

ÉCO-QUARTIER OU L'ÎLOT À ÉNERGIE POSITIVE : UNE SOLUTION BEPOS

PAR ALAIN GARNIER INGÉNIEUR ET DIRECTEUR
DU BUREAU D'ÉTUDES GARNIER À REIMS



® XPAIR ÉDITIONS – AOÛT 2014 -

Retrouvez toutes les chroniques en ligne ! http://conseils.xpair.com/actualite_experts.htm

*EN APPLICATION DE LA LOI DU 11 MARS 1957, IL EST INTERDIT DE REPRODUIRE INTÉGRALEMENT
OU PARTIELLEMENT LE PRÉSENT OUVRAGE, SUR QUELQUE SUPPORT QUE CE SOIT, SANS
L'AUTORISATION DE L'ÉDITEUR OU DU CENTRE FRANÇAIS D'EXPLOITATION DU DROIT DE COPIE,
20, RUE DES GRANDS AUGUSTINS, 75006 PARIS.- © XPAIR ÉDITIONS, 2014*

ÉCO-QUARTIER OU L'ÎLOT À ÉNERGIE POSITIVE : UNE SOLUTION BEPOS

Cette chronique montre à la fois l'intérêt de mutualisation des énergies pour obtenir un ensemble collectif dit BEPOS, soit à énergie positive, et les précautions qui permettront d'arbitrer les techniques de conception. Le document complet de 34 pages est disponible en téléchargement gratuit en fin de chronique.



Parc d'activités commerciales et de loisirs de Mont-De-Marsan (îlot à énergie positive) - Grégoire GENAUX architecte AWO et BET GARNIER Energie & Fluides à Reims

1/ Avantages et inconvénients de la solution Eco-Quartier

Sur le plan construction, la solution éco-quartier permet bien des d'avantages :

- Elle est très performante au niveau environnemental et énergétiquement, l'habitant payerait moins de charges.
- Elle permet de pouvoir recourir à une synergie énergétique, c'est à dire :
 - La puissance de la production de chaleur sera plus faible et le coût de travaux sera donc moins cher du fait du foisonnement des besoins.
 - La multiplication des sources de pollution sera évitée.
 - La tarification énergétique sera plus intéressante du fait du regroupement des contrats (bois, gaz, électricité).
- Elle permet de réaliser des BEPOS à prix raisonnable grâce à une grande possibilité de choix d'énergie primaire et de réaliser des productions d'électricité en commun.
- Elle permet de recourir plus facilement à la biomasse ou au biogaz du fait de la plus grande taille de la production de chaleur ce qui induit une meilleure rentabilité financière.
- Elle permet de faire classer les réseaux en leur assurant un meilleur avenir.
- Elle permet de recourir plus facilement à un mix énergétique.
- Elle permet de recourir plus facilement à des systèmes à base d'énergies renouvelables et fatales.
- Elle permet de par sa taille, d'avoir un secours dans les énergies et les matériels de production.
- Elle permet d'avoir moins de nuisances (bruit, pollution, etc.) grâce à l'utilisation de matériels de production plus sophistiqués et éloignés des bâtiments à desservir.
- Elle permet d'avoir moins de contraintes réglementaires : la production centralisée est plus simple que de construire différentes chaufferies de plus de 2000 kW notamment dans des ERP.

Elle comporte malgré tout, quelques inconvénients :

- Le montage administratif et plus complexe du fait d'entités différentes et bien souvent avec phasage sur plusieurs années et un mélange du public et du privé.
- À la construction l'éco-quartier est plus cher, surtout à cause des réseaux. Une étude de faisabilité sera nécessaire.
- La planification des projets ne facilite pas toujours la mise en place d'une production de chaleur avec un mix énergétique. Il faut trouver des systèmes extensibles ou des offres packagées et de plus en plus souvent aujourd'hui en passer par des tiers investisseurs.
- Lorsque les besoins calorifiques sont faibles comme c'est de plus en plus le cas, les réseaux de chaleur assez longs, le projet aura du mal à être rentable.
- Même dans le cas où on a l'opportunité de récupérer de l'énergie fatale venant de bâtiments industriels, le projet de d'un réseau de chaleur aura du mal à être rentable s'il s'agit d'alimenter de l'habitat ou du tertiaire éloigné.

Premières réflexions à avoir pour concevoir un Eco-Quartier composé de bâtiments à basse consommation d'énergie

- On ne peut pas réaliser des Éco-quartiers à n'importe quel prix ; une étude de faisabilité objective sera nécessaire.
- On ne pourra pas atteindre le niveau BEPOS rien qu'en isolant nos bâtiments ; l'Éco-quartier pourra en partie limiter les surcoûts des compléments indispensables : façade double peau, brise-soleil, production de chaleur ou d'électricité solaire, etc.
- On devra ventiler beaucoup plus nos logements (santé et confort d'été).
- On ne pourra plus investir à la fois dans un chauffage et dans une ventilation dans nos logements, il faudra n'en choisir qu'une qui la plupart du temps sera la ventilation tempérée.
- On sera obligé de prévoir des moyens de rafraîchissement car en BEPOS la température de début d'inconfort à 27°C sera rapidement dépassée.
- On sera petit à petit contraint à en passer par des offres packagées si l'on veut diminuer les coûts des productions et des logements, réduire les délais d'étude et de construction et garantir une performance.

Les besoins calorifiques sont de plus en plus faibles et l'inconfort d'été de plus en plus fort.

Témoignage personnel d'un habitant en appartement passif :

« J'habite un duplex en passif au dernier étage d'un immeuble, j'ai 4 parois extérieures très bien isolés par l'extérieur et une grande véranda à l'opposé de mon escalier de façon à créer une convection naturelle et transversale dans l'ensemble des pièces.

Je peux vous certifier qu'en hiver, mes besoins en chauffage sont très faibles et peuvent être couverts en majeure partie par les apports internes (veilles des appareils électroniques et occupants) ainsi que par les apports externes (soleil).

J'en suis à mon deuxième hiver sans avoir mis en service mon chauffage et sans être descendu en dessous de 19°C ; mon appartement a été le plus souvent entre 21 et 25°C. La réalisation de logements passifs peut donc être un frein à des projets d'Éco-quartiers avec des réseaux extérieurs longs aussi EnR soient-ils...

Mon problème est que j'avais pressenti, c'est de désurchauffer mon logement à partir de la demi-saison et parfois même en hiver quand je reçois des invités. Des châssis ouvrants efficaces situés en bas en haut de ma véranda me permettent heureusement de désurchauffer tout mon duplex la nuit, grâce à une ventilation naturelle transversale mise en mouvement par le double effet de cheminée ascendant et descendant obtenu par la véranda et l'escalier.

De jour, la véranda continue d'être désurchauffée grâce aux ouvrants. Je ferme les portes de communication de la véranda avec l'intérieur et rien qu'avec l'inertie thermique et les occultations, la température de 27°C n'est pas franchie, même lorsqu'il y a des pointes extérieures à 35°C. Avec ce système de free cooling peu contraignant, je n'ai qu'une dizaine de jours par an de surchauffe ».

2/ Les éco-quartiers : oui mais avec discernement

Réaliser des BEPOS à n'importe quel prix n'est pas raisonnable. Les énergéticiens doivent être en partie des économistes et savoir s'arrêter à temps en ce qui concerne la complexité technique, car les coûts de travaux et de maintenance peuvent devenir insoutenables.

Comme toujours posons-nous les questions fondamentales, à savoir :

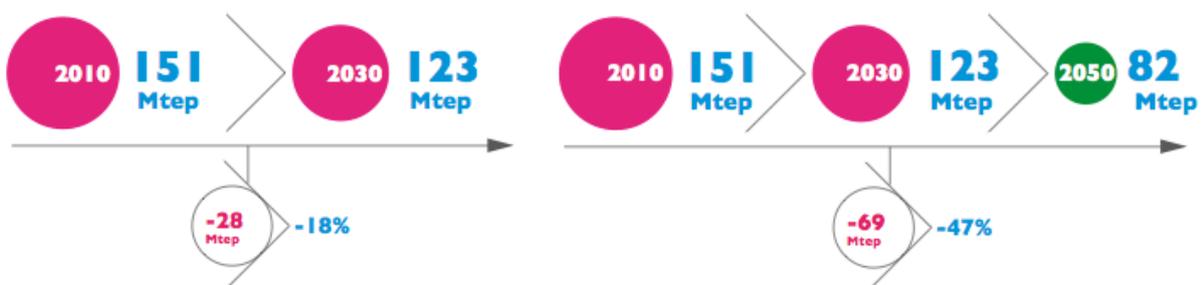
- Est-ce que ce sera vendable (coût de l'immobilier) ?
- Est-ce que ce sera supportable (coût du loyer ou du remboursement du prêt, plus les charges).

