissement actif avec pompe à chaleur sur air extérieur centralisée.



[FIG. 3] Refroidissement avec plusieurs pompes à chaleur décentralisées air-fluide frigorigène (climatisation split).

Pour respecter la législation, les systèmes de refroidissement actif doivent satisfaire aux exigences selon la [FIG. 4] (preuve à apporter dans la demande de permis de construire).

Il convient de souligner que les appareils de refroidissement mobiles sont également considérés comme des systèmes de refroidissement actif, même s'ils ne nécessitent pas de demande de permis de construire.

Nouvelle construction

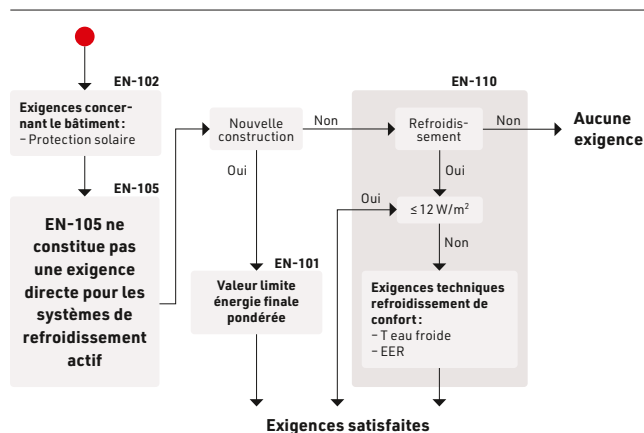
- Respect des conditions générales selon la [FIG. 5] conformément à l'aide à l'application EN-102 « Isolation thermique des bâtiments » (sur la base des normes SIA 180 et 382/1:2014).
- Respect de la valeur limite des besoins d'énergie annuels pondérés pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la ventilation et le rafraîchissement. Calcul de la valeur à l'aide de l'outil EN-101b « Besoin d'énergie – preuve calculée » de la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (EnDK).
- Le dispositif de régulation doit bloquer le refroidissement à une température ambiante inférieure à 26 °C.

Assainissement, remise en état

- Les exigences en matière de protection thermique des bâtiments (voir sous « Nouvelle construction ») et d'automatisation de la protection solaire s'appliquent également en cas d'assainissement. (Exceptions dans certains cantons en cas de refroidissement d'une seule pièce)
- Si la consommation d'électricité imputable au transport des fluides (air et eau) et à leur conditionnement excède 12 W/m² (ce qui est le cas de la majorité des systèmes actifs), les exigences énergétiques relatives à la production de froid (norme SIA 382/1:2014) doivent être respectées.
- Dans ce cas également, le dispositif de régulation doit bloquer le refroidissement à une température ambiante inférieure à 26 °C.

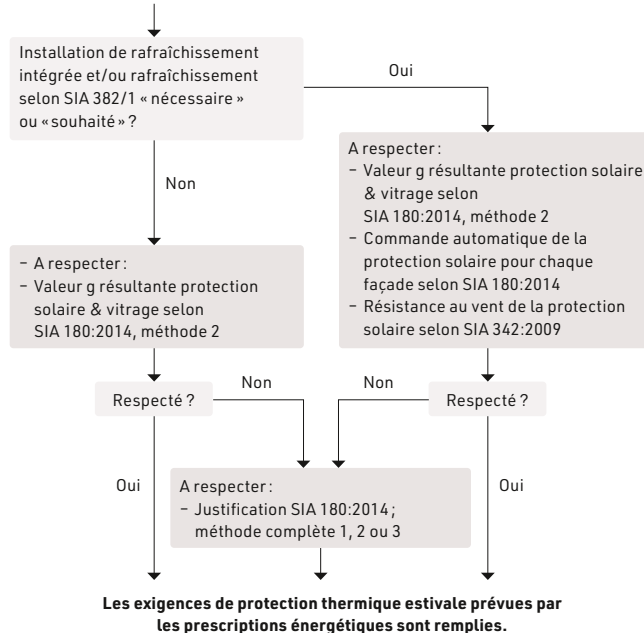
En outre, les unités d'air extérieur doivent être conformes à la législation sur la protection de l'environnement (protection contre le bruit), en ce qui concerne non seulement la valeur limite, mais aussi le principe de précaution défini dans la loi sur la protection contre le bruit (calcul par un acousticien ou p. ex. par le Cercle Bruit). Les cantons sont responsables de l'application de l'ordonnance sur la protection contre le bruit.

