

- Chauffage
- Ventilation
- Rafraîchissement
- Réfrigération
- Énergies renouvelables
- Régulation
- Sanitaire
- Plomberie

Chaud Froid Performance

Dossier ÉNÉO et SER

Solutions EnR et traditionnelles face à face

Le marché du génie climatique a connu une année 2010 chahutée. Effondrement des ventes de Pac, suspension du tarif d'achat photovoltaïque... Comment structurer un marché en plein chambardement ? L'offre technique devrait être marquée par les solutions hybrides et l'optimisation des régulations.



p. 48

www.edipa.fr

Février 2011

p.10

→ NI CHAUD NI FROID De la multiénergie à la multicompétence

Avec Joseph Le Jollec, P-DG des sociétés du groupe De Dietrich Thermique, et Frédéric Bruyère, directeur stratégie et développement chez Ciat



p.66

→ CHANTIER SNCF : 351 m² de capteurs solaires thermiques



Au Mans, la SNCF a doté ses nouveaux locaux de formation de modules d'une surface unitaire de 12 m². Installés rapidement, ils assurent une contribution solaire annuelle de 60 %.

p.72

→ TECHNIQUE Bepos, Bepas : des pistes pour l'individuel et le petit collectif



Quelques pistes pour maisons et immeubles

Comment aborder la conception globale des bâtiments à basse consommation qui répondront aux critères de 2020, qu'ils soient passifs ou à énergie positive ? Alain Garnier avait déjà développé ces sujets dans deux articles publiés l'an passé dans CFP. Il revient, dans ce premier article consacré aux solutions techniques, sur les solutions solaires et thermodynamiques pour l'individuel et le petit résidentiel.

Les textes, dessins et images intégrés dans cet article sont la propriété intellectuelle d'Alain Garnier. Leur utilisation à des fins commerciales ne pourra être faite sans son consentement écrit.

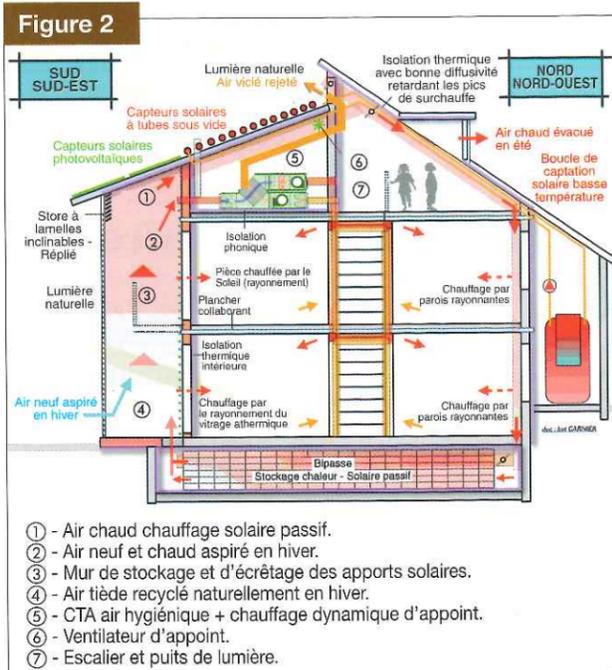
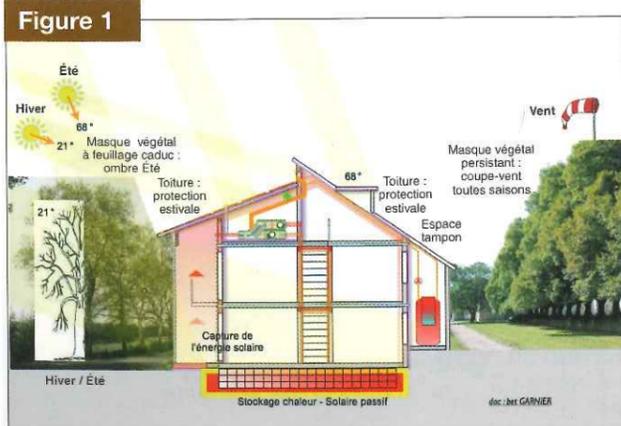
1 - Concept global de BEPAS & BEPOS destiné aux maisons individuelles

Règle première pour construire une maison : exploiter un terrain à la fois exposé au soleil et protégé du vent. Pour développer ce bioclimatisme, des aménagements permettront d'améliorer le bilan thermique de la maison :

- la première intervention pour le confort de ses habitants sera de filtrer le rayonnement solaire en fonction des saisons,
- la seconde sera de protéger la maison du vent dominant, en évitant toutefois que les arbres ne puissent la dégrader en cas de tempête (figure 1).