La solution d'Éco-quartier n'est pas intéressante à tous les coups, il faudra tenir compte :

- Du coût global des travaux : production + réseaux + sous-stations + bâtiments (seuil d'équilibre).
- De nos futures consommations d'énergie liées au chauffage. Serons-nous contraints de réduire nos consommations de façon réglementaire ou à partir d'un système de bonus-malus comme il en existe pour l'automobile ?
- Des choix énergétiques qui seront mis à disposition dans un futur proche.
- Du rapport énergie primaire/énergie finale pour les différentes énergies (fossiles, renouvelables, fatales).
- De la monotone des besoins thermiques.
- Des tarifs saisonnalisés ou flottants de certaines énergies.

Informations déterminantes

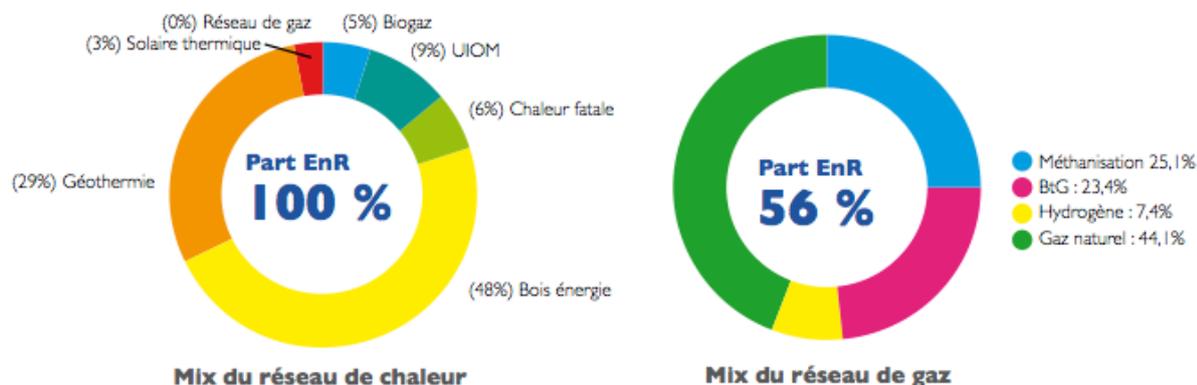
- Nos consommations de chauffage et d'eau chaude sanitaire dans les futurs quartiers ou anciens rénovés vont diminuer pour atteindre 25 à 70 kWhep/m².an en habitat.
- A l'horizon 2030, c'est le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) qui contribuera majoritairement à cette baisse de la consommation pour plus de 50 % (15 Mtep), grâce à la rénovation de 500 000 logements par an en moyenne.
- Entre 2010 et 2050, le secteur du bâtiment devra participer à hauteur de 40% à la baisse de la consommation énergétique.



- Afin d'atteindre le « facteur 4 » à l'horizon 2050 dans le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire), il sera nécessaire d'amplifier considérablement les objectifs du Grenelle au-delà de 2020. Le véritable enjeu se situera au niveau du parc existant pour lequel des objectifs ambitieux en matière de réhabilitation énergétique devront être fixés.

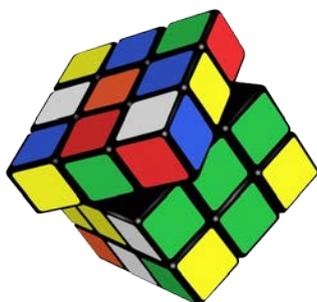
Pour ce parc, le niveau de performance visé est de 25 kWhep/m².an pour les cinq usages réglementés (chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage, auxiliaires), que ce soit pour les bâtiments résidentiels ou ceux relevant du secteur tertiaire.

- Le réseau de gaz naturel par exemple recevra 56% de biogaz (EnR) en 2050. Nous aurons donc acquis une part d'énergie renouvelable sans le savoir ... De plus la Ministre Mme Ségolène Royal confirmait en Juin le projet de loi sur la Transition Energétique et proclamait de ramener la part du nucléaire à 50 % de la production d'électricité en 2025 et de porter en 2030 la part des énergies renouvelables à 32 % de notre consommation énergétique finale, soit 40 % de l'électricité produite. (http://conseils.xpair.com/analyse_reglementation/projet-loi-transition-energetique-grands-axes.htm)



Source ADEME Scénario 2030-2050

Dans ces conditions sera-t-il rentable ?



D'alimenter des maisons individuelles ou des petits bâtiments d'habitation qui auront une température de non chauffage voisine de 5°C et/ou encore des bâtiments de type tertiaire à basse consommation, qui eux, ne fonctionneront que 40h par semaine ?

De réaliser des réseaux de chaleur sur des kilomètres pour alimenter des bâtiments qui seront isolés dans les prochaines années ?

Ne vaudra-t-il pas mieux les isoler, les chauffer principalement en passif avec un appoint en énergie fatale ou fossile ?

Ne peut-on pas réaliser, comme l'ont fait les allemands à titre expérimental, des maisons individuelles, des petits bâtiments d'habitation ou encore des bâtiments de type tertiaire, en solaire collectif avec un stockage de grande capacité et des réseaux de chaleur exclusivement en EnR sur des kilomètres ?

Les habitations peuvent recevoir de la chaleur (énergie fatale) provenant de l'industrie ou du tertiaire lorsque ces derniers sont proches, mais est-ce que le modèle français est prêt à mélanger l'habitat à l'industrie ? Non, par contre le mélange de l'habitat à du tertiaire ou encore le mélange du tertiaire à de l'industrie est admis et ce serait une bonne solution pour réaliser des transferts thermiques.

Déjà ne serait-il pas plus intéressant de mélanger les bâtiments tertiaires entre eux. Certains rejettent leur énergie fatale alors que dans le même temps d'autres ont des besoins d'énergie thermique toute ou partie de l'année.

Exemples :

- Un data center rejette la chaleur de réjection provenant de sa production de froid à côté d'une zone d'activités qui en a besoin : piscine, bureaux, commerces, etc.
- Une production de vapeur HP pour une buanderie de Centre Hospitalier rejette sa chaleur de revaporisation alors qu'il y a des besoins de production d'eau chaude sanitaire toute l'année dans ce même établissement ou d'autres proches.
- Etc.

3/ Quel combustible pour la chaufferie et quels types de réseaux ?

Chaufferie biomasse réalisée par la ville de Reims, alimentant les quartiers « Murigny » et « Croix Rouge », ainsi que le CHU.



Une chaufferie centralisée pour un Éco-quartier représentera une opportunité intéressante de recourir à la biomasse (bois de chauffage ou déchets combustibles des commerces) ou encore au biogaz. Cette solution permettra de produire de la chaleur en énergie renouvelable.

On pourra même avec ces combustibles utiliser une cogénération ou trigénération, ce qui permettra de produire en plus de l'électricité et du froid en énergie renouvelable.

Dans quelques cas où la monotone des besoins ne sera pas satisfaisante, on aura peut-être à recourir à un mix énergétique. A la vue des coûts, il ne faudra pas se tromper et une étude de faisabilité s'avèrera nécessaire.

- Les besoins de chaleur assumés par une chaufferie centralisée pour un Éco-quartier seront-ils destinés uniquement au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire ?
 - Oui, s'il s'agit de bâtiments d'habitation,
 - Non, s'il s'agit de bâtiments tertiaires car les besoins en eau chaude sanitaire sont faibles exigeant du rafraîchissement ou de la climatisation (bureaux, commerces, etc.) ou encore de la déshumidification comme c'est le cas dans les piscines.

S'il y a en plus un besoin de froid pour assurer :

- Le rafraîchissement ou la climatisation de bureaux, de commerces ou de salles de spectacles.
- La déshumidification thermodynamique de piscines,

On pourra recourir à des machines à absorption à réchauffage indirect dont la source de chaleur du bouilleur sera la production de chaleur. Cela permettra de produire du froid en énergie renouvelable.

Au fur et à mesure de ces réflexions, on s'en doute, on pourra avoir plusieurs types de réseaux :

- Un réseau de chaleur (énergie renouvelable ou/et fossile)
- Un réseau de froid (énergie renouvelable ou/et fossile)
- Un réseau de chaleur de réjection (énergie fatale)

Plus rarement on aura un réseau extérieur d'eau chaude sanitaire, car on aurait alors un rendement de production et de distribution très faible et on créerait des risques sérieux de légionellose.

- A-t-on besoin de chaleur de réjection à haute température pour créer un réseau spécifique ?
 - Non, car on pourrait avoir un réseau BT (35 à 45°C) qui couvrirait les besoins en hiver de bâtiments tertiaires (commerces et services) ou encore les besoins annuels tels qu'une piscine ou des maraichers.