D'autres certificats prouvant la conformité aux exigences de la consommation d'énergie sont admis, mais il faut toujours s'en assurer au préalable auprès des autorités compétentes : il peut s'agir p. ex. de simulations de bâtiments, de concepts énergétiques et d'utilisation des rejets thermiques ainsi que de justificatifs relatifs aux standards Minergie.



[FIG. 4] Récapitulation des exigences (cantons dont les lois sur l'énergie reposent sur le MoPEC 2014, sous réserve de conditions cantonales supplémentaires) concernant la protection estivale contre la chaleur (les exigences relatives à la ventilation ne doivent être respectées que si le bâtiment est équipé d'une installation de ventilation). (Source : canton d'Argovie, notice « Kühlung in Wohnbauten »)

Protection thermique estivale des prescriptions énergétiques



[FIG. 5] Exigences concernant le bâtiment. (Source : aide à l'application EN-102, EnDK)

Conclusion

En l'état actuel de la technique, l'investissement dans un système de refroidissement actif pour une habitation est relativement modeste. Cela étant, il ne faut pas sous-estimer les frais supplémentaires et le travail que cela implique pour respecter la législation. Ces systèmes doivent être conçus de manière à ne pas réduire indûment la durée de vie de l'installation (p. ex. en intégrant un accumulateur de froid).

Dans la mesure du possible, un système de refroidissement passif doit être utilisé.

Chauffage par le sol

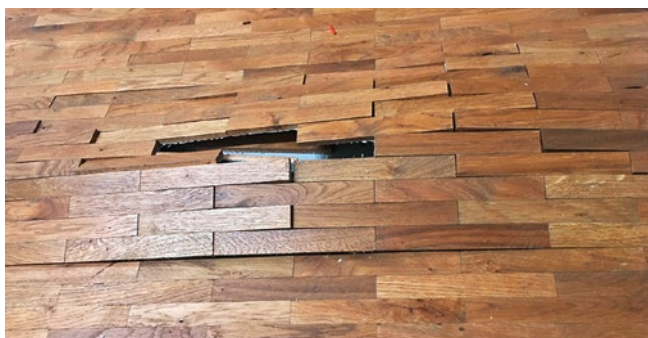
Chauffer et refroidir à l'aide d'un seul système

Les chauffages par le sol sont composés de tubes de chauffage noyés dans la structure du sol. Lorsque de l'eau de chauffage chaude y circule, ils transmettent la chaleur transportée au sol, puis aux locaux. De nombreux utilisateurs considèrent que cette chaleur de rayonnement est particulièrement agréable. Or, un chauffage de surface permet aussi de refroidir une pièce. Il suffit d'y faire circuler de l'eau froide, qui absorbe l'énergie thermique de la pièce à travers la structure du sol, se réchauffe et réduit la température ambiante durant les périodes de chaleur estivale.

Les performances d'émission et d'absorption de chaleur sont limitées essentiellement par les faibles différences de température entre l'eau de chauffage et l'air de la pièce. En mode refroidissement en particulier, il est indispensable d'éviter la condensation de l'air ambiant sur les surfaces froides en respectant une température aller minimale de l'eau en fonction du point de rosée.