La fourniture des besoins de chauffage de la maison sera assurée par étape :

- d'abord avec un système principal basé sur du solaire passif ;
- ensuite avec un chauffage d'appoint en solaire actif ;
- enfin, avec une solution d'appoint et de secours dans les régions très froides.



- 1 - Air chaud chauffage solaire passif.
- 2 - Air neuf et chaud aspiré en hiver.
- 3 - Mur de stockage et d'écrêtage des apports solaires.
- 4 - Air tiède recyclé naturellement en hiver.
- 5 - CTA air hygiénique + chauffage dynamique d'appoint.
- 6 - Ventilateur d'appoint.
- 7 - Escalier et puits de lumière.

Un exemple du principe de fourniture thermique par étapes :
 • un chauffage solaire passif prioritaire, avec son stockage sec ;
 • un chauffage solaire actif d'appoint et de secours, avec son stockage liquide.

A - Le chauffage solaire passif

Règles élémentaires d'architecture passive

En privilégiant le chauffage solaire passif, on facilite en hiver l'introduction du rayonnement solaire dans la maison pour le chauffage et l'éclairage naturel.

- Une véranda sera construite en façade sud. Elle protégera la construction du froid et piégera le rayonnement solaire pour le transformer en chaleur. Elle contribuera également à diffuser la lumière naturelle dans les pièces.

concevoir immeubles

- On laissera le rayonnement solaire atteindre le mur situé au fond de la véranda. Celui-ci se chargera en énergie thermique qui contribuera à réaliser un effet de cheminée mettant en mouvement l'air chaud dans les gaines desservant les pièces à chauffer.
- La chaleur stockée dans cet "accumulateur sec" permettra une autonomie de plusieurs jours en chauffage.
- On occultera la véranda du soleil en cas de surchauffe.
- De même, on protégera l'arrière de la maison au moyen de volumes tampons qui retarderont les effets du froid et du vent. Enfin, on diffusera la lumière au centre et à l'arrière de la maison grâce à l'escalier qui servira de puits de lumière.

Système de chauffage solaire passif

La véranda orientée au sud ou sud-est emmagasiner la chaleur provenant du rayonnement solaire. Le stockage solaire sera réalisé au moyen du mur situé au fond de la véranda (pierre, brique, béton). Il constituera un accumulateur de chaleur qui donnera l'effet de cheminée.

Cette chaleur ira stratifier en partie haute de la sous-toiture d'où elle sera extraite par convection naturelle. Ces gaines métalliques verticales de distribution d'air serviront de panneaux rayonnants pour chauffer les pièces (figure 2). Cette convection naturelle, ou "effet de cheminée", sera obtenue par la montée en température côté sud et son refroidissement côté nord.

On aura recours à un second accumulateur sec de chaleur solaire, mais cette fois-ci de plus grande capacité et offrant donc plus d'autonomie de chauffage à la maison. Il sera constitué de briques disposées dans une chambre isolée et située en vide sanitaire de la maison. Ces briques seront disposées en peigne de façon à augmenter le temps de passage dans cet accumulateur et à stocker le maximum de chaleur, sans pour autant créer trop de perte de charge.

Un ventilateur électrique basse pression et à débit variable, situé sur le circuit d'air chaud en sous-toiture, pourra venir en complément de la convection naturelle.

Une gaine bien isolée permettra le bipassage au travers de l'accumulateur de chaleur au cas où le chauffage passif apporterait trop de chaleur. Un registre motorisé et régulé en fonction de la température extérieure et d'un bilan thermique permettra son emploi suivant les phases "stockage" ou "chauffage".