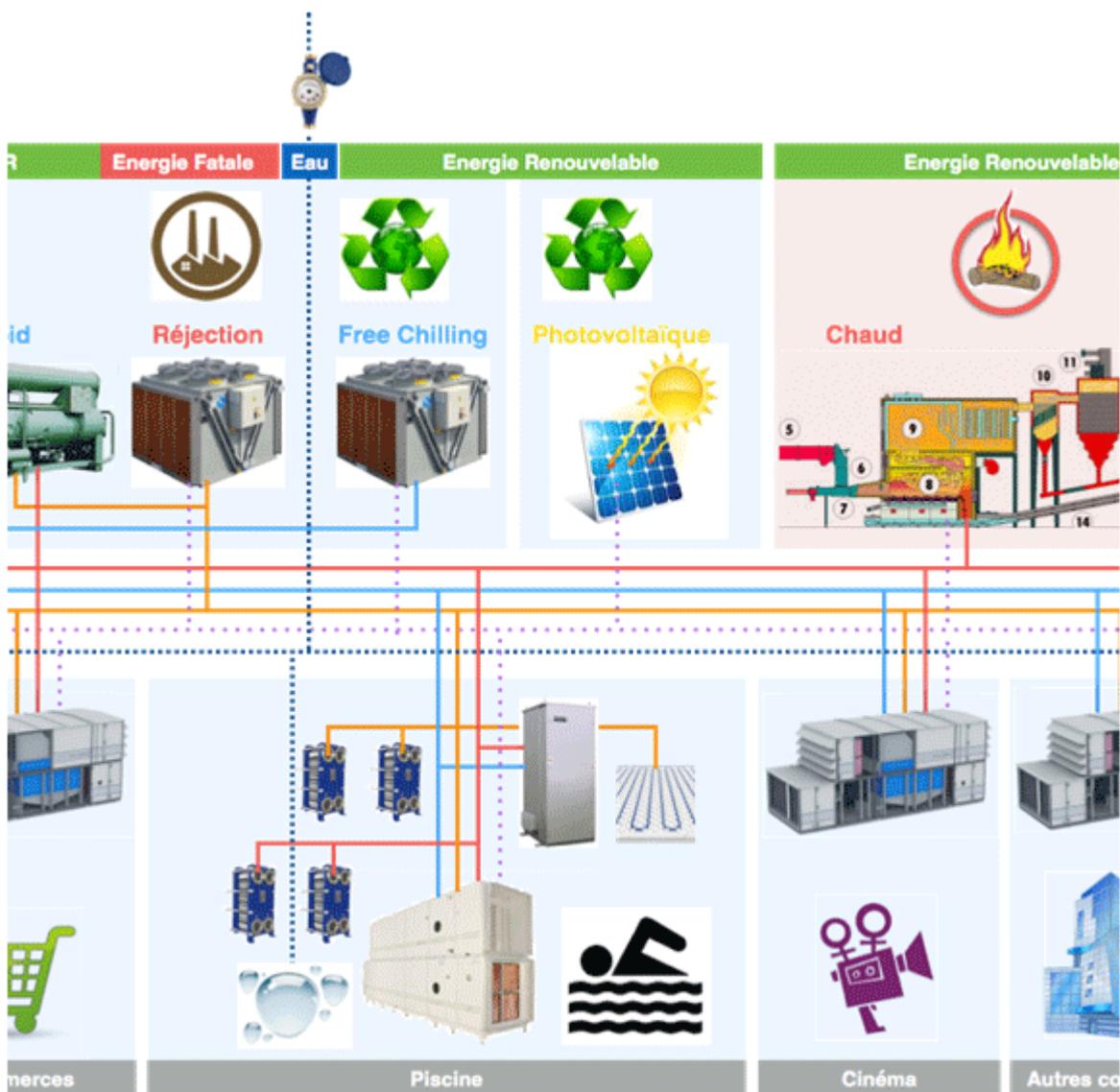
La logique en matière de production de chaleur et de froid à base d'Énergie Renouvelable est la suivante :

- Avec du bois nous produisons de la chaleur.
 - Avec de la chaleur, nous produisons de l'eau chaude pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'eau des bassins.
- Avec de la chaleur nous pourrions produire du froid.
 - Avec du froid, nous produisons de l'eau glacée pour la climatisation et la déshumidification de la piscine.
- Avec de l'air extérieur humide et à l'aide d'aéroréfrigérants adiabatiques, nous pourrions produire de l'eau glacée (free chilling). Ces aéroréfrigérants consomment de l'eau deux mois par an, mais ils pourront être alimentés par les eaux de nettoyage des filtres de piscine, de forage, ou de pluie.
 - Avec cette eau glacée, nous assumerons en hiver et en demi-saison tous les besoins de climatisation et de déshumidification de la piscine. En été, et seulement lors des pics de température, nous aurons besoin d'un complément thermodynamique.

La logique en matière de production de chaleur et de froid à base d'Énergie Fatale est la suivante :

- Avec la chaleur de réjection des machines à absorption, nous mettons à disposition sur le site de l'Éco-quartier de l'eau chauffée à 35°C.
 - Avec cette eau chauffée à 35°C, nous assumons tout ou partie des besoins de chauffage, une partie de la production d'eau chaude sanitaire, tout ou partie du réchauffage d'eau des bassins de piscine.

Schéma de la synergie énergétique entre productions et besoins des bâtiments constituant l'Eco-Quartier -
 Doc A. GARNIER



4/ Où placer la chaufferie centralisée ?

Il faudra choisir l'emplacement des productions de chaleur et de froid en fonction des plus forts besoins de façon à réduire le linéaire de réseau extérieur et les pertes de distribution induites.

Exemple : une piscine qui a à la fois des besoins de chaud BT et de froid, sera de préférence construite à côté de la chaufferie et de sa production de froid centralisée.

Paramètres à prendre en compte pour réussir sa chaufferie centralisée

Plusieurs contraintes nous amèneront à concevoir nos installations de façon différente :

- Les besoins en chaleur pourront-ils évoluer en fonction d'un phasage dans la construction ou la réhabilitation des bâtiments ?
- La température du réseau de chaleur sera-elle assujettie à la température extérieure ?
Avec toutefois un talon en été qui correspondra :
 - Soit, aux besoins calorifiques de la piscine, s'il en existe une (réchauffage des bassins + température minimum de production d'eau chaude sanitaire).
 - Soit à la température minimum de production d'eau chaude sanitaire des bâtiments habitation.
- S'il existe des besoins en froid, les besoins en chaleur seront-ils seulement assujettis à la température extérieure et à l'ensoleillement ?
Où seront-ils également assujettis à l'occupation ou à du matériel de bureautique ou à du process, ce qui risque de nous faire produire du froid en demi-saison et de plus en plus souvent maintenant en hiver.
- Sera-t-on obligé de produire du froid toute l'année pour des besoins de déshumidification thermodynamique ?

Exemple : une piscine dont les besoins de déshumidification vont de septembre à juin.

- Ne serait-ce pas plus approprié de réaliser le froid localement dans la piscine au moyen d'une machine à absorption dont le bouilleur sera raccordé sur le réseau de chaleur ou une chaudière locale ?
- Ne serait-ce pas plus approprié de réaliser le froid localement dans la piscine au moyen d'un système de free chilling qui couvrirait les besoins de déshumidification de novembre à mars ?

La fraction de la demande annuelle produite par la chaudière principale au bois s'appelle le taux de couverture. Pour l'optimiser, il ne faudra pas dimensionner la chaudière bois sur celle de pointe car cette dernière ne peut guère fonctionner en dessous de 35 à 40% de sa puissance nominale et encore avec un « rendement de chaudière » dégradé.

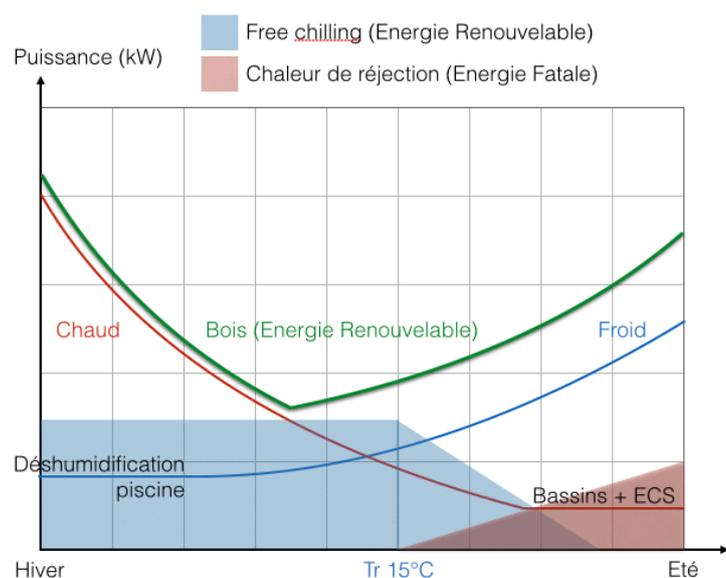
Pour obtenir le meilleur taux de couverture en bois qui soit, il y a 3 solutions :

- Soit installer plusieurs chaudières de puissance unitaire égale en leur donnant celle du talon.
- Soit installer des chaudières de différentes puissances dont la plus petite sera égale à celle du talon.