Problèmes posés par la condensation (sur les conduites et sur/dans le sol)

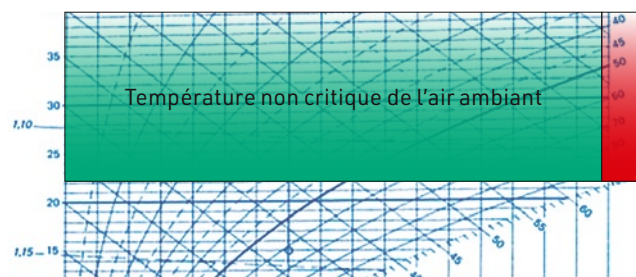
Lorsque le refroidissement est assuré par l'intermédiaire de la surface du sol, il faut absolument éviter que la température de l'air ambiant descende en dessous de son point de rosée, faute de quoi l'eau pourrait se condenser et se déposer sur la surface de refroidissement. Pour empêcher ce phénomène, il est nécessaire d'installer un capteur de température et d'humidité de l'air ambiant relié au régulateur de la pompe à chaleur. Le régulateur peut ainsi calculer la température minimale admise de l'eau froide. La température aller doit être supérieure d'au moins 3 kelvins à celle du point de rosée (et de 4 à 5 kelvins pour les matériaux présentant des propriétés hygroscopiques comme les parquets en bois). La déshumidification de l'air ambiant est impossible avec l'utilisation de surfaces de refroidissement. Il est également essentiel de tenir compte du fait que dans certaines conditions peu fréquentes (p. ex. période de pluie en été), la puissance de refroidissement doit être limitée (risque de baisse de la température ambiante en dessous du point de rosée).



[FIG. 6] Dommages de condensation dus à une température aller trop basse. (Source : EnerHaus Engineering GmbH)

Si le système de refroidissement ne peut pas calculer le point de rosée, il faut définir sur le régulateur une courbe de refroidissement ascendante en fonction de la température extérieure et ayant un point de consigne à 19 °C. Lorsque ce réglage est également impossible, il faut fixer une valeur minimale invariable pour la température aller du refroidissement. L'expérience recommande une température aller supérieure à 20 °C pendant la plupart du temps (température de surface d'environ 22 °C).

Comme pour le mode chauffage, il est conseillé d'installer un thermostat de sécurité qui arrête systématiquement le circulateur lorsque la température tombe en dessous de 17 °C.



[FIG. 7] Zone de température de l'air ambiant à laquelle le risque de formation de condensation est nul à une température de surface de 22 °C.

Pour éviter la formation de condensation sur les colonnes montantes et les conduites de distribution ainsi que sur les conduites du générateur et du distributeur, il est recommandé de prévoir des isolations étanches à la diffusion d'une épaisseur minimale de 19 mm (voir également la notice technique de suissetec « Isolation dans la technique du bâtiment »). Si un fonctionnement en mode refroidissement est envisagé dans un futur proche, il faut poser dès le départ des isolations étanches à la diffusion.

Malheureusement, dans le cadre d'un assainissement, isoler complètement des conduites ultérieurement est très difficile.

La puissance de chauffage et de refroidissement est limitée

En mode chauffage, la puissance est essentiellement limitée par les températures de surface maximales admises (confort et températures admises de la chape et de la structure du sol). En mode refroidissement également, la performance des surfaces de chauffage et de refroidissement est limitée par les températures de surface. Cette situation influence le confort et constitue en même temps une protection contre la condensation. En effet, si la température du sol baisse très fortement, l'eau présente dans l'air s'y dépose sous forme de condensation.

La puissance de refroidissement des chauffages/refroidissements par le sol utilisés pour évacuer de la chaleur d'une pièce peut atteindre environ $7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (contre $11 \text{ W/m}^2\text{K}$ pour le refroidissement par le plafond). Donc, pour une température de sol d'environ 22°C et une température ambiante de 26°C , la puissance de refroidissement est d'environ 25 W/m^2 . Grâce à la température de sol relativement élevée en mode refroidissement, le confort thermique est préservé (pas de « pieds froids »).