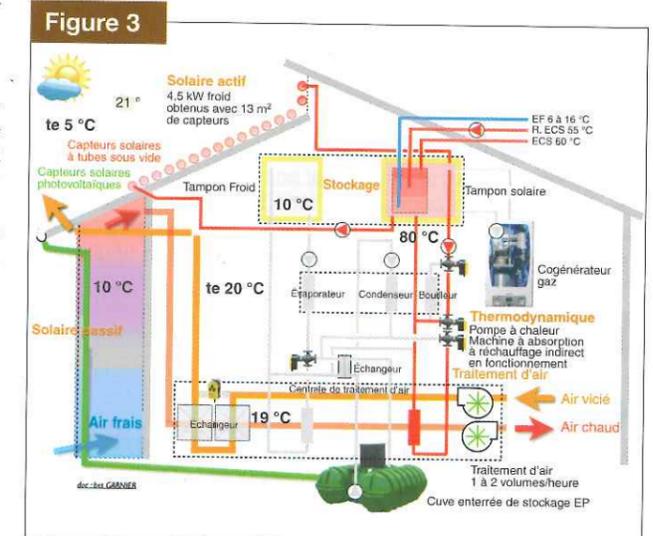
La gaine collectrice qui viendra prélever la chaleur stratifiée en haut de la véranda montera jusqu'au faîtage. Elle desservira plusieurs gaines métalliques descendant dans les pièces, les-queltes serviront de panneaux rayonnants, pour réaliser un chauffage de base, à basse température. Le ventilateur électrique basse pression, situé sur la gaine collectrice en sous-toiture, verra son débit d'air moduler en fonction des besoins de chauffage ; il sera complètement arrêté si l'effet moteur obtenu par la différence de température et de hauteur permet une circulation naturelle.

B - Chauffage solaire actif

Au moyen d'un système de chauffage d'appoint réalisé en solaire actif ayant recours au vecteur air.

Une centrale de traitement d'air double flux assurera le renou-

vellement hygiénique ainsi que le chauffage d'appoint en hiver : l'air neuf sera prélevé en haut de la véranda de façon à récupérer les apports solaires gratuits. En été, l'air neuf et frais sera pris directement à l'extérieur. Le WC ne comportera qu'une extraction d'air alors que la salle de bains comportera une introduction d'air neuf, mais d'un débit inférieur à celui extrait de façon à maintenir cette pièce en légère dépression et éviter ainsi à la vapeur d'eau de sortir dans la circulation contiguë.



Principe de chauffage solaire (sans PAC) pour le chauffage et la production d'ECS.

La centrale de traitement d'air comportera un récupérateur de chaleur, statique ou rotatif, d'un rendement thermique de 90 %, ainsi qu'une batterie eau chaude à basse température alimentée par un ballon de stockage solaire. Ce ballon à stratification sera raccordé à des capteurs solaires à tubes sous vide par une boucle régulée. Ce gisement solaire d'été sera modulé par le placement d'une partie des capteurs sous la casquette de la toiture (rayonnement solaire à environ 68 °) ; ce montage augmentera le rendement solaire en hiver, le soleil arrivant à environ 21 ° (figure 3).

La capacité de stockage de chaleur solaire, pour le chauffage et la production d'eau chaude sans soleil, devra permettre un minimum d'autonomie de 72 heures.

La distribution d'air sera réalisée en système "parapluie", c'est-à-dire avec des gaines individuelles posées en sous-toiture et descendant sur les diffuseurs d'air et les grilles d'extraction d'air (figure 4). La diffusion d'air sera réalisée au moyen de diffuseurs muraux placés dans les pièces à chauffer, à rafraîchir (parfois à climatiser) ou/et à ventiler. De préférence, ces bouches seront incorporées dans les cadres de porte, un emplacement toujours libre et généralement situé face au vitrage, paroi la plus froide ou la plus chaude de la pièce.

Figure 4

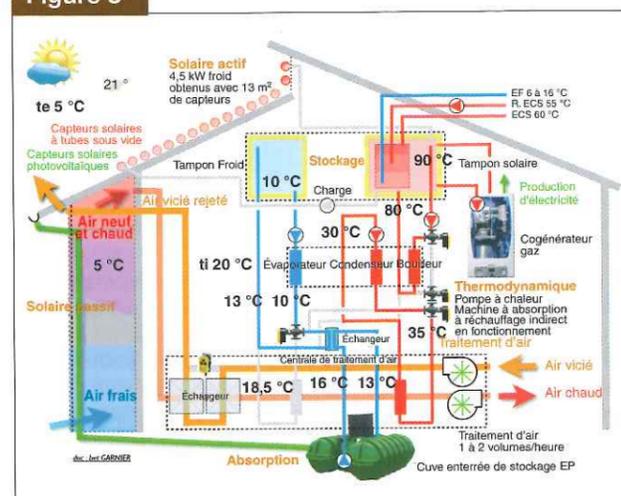


Schéma de principe chauffage sans solaire, avec machine à absorption alimentée par un écogénérateur pour le chauffage et la production d'ECS.