Pour mémoire :

- Il ne faudra pas oublier dans ce raisonnement qu'en cas de panne de la chaudière la plus puissante, nous devons assurer un secours par les autres.
- La puissance et/ou le fractionnement des chaudières devra aussi parfois tenir compte des besoins actuels et futurs (phasage de construction ou réhabilitation avec isolation de bâtiments).

Monotone de charge des chaudières bois en fonction des besoins saisonniers



L'idéal sera d'obtenir un taux de couverture en bois le plus important possible. Cela ne sera rendu possible que si les besoins en chaleur sont répartis sur l'année (monotone de charge ci-dessus).

Ce « lissage » permettra au MO de ne pas avoir à disposer de chaudières de puissances différentes. Ce qui permettra par ailleurs de couvrir l'ensemble des besoins rien qu'en bois de chauffage.

Doc. A. GARNIER

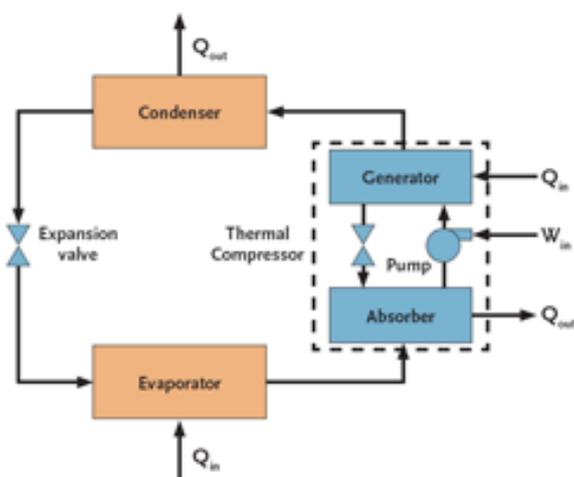
La production de froid à partir du bois combustible est donc un bon moyen de réaliser des chaufferies biomasses rentables.

Si ce « lissage » n'avait pas été rendu possible, on aurait dû faire appel à une chaudière d'appoint plus petite travaillant en mode bivalent avec bien souvent une autre énergie (fossile la plupart du temps).

Et enfin, pour que les chaudières ne soient pas détruites en cas de coupure du réseau électrique, on devra prévoir un groupe électrogène pour décharger le combustible en flamme. On pourra se servir des aéroréfrigérants nécessaires à la production de froid pour refroidir les chaudières ; ces matériels devront être également secourus par le groupe électrogène.

5/ La production de froid en thermodynamique

Produire du froid de manière centralisée est d'un intérêt évident, elle pourra être réalisée au moyen de machines à absorption à réchauffage indirect, c'est-à-dire comportant chacune un bouilleur alimenté par les chaudières bois.



Ces machines seront placées dans une centrale frigorifique située de préférence non loin de la centrale de production de chaleur. L'eau sera envoyée dans le réseau d'eau glacée alimentant les bâtiments au moyen de pompes à débit variable de façon à réduire la consommation électrique d'environ 40% ainsi que les pertes frigorifiques.

En été, les groupes de froid auront à fonctionner au maximum, leur chaleur de réjection devra normalement être dissipée à l'extérieur au moyen d'aéroréfrigérants adiabatiques.

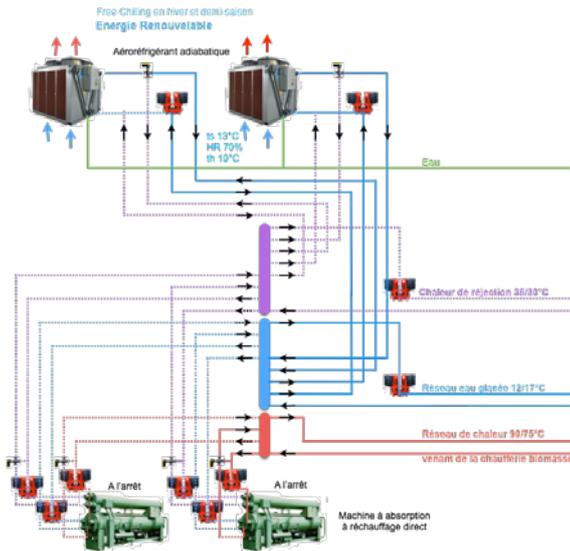
Plutôt que d'être perdue, cette chaleur de réjection sera envoyée vers les bâtiments qui en auront besoin tout ou partie de l'année. Ce transfert de chaleur BT sera réalisé au moyen d'un réseau spécifique ; ce qui permettra de réduire la consommation globale d'énergie thermique et également celle d'électricité du fait que des aéroréfrigérants n'auront plus à fonctionner.

La production de froid en free chilling

En hiver et en demi saison, les machines à absorption à réchauffage indirect n'auront plus besoin de fonctionner, l'eau glacée sera produite « gratuitement » par les aéroréfrigérants adiabatiques servant habituellement en été (énergie renouvelable). Le potentiel de production de froid par le

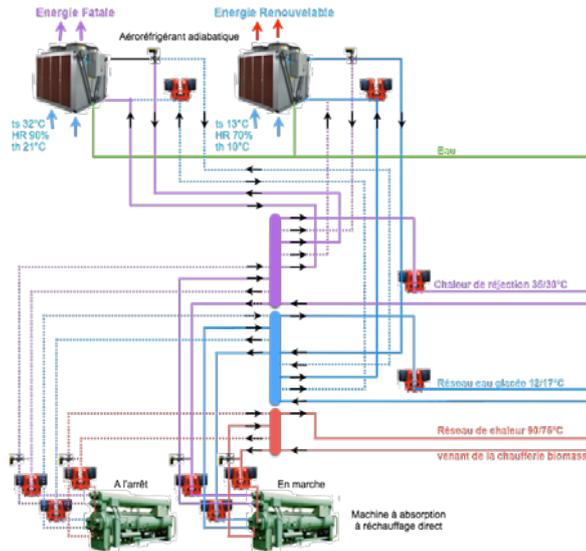
Le système de free chilling est d'environ 52% mais compte-tenu du rendement de distribution et d'une utilisation uniquement de jour, il permettra **un gain d'énergie d'environ 44%**.

Principe de production d'eau glacée en free chilling et/ou en thermodynamique



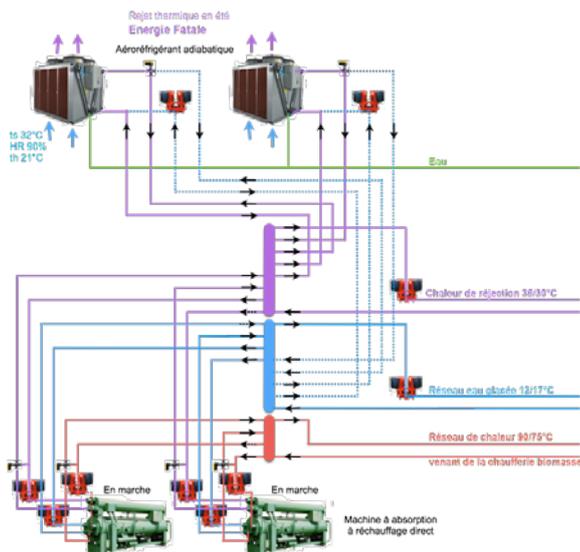
En hiver :

Free chilling en fonctionnement seul
Machines à absorption à l'arrêt
Energie renouvelable 100%



En demi-saison :

Free chilling en fonctionnement, plus
Machines à absorption 1/2
Energie renouvelable 50% + fatale 50%



En été :

Machines à absorption 2/2
Free chilling en fonctionnement 1/2 temps
Energie électrique 75%
Energie renouvelable 25% + fatale 75%

Conclusion : sur un potentiel de free chilling de 62% par an, si nous n'avons qu'une utilisation du froid que de jour nous arriverons à un gain d'environ 45% en tenant compte des pertes.