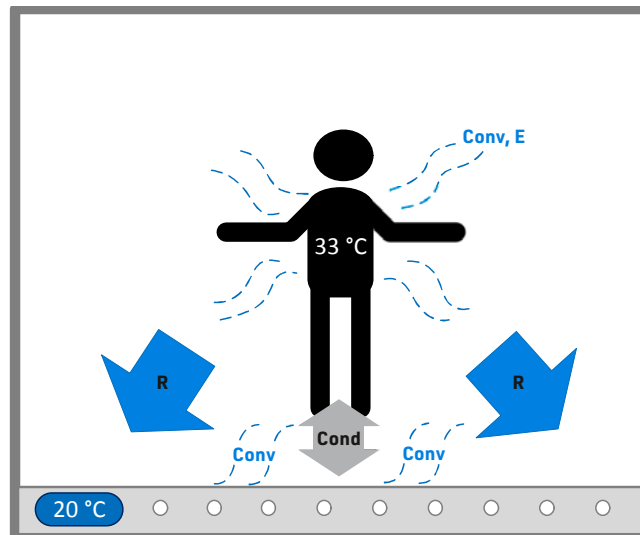
Par rapport au refroidissement à l'aide de ventilo-convecteurs, ce système a pour avantage majeur de ne pas créer de courants d'air, d'être peu bruyant et à encombrement nul, ce qui laisse toute liberté pour l'aménagement des locaux.

La puissance que peut déployer un chauffage par le sol sous forme d'émission de chaleur (mode chauffage) ou d'absorption de chaleur (mode refroidissement) dépend de trois éléments.

Le chauffage par le sol est un système d'émission de chaleur dont l'élément principal est le rayonnement thermique « R » (60 à 95 %). Cela signifie que l'émission par l'intermédiaire de l'air, la convection et la conduction thermique jouent un rôle secondaire.

Lorsque le refroidissement est assuré avec chauffage par le sol, la puissance de refroidissement se limite en quasi-totalité au rayonnement. Elle dépend de la différence de température entre le sol, les autres surfaces (murs, meubles, personnes présentes dans la pièce, etc.) et la température de l'air ambiant. Selon cette différence, elle varie entre 5 et 50 W/m^2 . Généralement, la puissance de refroidissement de l'espace habité se situe entre 10 et 30 W/m^2 (en fonction des facteurs mentionnés). L'expérience démontre que cette puissance suffit, lorsque les conditions ci-dessus sont respectées, à obtenir une baisse de température de l'air ambiant située entre 3 et 4 kelvins au maximum.

Cela étant, dans les régions chaudes et humides (p. ex. au Tessin en été), le refroidissement avec chauffage par le sol peut aussi réduire le confort si la température ambiante est abaissée sans déshumidification, ce qui engendre un taux assez élevé d'humidité relative de l'air ambiant. Dans ce cas, le réglage du point de rosée permet d'arrêter le refroidissement suffisamment tôt pour éviter la formation de condensation. Il convient également de conduire une analyse plus approfondie de la situation et d'opter le cas échéant pour d'autres systèmes de refroidissement (p. ex. avec déshumidification par le système de ventilation).



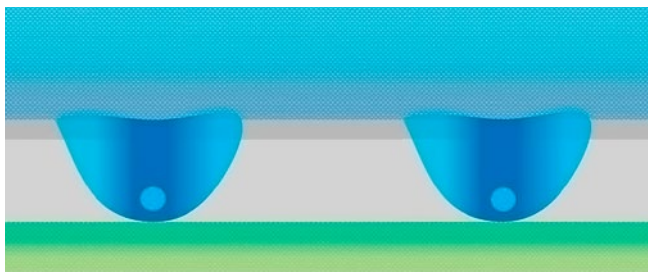
Conv, E	Convection et évaporation par le corps
R	Chaleur de rayonnement
Cond	Conduction thermique par les pieds
Conv	Convection par le sol

[FIG. 8] Répartition de la transmission de chaleur au sol par une personne.

Stratégies de régulation / optimisation de la distribution de chaleur

Pour refroidir une pièce à l'aide du chauffage par le sol et garantir un confort maximal, il faut anticiper, c'est-à-dire ne pas attendre qu'il fasse trop chaud dans le bâtiment pour déclencher le refroidissement. Dans l'idéal, on s'efforcera d'éviter d'emblée que la température de l'air ambiant dépasse le niveau de confort. Les régulations modernes résolvent le problème avant qu'il ne se produise en empêchant le bâtiment de se réchauffer. Comme pour le chauffage, elles évacuent constamment l'énergie excédentaire, généralement sur la base d'une température extérieure moyenne qui active le refroidissement dès que la limite est dépassée. Les limites de chauffage et de refroidissement doivent présenter un écart suffisant (au moins 4 kelvins en moyenne par 24 heures) pour que la gestion thermique ne concerne pas uniquement la masse de la chape.