C - Chauffage d'appoint

Dans les régions très froides, il sera prudent d'ajouter un troisième mode de chauffage servant d'appoint et de secours (figure 5). Suivant les possibilités locales, l'énergie retenue pourra être le bois (poêle ou chaudière) ou le gaz (chaudière électrogène). Si le gisement solaire est insuffisant en hiver et que l'on veut être très performant, on pourra avoir recours à l'association d'une machine à absorption à réchauffage indirect utilisée en pompe à chaleur et d'un écogénérateur, qui fournira à son bouilleur la chaleur manquante.

Figure 5



Détail de la diffusion et de la reprise d'air par pièce avec chauffage d'appoint par film électrique avec thermostat, sonde de présence et commutateur Marche/Arrêt/auto.

La citerne de stockage d'eaux pluviales servira de "source chaude" pour absorber la chaleur du sol. Sa surface d'échange avec la terre correspond à celle de sondes géothermiques. Le stockage d'eaux pluviales sera divisé en deux parties de façon à constituer des volumes communicants mais évitant l'homogénéisation. Pourquoi associer une Pac à absorption avec une chaudière à condensation à moteur Stirling ? Dans le moteur Stirling, une partie de la chaleur du brûleur entraîne le mouvement du piston qui anime un alternateur d'une puissance électrique de 1 kW. L'élec-

tricité produite sera réinjectée dans l'installation électrique de la maison.

Si ces matériels affichent une puissance de 4 à 28 kW, la puissance maximale, calée pour la production d'ECS, est à utiliser en dernier recours : la production d'eau chaude sanitaire sera réalisée de façon indépendante.

D - Climatisation

En région très chaude, si la température intérieure dépasse régulièrement 26 à 27 °C, et après ventilation naturelle de la maison et surventilation nocturne, il faudra climatiser. Avec le chauffage solaire, la climatisation solaire prend tout son sens. Elle sera associée au chauffage et à la production d'eau chaude. Les machines de production de froid ont récemment évolué, et la climatisation au moyen de petites machines à absorption à réchauffage indirect est devenue possible.

Deux types de produits ont été développés :

- Le premier système, caractérisé par un cycle d'absorption à simple effet, possède un brûleur interne alimenté en gaz. Suivant l'intensité du rayonnement solaire, la puissance obtenue affiche de 2 à 8 kW froid. Pour 4,5 kWf, le Cop obtenu sera faible (0,62). Mais l'énergie solaire est gratuite...

- Le second système, à absorption double effet, est actionné par de l'eau chaude à 90 °C. Le bouilleur est alimenté par des capteurs solaires à haute température, du type à tubes sous vide (énergie renouvelable).

Avec les machines à double effet, on atteint des Cop de 1,2 contre 2,5 avec des machines à compression. Mais en raisonnant en énergie primaire (thermique), les Cop des cycles à compression et des cycles à absorption (double effet) sont alors comparables.

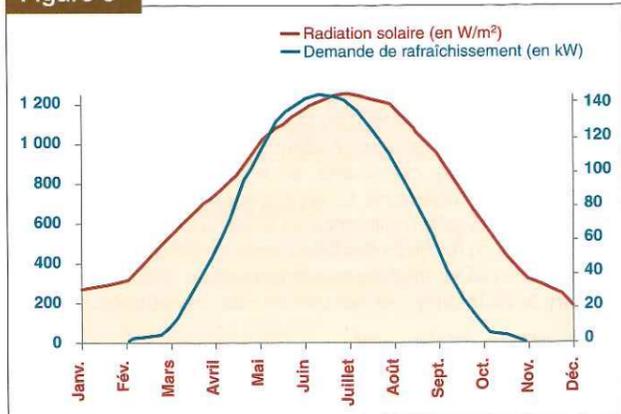
Les avantages de ces équipements sont :

- l'absence de compresseur électromécanique, qui permet un fonctionnement silencieux ainsi qu'une longévité accrue ;
- l'usage comme fluide frigorigène d'un couple eau + bromure de lithium, donc sans gaz fluorés ;
- accessoirement, la possibilité de réchauffer l'eau d'une piscine en exploitant la chaleur de rejection.