Voir exemples d'installations similaires sur internet :

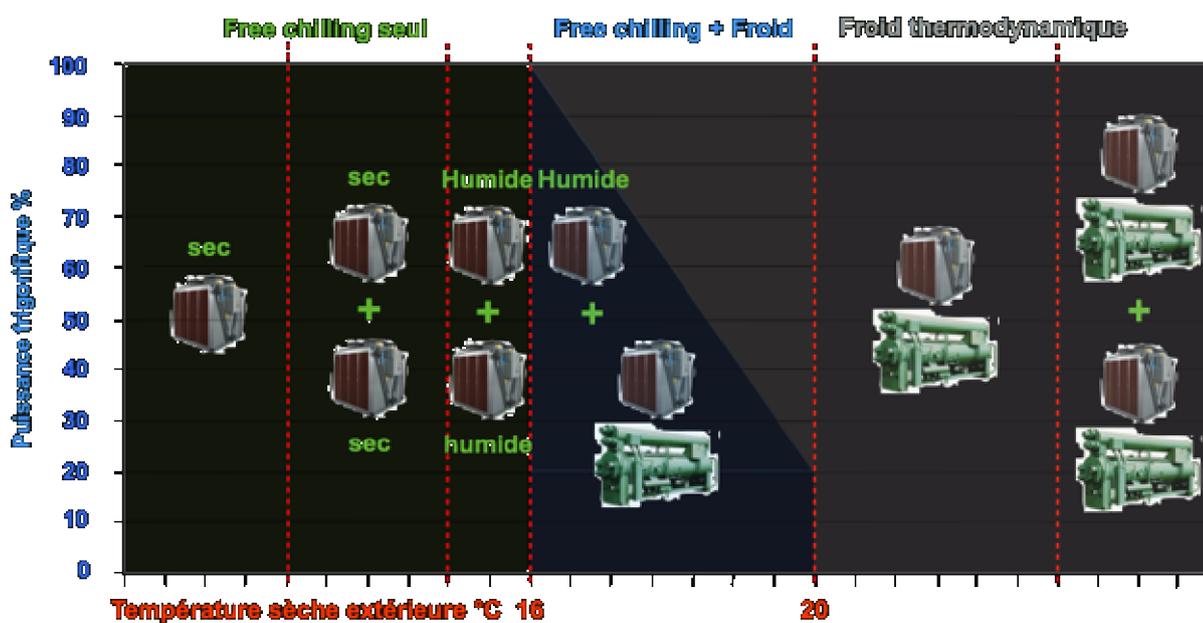
http://conseils.xpair.com/actualite_experts/renovation-production-froid-hopital-tourcoing.htm

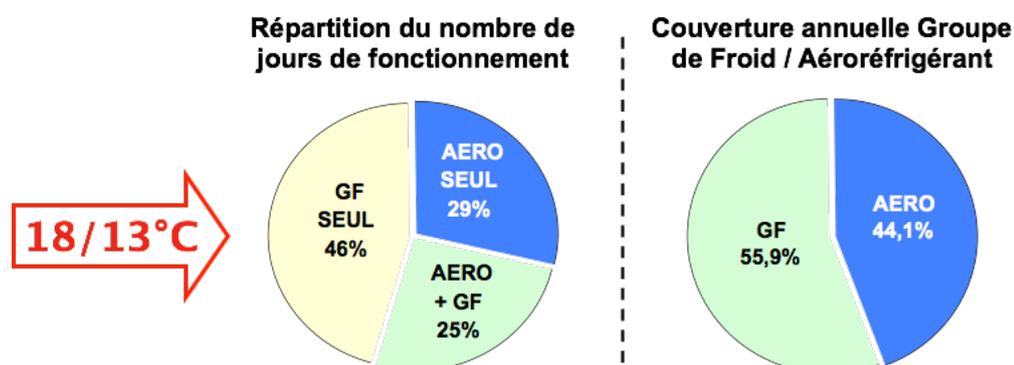
http://conseils.xpair.com/actualite_experts/renovation-installations-cvc-industrie.htm

Nota :

- Le free chilling a besoin d'eau pendant les périodes estivales de façon à réaliser un refroidissement adiabatique et de se dispenser sur une période plus longue du froid thermodynamique.
- L'eau légèrement chlorée provenant du lavage des filtres à sable du centre aquatique fera l'affaire,
- Les aéroréfrigérants ne peuvent créer de risques de légionellose comme l'étaient les tours de refroidissement.

Plage de fonctionnement de la production de froid en free chilling ou/et en thermodynamique - Doc. A. GARNIER





6/ L'Éco-quartier est-il en opposition avec les BEPOS ?

Certainement pas, bien au contraire, il pourra faciliter la construction de BEPOS répondant plus facilement aux performances recherchées au moindre coût.

Les questions en suspens :

Pour ma part, et compte-tenu de nos connaissances actuelles et des évolutions futures, je suis convaincu qu'il vaut mieux en passer par des systèmes thermodynamiques couplés à du solaire pour des bâtiments d'habitation plutôt que d'en passer par un réseau de chaleur avec une chaufferie centralisée recourant essentiellement aux énergies fossiles.

Les BEPOS sont chers en coût de construction (bâtiments et systèmes énergétiques) pour des besoins thermiques réduits du fait qu'ils sont construits en passif. De plus, il faut y ajouter le coût et le temps des études et des travaux, des mises au point et de la vérification des indicateurs de performances qui rendent ce produit extrêmement compliqué à vendre.

Nous devons innover pour que les coûts de conception et de travaux baissent significativement. Les délais de construction représentent également une part significative dans ces coûts.

L'avenir nous dira s'il faut continuer à étudier et à réaliser les BEPOS au cas par cas ou partir de systèmes clé en main ou d'offres packagées. Déjà des tiers investisseurs réalisent des offres packagées dans l'habitat pour les salles de bains, WC et cuisine ou encore certains secteurs du

tertiaire comme les équipements de piscines. Ces offres packagées permettent non seulement des gains de productivité mais nous assurent aussi des performances et de la pérennité. Sans oublier les gains sur les primes d'assurances et les honoraires des avocats.

Nous devons subir moins de contraintes réglementaires en produisant des modèles certifiés qui nous permettraient de nous affranchir d'études longues et coûteuses et de calculs réglementaires sans rapport avec nos consommations. Le rôle de l'énergéticien serait de concevoir des bâtiments et des systèmes performants vendus à un prix raisonnable. Le rôle du bureau d'études serait de vérifier la mise en œuvre et les performances et de les surveiller dans le temps.

On peut enfin imaginer que l'opportunité de construire des BEPOS nous permette de faire table rase du passé et nous permette de repartir sur de bonnes bases consistant à mettre en œuvre des offres packagées.

Et si l'on ne peut réaliser d'Éco-quartier, il nous restera les BEPOS.

Mais pas construit au coup par coup, on ne peut vraiment plus se le permettre aujourd'hui.

Les BEPOS en offre packagée devront comporter :

- Des conceptions amenant à des indicateurs de performance vérifiables.
- Des équipements préfabriqués dont les performances auront été contrôlées en sortie d'usine.

Et enfin, ils devront permettre des gains sur les coûts de travaux et les délais.

J'ai recensé 3 typologies de bâtiments d'habitation à architecture bioclimatique différente et dont les équipements pourraient en passer par des offres packagées :

Maison individuelle :

Particularités :

- Bâtiment de 1 ou 2 niveaux avec 3 à 5 parois extérieures dont le développé amène à un refroidissement et à une surchauffe très rapide qu'il faut traiter par des pare-soleil et de l'inertie thermique.
- Une surface de toiture ensoleillée permettant grâce à des capteurs sans vitres orientables sur un axe motorisé et géré par un suiveur solaire, le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire solaire ainsi que la dissipation de chaleur en cas de climatisation.



*Maison passive sur 2 niveaux - Ensoleillement en avril à 10h30 UTC - 49°N / 4°E
Doc. A. GARNIER*

Maison passive :

- Véranda au Sud ou au Sud/Est.
- Volumes tampons au Nord ou au Nord/Ouest.
- Circulation gravitaire d'air chaud entre véranda, doublage des parois froides, stockage sec.
- Désurchauffe des parois la nuit (doublage parois et vides des planchers collaborants).
- Free cooling de jour et de nuit au moyen de la ventilation double flux air neuf / air rejeté.

Chauffage :

- Chauffage par vecteur air recourant à une ventilation individuelle double flux air neuf / air rejeté. La CTA étant équipée de deux batteries disposées en série : solaire + thermodynamique alimentées par deux stockages de fluide caloporteur.
- Production de chaleur solaire à basse température (capteurs sans vitres) couplée à une pompe à chaleur pouvant monter à 65°C (PAC à absorption gaz ou à compression CO2 électrique).
- Chauffage par film rayonnant pour remise en régime de secours par pièce dans les régions très froides.

Production d'ECS :

- Ballon de stockage au bain-marie dans le stockage thermodynamique.

Bâtiment collectif jusqu'à R+3 :

Particularités :

- Bâtiment de 2 à 3 niveaux avec au minimum 3 parois extérieures si accolé ou 5 si individuel, dont le développé des parois extérieures amène à un refroidissement et à une surchauffe rapide qu'il faut traiter par des pare-soleil et de l'inertie thermique.
- Une surface de toiture ensoleillée permettra grâce à des capteurs sans vitres orientable sur un axe motorisé et géré par un suiveur solaire : le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire solaire ainsi que la dissipation de chaleur en cas de climatisation. Cette surface de capteurs thermiques en toiture ne peut produire que les besoins d'un bâtiment $\leq R+3$.