En mode refroidissement, toute répartition inégale de la température dans le sol est perçue encore plus rapidement par les utilisateurs qu'en mode chauffage. Il est donc recommandé de poser les tubes de chauffage en « escargot », de limiter les distances entre eux (15 cm) ou d'utiliser des tôles thermoconductrices. Ces mesures doivent être prises en compte dans le dimensionnement du système d'émission de chaleur.



[FIG. 9] Circulation du froid dans une chape.

Dans les nouvelles constructions, les thermostats d'ambiance doivent être équipés d'une fonction d'inversion chauffage/refroidissement. Dans les bâtiments existants, les thermostats non modifiés (sans fonction d'inversion) doivent être réglés sur la valeur maximale pour ne pas fermer les vannes en été (lorsque la température ambiante dépasse 23/24 °C) et permettre le refroidissement. Cela étant, il s'avère difficile de bien informer les utilisateurs. Les réclamations au début des périodes de chauffage et de refroidissement sont très probables, raison pour laquelle l'inversion manuelle chauffage/refroidissement est à déconseiller. Le mode refroidissement ne doit pas être utilisé dans les locaux humides.

Refroidissement avec chauffage par le sol – à ne pas oublier :

- En principe, les habitations ne doivent pas être refroidies : le refroidissement nocturne par les fenêtres, les protections solaires et la masse du bâtiment permettent d'éviter les températures excessives.
- Le refroidissement passif doit être préféré au refroidissement actif.
- Le refroidissement actif à l'aide d'une pompe à chaleur / d'une climatisation split nécessite une demande de permis de construire.
- Les composants supplémentaires nécessaires comme les accumulateurs, les vannes, etc. doivent être pris en compte dans la conception d'un refroidissement avec pompe à chaleur.
- Régulation individuelle des locaux : des thermostats d'ambiance avec fonction d'inversion chauffage/refroidissement sont nécessaires.
- Les systèmes de refroidissement actifs (nouvelle construction ou assainissement) sont soumis à différentes dispositions légales.
- Il faut éviter que la température ne baisse en dessous du point de rosée*
 - Régulation du point de rosée (> 4 – 5 kelvins)
 - Courbe de refroidissement avec point de consigne à 19 °C
 - Température aller fixe ≥ 20 °C
- Isolations étanches à la diffusion d'une épaisseur minimale de 19 mm pour les colonnes montantes et les conduites de distribution (notice technique suissetec « Isolation dans la technique du bâtiment »).

* Selon les revêtements de sol et en accord avec les fournisseurs, entrepreneurs et maîtres de l'ouvrage, il est possible de définir une température aller inférieure à celle qui est proposée. Il est vivement recommandé de consigner cet accord par écrit dans le dossier de planification.

Informations complémentaires

- Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (EnDK), aide à l'application EN-101 « Exigences concernant la couverture des besoins de chaleur dans les bâtiments à construire » (www.endk.ch)
- Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (EnDK), aide à l'application EN-102 « Isolation thermique des bâtiments » (base : norme SIA 380/1:2016) (www.endk.ch)
- Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (EnDK), aide à l'application EN-105 « Installations de ventilation » (www.endk.ch)
- Canton d'Argovie, notice « Kühlung in Wohnbauten » (www.ag.ch/de/bvu/energie/bauen_energie/bauen_energie.jsp)
- SuisseEnergie, recommandation « GeoCooling Einstellungen bei Erdwärmesonden-Wärmepumpen-Anlagen in Wohnbauten mit Fussbodenheizung » (résumé en français) (www.energieschweiz.ch)
- suissetec, notice technique « Isolation dans la technique du bâtiment »
- SIA, norme 180:2014 « Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments »

Renseignements

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

Auteurs

Cette notice technique a été élaborée par la commission technique Chauffage de suissetec avec la participation des organisations suivantes

DIE PLANER – SICC



ASF Association suisse
du froid



ICS ImmoClimat Suisse



GSP Groupement professionnel suisse
pour les pompes à chaleur