La technologie des petits matériels repose sur les principes d'absorption dans une unité génératrice rotative. La rotation a pour effet d'améliorer les processus de transfert de masse et de chaleur des fluides et permet de réduire la dimension et le poids des appareils. L'installation de tour de refroidissement n'est plus nécessaire.

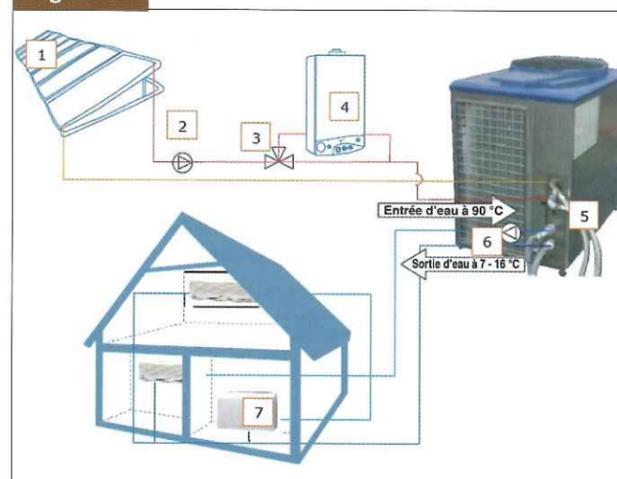
L'intérêt de la climatisation solaire est aussi son adaptation au climat : plus il fera chaud, plus le besoin de climatisation augmente et plus ce système produira de froid (figure 6).

Figure 6



Rayonnement solaire et demande simultanée de froid sur l'année.

Figure 7



Une solution complète de rafraîchissement solaire. 1 : capteurs solaires. 2 : pompe de circulation. 3 : vanne trois voies de dérivation. 4 : écogénérateur. 5 : Pac à absorption. 6 : circuit d'eau glacée. 7 : ventilateur-convecteur.

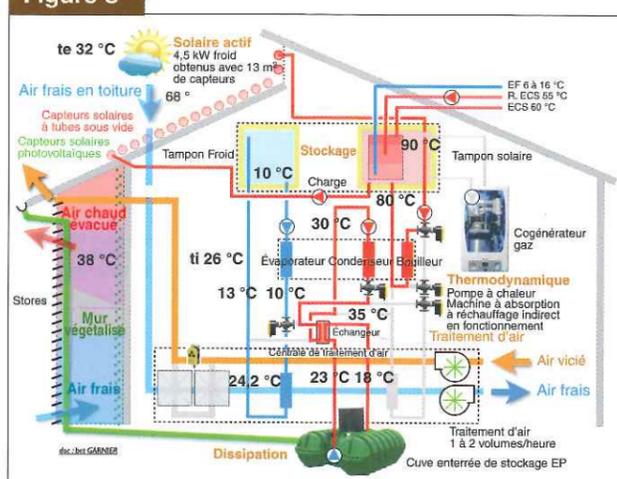
Pour produire 4,5 kWf de froid, 13 m² de capteurs sont nécessaires.

Le schéma présenté dans la figure 7 est celui correspondant à l'utilisation d'une machine à absorption à simple effet évacuant la chaleur de réjection à l'extérieur. La chaudière d'appoint aux capteurs solaires est capable de monter la température d'eau à 90 °C, niveau minimal en cas d'intensité solaire insuffisante et de besoin de climatisation.

Il est aussi possible d'utiliser la chaleur de réjection provenant du condenseur à eau. L'idéal serait d'utiliser tout ce gisement comme c'est généralement le cas dans les piscines publiques avec des machines à simple effet : préchauffage de l'air du hall, puis préchauffage de l'eau d'appoint des bacs tampons et de l'eau chaude sanitaire, et enfin, préchauffage de l'eau des bassins. Dans ce cas, on ne parle plus de Cop de 0,67 mais d'efficacité énergétique globale du système, qui atteint 2,06. L'économie d'énergie réalisée atteint 35 à 40 % par rapport à un système classique.

Cependant, l'un des problèmes de la climatisation solaire est qu'il

Figure 8



Principe de la climatisation solaire, avec machine à absorption pour le chauffage et la production d'ECS. Les productions solaires basse et haute température, ainsi que la chaleur de réjection provenant de la machine à absorption, pourront permettre de chauffer une piscine, voire, dans le cas d'un éco-quartier, celle du voisin.

faut évacuer plus de chaleur qu'on n'en produit en froid : 10,9 kWc pour 4,5 kWf. Attention : le fluide de refroidissement devant atteindre 29 à 30 °C en entrée du condenseur, il sera préférable d'utiliser des aérofrigorifants humides.