Bâtiment passif R+3 - Ensoleillement Août 17h00 UTC - 49°N / 4°E - Doc. A. GARNIER

Maison passive :

- Véranda au Sud ou au Sud/Est.
- Désurchauffe des parois la nuit (doublage parois et vides des planchers collaborants).
- Free cooling de jour et de nuit au moyen de la ventilation double flux air neuf / air rejeté.

Chauffage :

- Chauffage par vecteur air recourant à une ventilation centralisée double flux air neuf / air rejeté. La CTA étant équipée de deux batteries disposées en série : solaire + thermodynamique alimentées par deux stockages de fluide caloporteur.
- Production de chaleur solaire à basse température (capteurs sans vitres) couplée à une pompe à chaleur pouvant monter à 65°C (PAC à absorption gaz ou à compression CO2 électrique).
- Chauffage par film rayonnant pour remise en régime de secours par pièce dans les régions très froides.

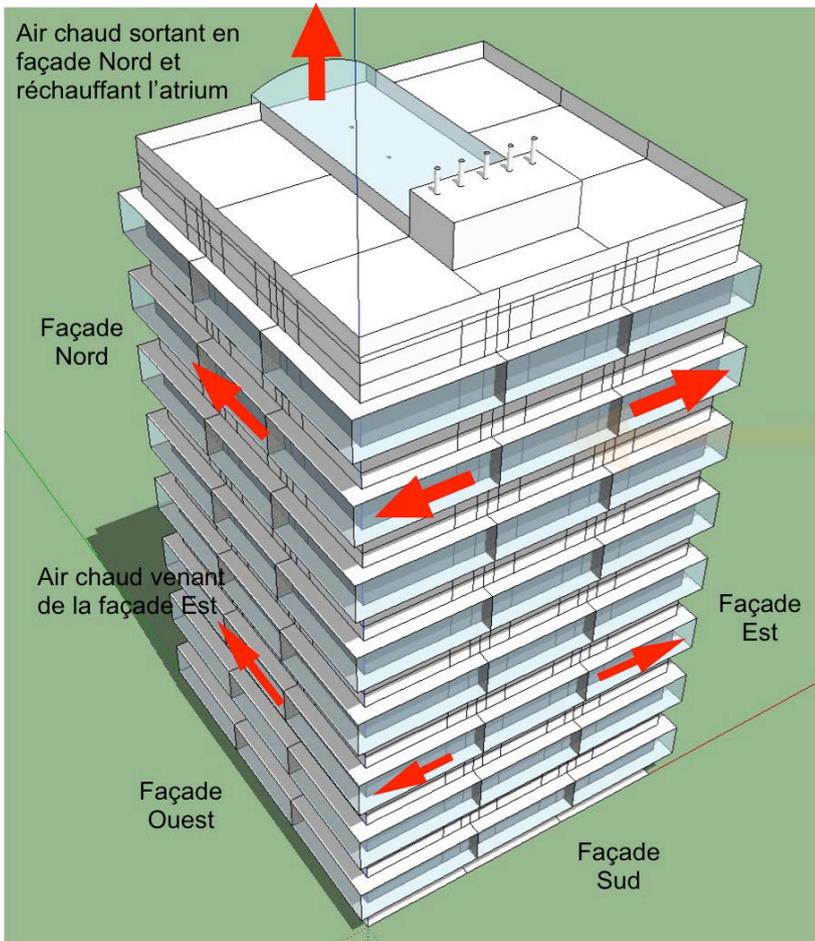
Production d'ECS :

- Ballon de stockage au bain-marie dans le stockage thermodynamique.

Bâtiment Collectif jusqu'à R+16 :

Particularités :

- Bâtiment jusqu'à 17 niveaux de hauteur pour ne pas être classé en IGH, dont 16 niveaux habitables, comportant des logements en duplex, disposés en « U » et dont l'espace situé au milieu correspond à des atriums superposés en 4 cantonnements d'une hauteur unitaire d'environ 10,80 m.
Avec 5 parois extérieures dont le développé amène à un refroidissement et à une surchauffe rapide qu'il faut traiter par des pare-soleil et de l'inertie thermique.
- Une surface de toiture ensoleillée ne permettant que la production d'eau chaude sanitaire solaire.



*Bâtiment passif R+16 -
Ensoleillement Août
12h00 UTC - 49°N /
4°E*

*Schéma tiré du livre
« Le bâtiment à énergie
positive »*

Alain Garnier

Eyrolles

Maison passive :

- Façade double peau disposée sur un niveau sur deux du duplex, permettant le réchauffage de la veine d'air tournant autour du bâtiment et finissant dans l'atrium. Cette FDP diminue les pertes de chaleur en hiver et augmente le confort en été grâce aux vanelles mobiles sur un axe motorisé leur permettant d'être réfléchissantes sous un certain angle de jour et ouvrantes la nuit pour désurchauffer les logements et la veine d'air.
- Désurchauffe des planchers collaborants la nuit par ventilation naturelle des vides.
- Free chilling de jour et de nuit si nécessaire, au moyen d'aéroréfrigérants adiabatiques raccordés à des émetteurs à basse température (grilles dans planchers).

Pourquoi réaliser des duplex ?

- Parce que de plus en plus de citadins veulent et cherchent des appartements atypiques (lofts, duplex, etc.).
Un duplex est plus agréable à vivre, il laisse à penser que l'on est dans une maison individuelle pour peu que les extérieures ou les vérandas comportent des espaces avec beaucoup de végétal.

Et sur un plan thermique :

- La séparation des niveaux jour en bas et nuit en haut permet de réduire la transmission du bruit et des odeurs ; sa seule contrainte c'est de monter les escaliers.
- En été, le plancher débordant de la façade double-peau sert de brise-soleil aux fenêtres des chambres du voisin du dessous.
- En cas d'incendie, le plancher débordant de la façade double-peau permet de décoller les fumées de la façade et limite donc le transfert de feu.
- Le bruit des pièces de jour ne peut revenir sur les fenêtres des pièces de nuit car les planchers bas et haut de la veine d'air créés une directivité horizontale du son.
- Nous n'avons plus de ventilation double flux pour maintenir un certain confort en été grâce à une surventilation. Dans un duplex, nous aurons une meilleure éco efficacité : on réduira l'énergie en hiver et on augmentera le confort en été.
 - Grâce à une différence de température d'environ 6°C (1,2 K/m d'élévation) et de la différence d'une hauteur d'environ 5,16 m entre les deux niveaux et donc de densité, le flux d'air sera ascendant, nous obtenons un effet de cheminée suffisant pour déplacer l'air chaud. Nous n'aurons pas besoin de ventilateur et donc pas de surcoût de travaux, ni de consommation électrique, ni d'éventuel problème de bruit.
 - **Le déplacement d'air pourra se faire de l'extérieur → vers l'intérieur → vers l'extérieur en hiver**, quand on voudra se chauffer de façon passive au moment où il y aura du soleil : La veine d'air chaud de la façade double-peau exposée au soleil pourra entrer dans les pièces de jour grâce aux persiennes de la FDP, puis par les portes et fenêtres du bas. L'air chaud circulera naturellement dans les pièces en améliorant l'homogénéité de la température d'air, puis s'échappera par les sorties d'air autoréglables des pièces de nuit et des bouches d'extraction d'air des sanitaires.

- **Le déplacement d'air pourra se faire de l'extérieur → vers l'intérieur → vers l'extérieur en été**, quand on voudra se rafraichir et en même temps se débarrasser de la chaleur accumulée dans la masse thermique de façon passive la nuit :

La veine d'air frais de la façade double-peau qui sera restée à l'ombre pourra entrer dans les pièces de jour grâce aux persiennes de la FDP, puis par les portes et fenêtres du bas. L'air frais circulera naturellement dans les pièces en améliorant l'homogénéité de la température d'air puis s'échappera par les sorties d'air autoréglables des pièces de nuit et des bouches d'extraction d'air des sanitaires.

Nota : Suivant la région, si ce système de rafraichissement ne permet pas d'obtenir un confort d'été raisonnable, on devra recourir au plancher à basse température pour l'utiliser en rafraichissant, lequel sera alimenté grâce à un système de free chilling obtenu par un aéroréfrigérant adiabatique.

Chauffage :

- Chauffage par vecteur eau recourant à des émetteurs basse température. Le circuit de ce plancher chauffant est alimenté par un mix énergétique : solaire ou PAC en relève du solaire.
- Production de chaleur solaire à basse température (capteurs sans vitres) couplée à des pompes à chaleur en cascade pouvant monter à 65°C (PAC à absorption gaz ou à compression CO2 électrique) du fait de la production d'eau chaude à 55 ou 60°C.
- Le circuit de ce plancher qui peut devenir rafraichissant peut être alimenté par les aéroréfrigérants adiabatiques en périodes estivale particulièrement la nuit où les fenêtres sont fermées.

Production d'ECS :

- Ballon de stockage au bain-marie dans les stockages précédents.