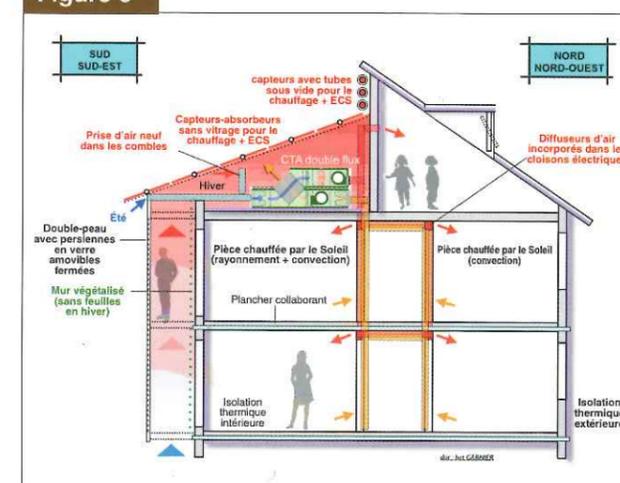
Si la chaleur de réjection n'est pas entièrement valorisée (chauffage de piscine, sondes géothermiques...), il est aussi possible de la dissiper dans une citerne de stockage d'eaux pluviales (figure 8). On vérifiera que la surface d'échange de la citerne permet d'évacuer la chaleur, quitte à choisir une capacité plus importante que prévu...

2 - Concept global de BEPAS & BEPOS destiné aux immeubles de moins de quatre niveaux

A - Chauffage solaire passif

Au lever du soleil, les rayons atteindront la façade double peau du bâtiment.

Figure 9



Chauffage solaire passif d'un petit bâtiment collectif.

Le chauffage et la ventilation des logements seront réalisés au moyen d'une centrale de traitement d'air à double préchauffage de l'air neuf (figure 9) : par la veine d'air constituée par la façade double peau, puis par un récupérateur de chaleur. Ce système convectif aura vite fait de chauffer et d'homogénéiser la température des différentes pièces.

B - Chauffage solaire combiné (passif + actif)

Si la température du logement est insuffisante, les batteries chaudes de la centrale réaliseront l'appoint nécessaire grâce à un système de chauffage solaire dynamique. Le rayonnement solaire atteindra des capteurs solaires non vitrés disposés en toiture. Intérêt : une moindre montée en température qu'avec des capteurs solaires vitrés, mais une énergie thermique journalière recueillie plus importante. Cette subtilité constitue un avantage en cas d'utilisation d'une pompe à chaleur pour doper les énergies renouvelables (le soleil) à partir des énergies fossiles (le gaz naturel).

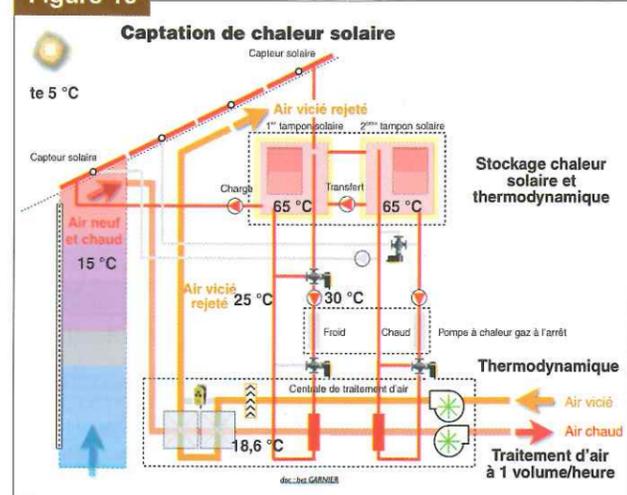
Si le gisement solaire est important :

- la pompe à chaleur sera mise à l'arrêt ;
 - il est possible de réaliser un chauffage solaire passif + actif : la boucle de fluide solaire alimentera directement la batterie solaire de la centrale de traitement d'air.
- Si le gisement solaire est insuffisant mais qu'il a été possible de stocker de l'énergie solaire les jours précédents :
- la pompe à chaleur sera mise à l'arrêt ;
 - le chauffage sera assuré grâce à l'énergie solaire, mais cette

fois-ci au moyen de deux stockages de fluide thermique (figure 10).