Le cœur du système : couplage solaire et thermodynamique + stockage solaire et thermodynamique + chauffage, ventilation et rafraichissement par vecteur air

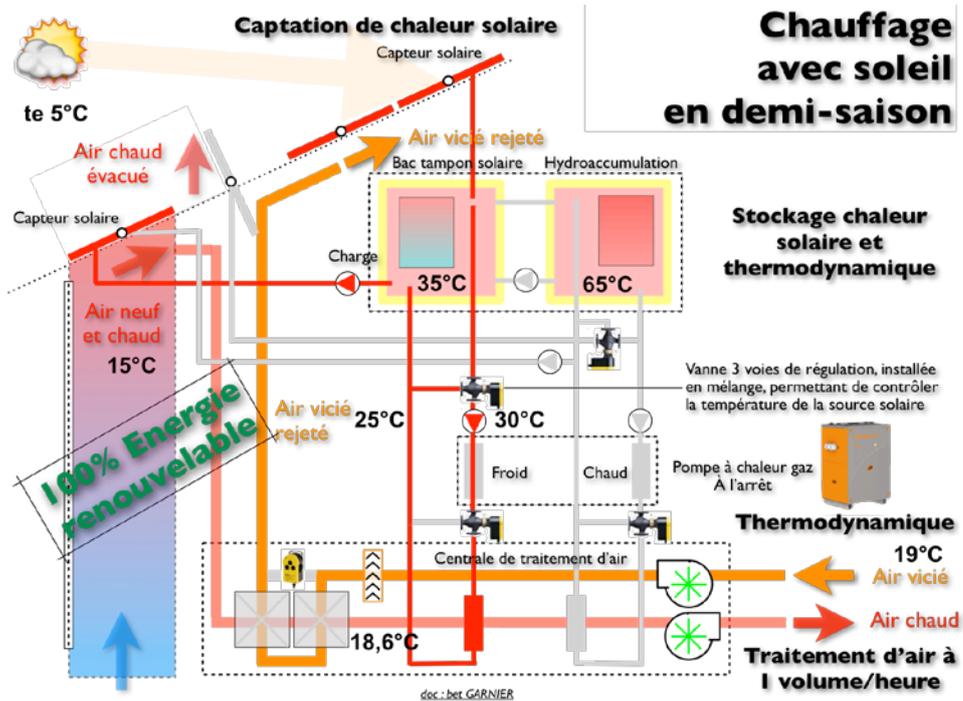


Schéma tiré du livre « Le bâtiment à énergie positive » - Alain Garnier - Eyrolles- Xpair

La centrale de traitement assurera le chauffage et la ventilation avec les possibilités de récupération de chaleur et de valorisation des énergies renouvelables.

Si l'énergie solaire est abondante on ne se chauffera qu'avec elle.

Le choix de capteurs non vitrés tient dans son efficacité à capter de l'énergie solaire du début à la fin de journée (soleil rasant) car son coefficient de réfraction (AIM) est beaucoup plus faible qu'un capteur vitré. De plus, le circuit solaire peut-être rempli de fluide caloporteur de façon à pouvoir réchauffer l'eau chaude au bain-marie. Bien sûr tous les jours il n'y aura pas de soleil et c'est pour cela qu'il faudra stocker cette énergie pour les nuits et les jours suivants sans soleil (recours à la prévision météorologique).

Profil de la température de stockage solaire et de couplage solaire+PAC

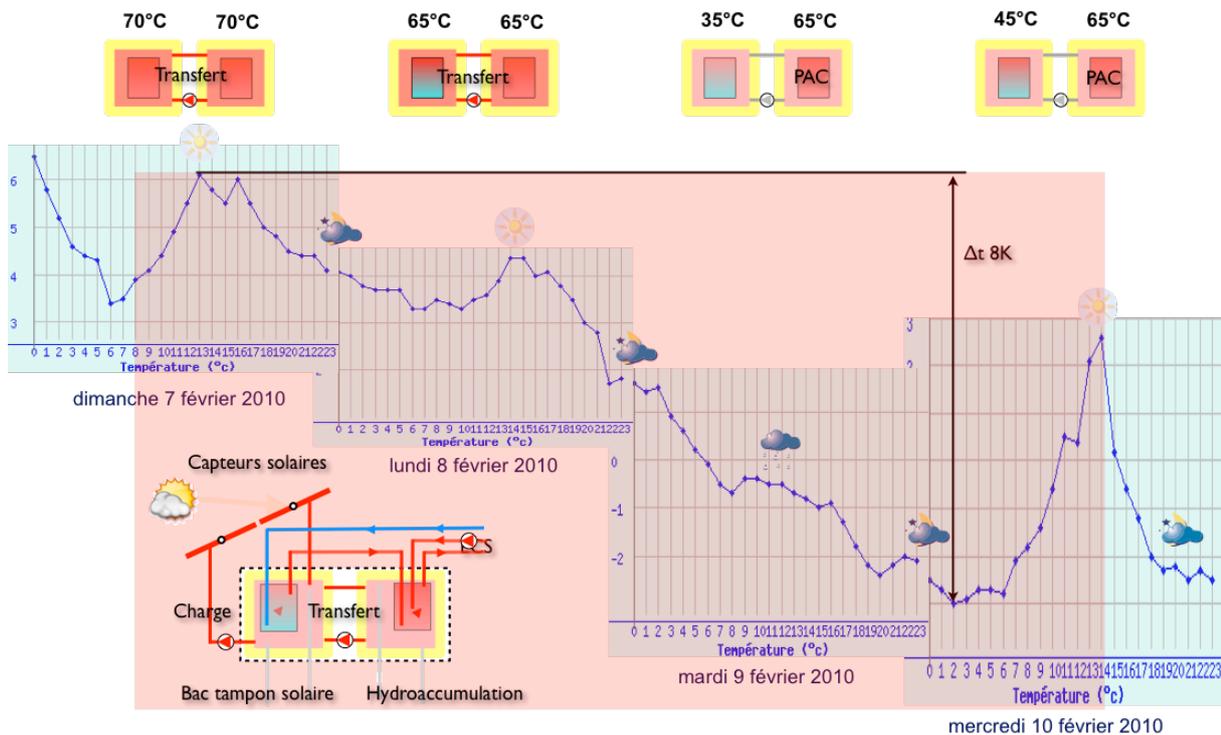


Schéma tiré du livre « Le bâtiment à énergie positive » - Alain Garnier - Eyrolles

La zone en rouge représente la période durant laquelle le stockage solaire sera suffisant pour permettre de se passer de la PAC.

La zone en bleu représente la période durant laquelle la PAC devra être relancée pour assurer les besoins d'eau chaude. Le stockage d'ECS étant au bain-marie, on veillera à ce que celui-ci ne descende pas en dessous de 55°C (le risque de légionellose étant en dessous de 50°C).

Si le soleil est abondant, on mettra en communication ces deux stockages grâce à une pompe de transfert.

7/ Comment dans un éco-quartier recourir à un mix énergétique ?

Au moment du recensement et des choix, on sera amené à se poser les questions : Quelles sources d'énergies ? Pour quels besoins ? Comment les capter, les transformer ? Sous quelle forme les utiliser ?

Souvent cela débouchera sur des systèmes utilisant plusieurs sources d'énergie :

- Si on veut seulement faire appel aux énergies renouvelables ou/et fatales, nous aurons les choix suivants :
 - Energie renouvelable à 100% : Réseau public haute température (biomasse) et production locale de chaleur à basse température (solaire thermique) avec production d'électricité photovoltaïque.
 - Energie fatale ou renouvelable : Réseau à basse température (réjection de chaleur) et production locale de chaleur à basse température (solaire thermique) avec production d'électricité photovoltaïque.
- Si on veut privilégier les énergies renouvelables ou/et fatales tout en ayant recours aux énergies fossiles ou électriques, nous aurons les choix suivants :
 - Energie fatale ou renouvelable : Réseau à basse température (réjection de chaleur) et production de chaleur locale à basse température (pompe chaleur à absorption gaz ou électrique) avec ou sans production d'électricité photovoltaïque.
 - Energie fatale ou renouvelable : Réseau à basse température (réjection de chaleur) et production centralisée locale d'électricité ou de chaleur à basse température (pompe chaleur à absorption gaz ou à compression électrique) avec ou sans production d'électricité photovoltaïque.