La boucle fluide évaporateur alimentera directement la batterie solaire à partir du premier tampon solaire et la boucle fluide condenseur alimentera directement la seconde batterie solaire en série sur l'air à partir du deuxième tampon solaire. Tant que le fluide thermique sera à plus de 25 °C, et compte tenu de la surface d'échange des deux batteries réunies de la centrale de traitement d'air, on sera en mesure de chauffer le bâtiment.

Figure 10

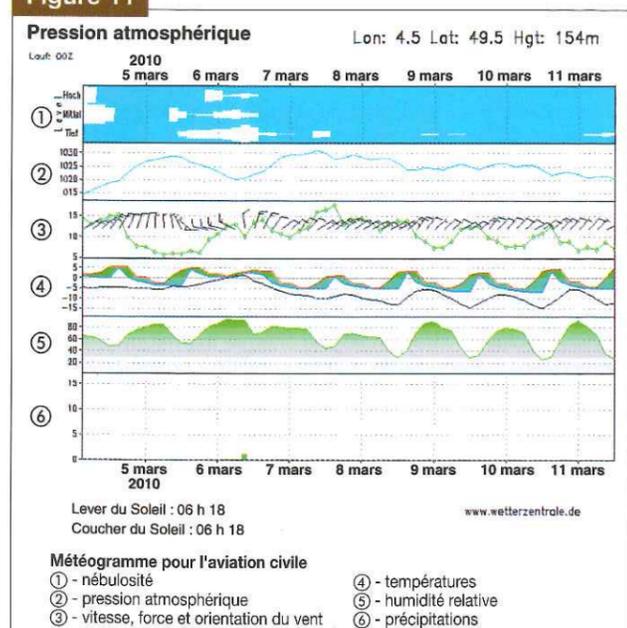


L'association de deux tampons solaires permet d'assurer le chauffage durant plusieurs jours grâce à la puissance accumulée.

La gestion du stockage solaire sera réalisée d'après un bilan thermique comparant les besoins calorifiques et la capacité thermique du stockage solaire.

Pour y parvenir, il est nécessaire d'avoir recours à une prévision météorologique hebdomadaire (température, ensoleillement, nébulosité, vent et pluie) rapatriée et stockée en permanence sur le poste de supervision (figure 11).

Figure 11

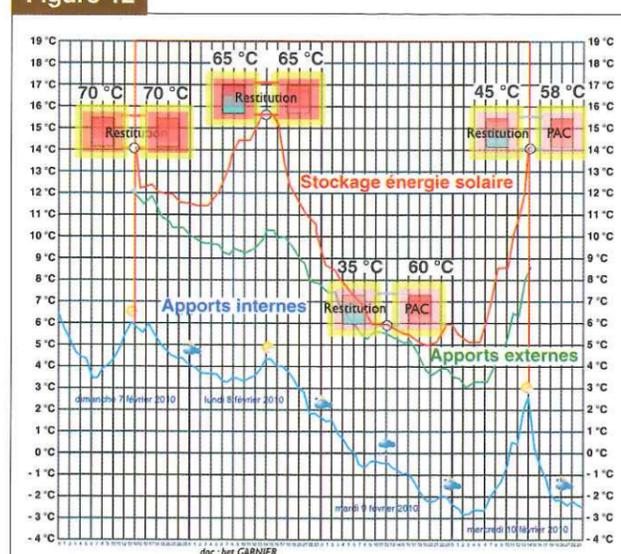


Exemple de synthèse des données météo fournie par un système de gestion technique de bâtiment.

Le programme de gestion dynamique du bâtiment (GDB) analysera les besoins calorifiques en tenant compte des apports gratuits et les comparera au bilan thermique. On cherchera à maintenir une charge thermique correspondant au bilan thermique d'au moins vingt-quatre heures dans le cas d'un bâtiment passif (Bepas) et de soixante-douze heures (voire plus) dans celui d'un bâtiment à énergie positive (Bépos).

Le GDB déterminera le profil des besoins calorifiques et le comparera à la capacité thermique du stockage solaire pour connaître l'énergie solaire à capter (figure 12).

Figure 12



Zone en rose : stockage solaire à réaliser ;
Ligne en bleu : température extérieure ;
Ligne en vert : température extérieure - apports internes ;
Ligne en rouge : température extérieure - (apports internes + apports externes), appelée aussi "température de non chauffage".

La restitution des informations par une gestion dynamique des bâtiments.

C - Rafraîchissement adiabatique sec en été

Si après avoir eu recours à la ventilation naturelle, puis au free cooling, la température de confort de 27 °C est encore dépassée, on pourra alors avoir recours au rafraîchissement adiabatique sec (figure 13).

Figure 13

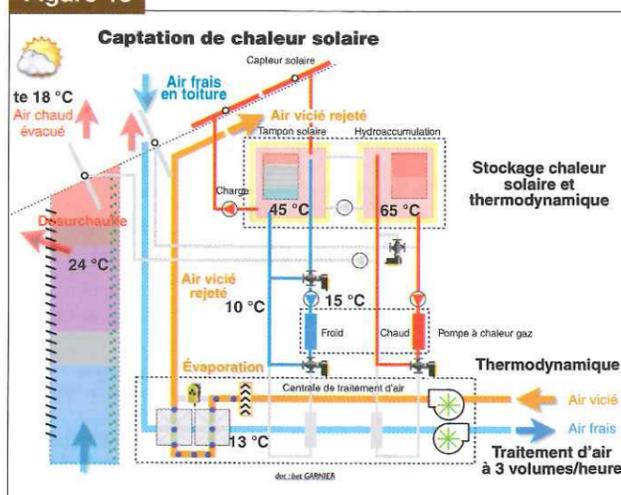


Schéma de principe d'un rafraîchissement adiabatique sec.

La centrale de traitement d'air verra son débit d'air neuf et frais ainsi que d'air chaud extrait augmenter jusqu'à 3 à 4 vol/h pour obtenir un rafraîchissement efficace. On refermera le bypass du récupérateur à plaques pour obliger l'air extrait à passer dedans, puis on mettra en service l'humidificateur évaporatif situé en entrée d'air vicié rejeté.

Les machines à absorption ont un Cop intéressant en utilisation pompe à chaleur, mais dans les zones chaudes qui ont besoin de climatisation, il vaut mieux recourir à des pompes à chaleur à moteur thermique gaz qui ont un meilleur EER.

Dans les zones climatiques où la climatisation est autorisée, on pourra recourir :

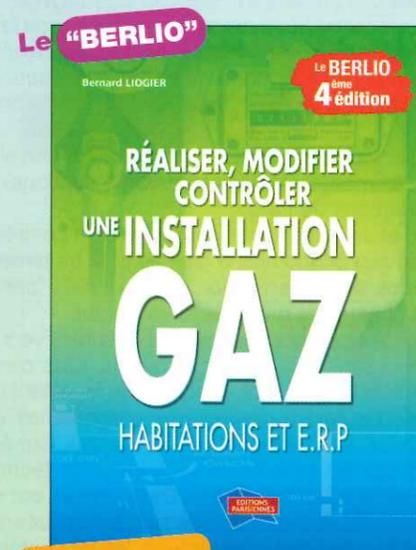
- à un système combiné : rafraîchissement adiabatique sec + machine à absorption gaz fonctionnant en froid ;
 - à un système hybride plus efficace mais d'un coût plus élevé :
 - en hiver : les machines à absorption gaz fonctionneront principalement car elles offrent le meilleur Cop, la machine de froid à moteur gaz viendra en appoint ou en secours, bien qu'elle n'ait pas de cycles de dégivrage ;
 - en été : la machine de froid à moteur gaz fonctionnera principalement car elle offre le meilleur EER, les machines à absorption gaz viendront en appoint ou en secours.
- Le mois prochain, nous aborderons le concept global des Bepas et Bépos applicable aux immeubles de moins de dix-sept niveaux.

Réaliser, modifier, contrôler une installation gaz (habitations et E.R.P.)

B. Liogier

(préface de J.-M. CARTON, vice-président de la CAPEB)

NOUVEAU



4ème édition 2010

328 pages

49 €

TTC FRANCO

LIVRAISON "EXPRESS 48 H"
commandez et payez sur
www.librairietechnique.com

LES EDITIONS PARISIENNES

6, passage Tenaille - 75014 PARIS - Tél. : 01 45 40 30 60 - Fax : 01 45 40 30 61