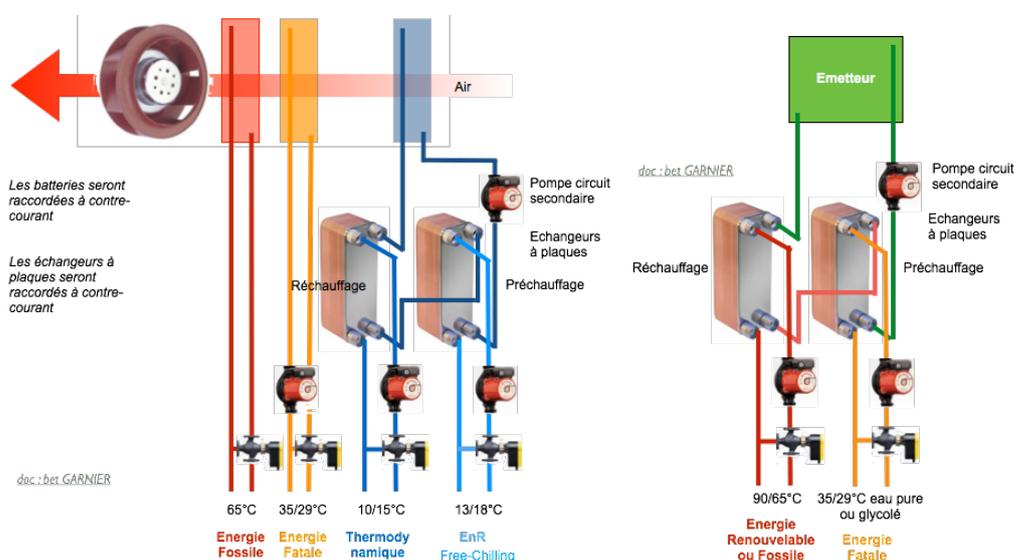
Comment réaliser localement notre mix énergétique ?

- Si on utilise un fluide caloporteur différent de l'eau (monopropylène glycol, huile d'origine végétale, etc.), nous devons recourir à l'installation de deux échangeurs en série alimentant une boucle secondaire d'eau :
 - Base : 1 échangeur sur le circuit de production de chaleur locale en BT qui nécessiterait un fluide caloporteur différent de l'eau (monopropylène glycol, huile d'origine végétale, etc.).
 - Appoint : 1 échangeur sur le réseau en HT venant de la production centralisée.
- Si on utilise comme fluide caloporteur l'eau, nous pourrions ne recourir qu'à l'installation d'un seul échangeur sur la boucle secondaire d'eau :
 - Base : Production de chaleur locale en BT.
 - Appoint : 1 échangeur sur le réseau en HT venant de la production centralisée.

Attention :

La solution de 2 échangeurs sera bien souvent indispensable, car elle permet de ne pas mélanger l'eau des 2 circuits dont parfois l'un peut être glycolé. Ils permettront également une disconnexion au cas où la pression serait trop élevée au primaire ($P_t \leq PN6$). Ils permettront enfin d'avoir chacun son remplissage en eau traitée et s'il y a embouage de ne pas se polluer mutuellement.

Si on souhaite réaliser un préchauffage au moyen d'énergie fatale (récupération de chaleur) ou d'énergie renouvelable, il faudra installer les émetteurs ou les batteries en série avec un ordre dépendant de leur gradient de température et établir les priorités au niveau de la régulation.



Doc. A. GARNIER

Les échangeurs seront choisis avec un pincement (entre sorties primaire et secondaire des échangeurs) très faible, de l'ordre de 5K pour les températures élevées (fossile) et de 2K pour les plus faibles (énergie thermodynamique, renouvelable ou fatale).

7/ Les différentes familles d'énergie renouvelable pour la conception de l'éco-quartier

Les différentes familles d'énergie renouvelable mises à la disposition de l'énergéticien

- L'énergie solaire
 - L'énergie solaire photovoltaïque
 - Le solaire thermique basse température
 - Le solaire thermique haute température
- L'énergie éolienne (terrestre et marine)
- L'énergie hydraulique - Hydroélectricité
 - La grande hydraulique
 - La petite hydraulique
 - Les énergies marines
- La biomasse
 - Bois énergie
 - Le biogaz
 - Les biocarburants
- La géothermie
 - La géothermie peu profonde à basse température
 - La géothermie très profonde à haute température

Nota : A plus de 200°C, il est possible de produire de l'électricité.

Stockage d'énergie ou pas ?

L'inconvénient de certaines sources d'énergie citées c'est qu'elles sont parfois « intermittentes », elles ne seront donc pas disponibles à volonté, mais seulement à certains moments.

Pour utiliser les énergies intermittentes il faudrait pouvoir les stocker.

La biomasse constitue un stock d'énergie assez important. Elle est utilisable très facilement pour le chauffage. Elle sert déjà aussi un peu dans les transports.

La pluie qui tombe s'accumule dans les rivières et les lacs, qui forment des stocks d'énergie « potentielle » : les retenues d'eau des barrages. En ouvrant les vannes, la vitesse acquise par l'eau qui chute peut servir à générer de l'électricité.

La géothermie repose sur un stock de chaleur qui est sous utilisé.

La lumière solaire est utilisable pour obtenir de l'eau chaude avec une bonne efficacité. La chaleur peut être conservée pendant des heures, des jours et même des mois s'il le faut !

Mais

- L'énergie de la lumière solaire n'est pas facilement stockable.
- Le vent n'est pas stockable.

Qu'est-ce que la biomasse ?

La Commission européenne a adopté le 25/02/2010 un rapport « sur les exigences de durabilité concernant l'utilisation de sources de biomasse solide et gazeuse pour l'électricité, le chauffage et le refroidissement ».



D'une manière générale, la biomasse peut être composée de diverses matières premières organiques d'origine végétale comme le bois, les cultures spécifiques, le recyclage des déchets agricoles, industriels ou ménagers. Elle est source de chaleur et d'électricité ou de biocarburants.

Exemples de sources potentielles d'énergie renouvelable en site urbain	Commentaires
Capteurs solaires thermiques	<p>Chauffage seul, si $T_{\text{eau}} \leq 45^{\circ}\text{C}$.</p> <p>Chauffage et production d'ECS, si $T_{\text{eau}} \leq 70^{\circ}\text{C}$.</p> <p>Chauffage, production d'ECS et de froid, si $T_{\text{eau}} \geq 90^{\circ}\text{C}$.</p> <p>Chauffage, production d'ECS, de froid et d'électricité, si $T_{\text{eau}} \geq 180^{\circ}\text{C}$.</p>

<p>Façade double peau (FDP), véranda, bow-window</p> <p>Mur TROMBE-MICHEL</p>	<p>Air chaud extérieur piégé dans la veine d'air située entre la FDP et le mur extérieur du bâtiment ou encore dans une véranda.</p> <p>Le bow-window est une fenêtre en saillie permettant comme la véranda de piéger le soleil même latéralement et la lumière naturelle pour en faire profiter la pièce jouxtant.</p> <p>Le mur Tombe utilise une vitre devant un bloc de matière à forte inertie pour chauffer l'air qui passe dans cette veine pour être diffusé dans la pièce. Une partie de la chaleur s'accumule le jour dans le stockage sec et la restitue la nuit.</p>
<p>Fenêtres pariéto dynamiques</p>	<p>L'air extérieur entre par des ouvertures (14x100 mm) situées dans le haut de la menuiserie de la fenêtre. Il circule dans deux lames d'air réalisées grâce un triple vitrage et pénètre dans le local par l'intermédiaire d'une bouche d'entrée d'air auto-réglable</p>
<p>Capteurs solaires photovoltaïques protégeant du soleil les grands bâtiments</p>	<p>Les commerces, l'industrie, les parkings couverts offrent des ressources de toiture importantes.</p> <p>L'électricité produite sera en général revendue.</p>
<p>Bois de chauffage</p>	<p>Chaufferie centralisée pouvant réaliser la production de chaleur et parfois de froid en recourant à des machines à absorption à réchauffage indirect.</p>
<p>Géothermie profonde</p>	<p>Chauffage seul, si T.eau ≤ 60°C</p> <p>Chauffage et production d'ECS, si T.eau ≤ 70°C</p> <p>Chauffage, production d'ECS et de froid, si T.eau ≥ 90°C en recourant à des machines à absorption à réchauffage indirect.</p> <p>Chauffage, production d'ECS, de froid et d'électricité en recourant à des turbines, si T.eau ≥ 180°C</p>
<p>Biogaz</p>	<p>Il fait partie des sources de biomasse solide et gazeuse et offre donc les mêmes avantages que le bois de chauffage</p>
<p>Alimentation publique de gaz</p>	<p>On pourra y injecter de plus en plus de biogaz (56% en 2050).</p>
<p>Puits ou conduit de lumière, fibre optique transférant la lumière</p>	<p>Lumière naturelle conduite jusqu'aux pièces qui en ont besoin.</p>

Les sources d'énergie fatale

- Énergies fatales issues des utilités
 - Récupération de la chaleur nécessaire au refroidissement des compresseurs de production d'air comprimé et des pompes à vide (échauffement du fluide + échauffement de l'huile de lubrification).
 - Récupération de la chaleur des compresseurs de froid industriel (chaleur de réjection).
 - Récupération de la chaleur nécessaire au refroidissement des onduleurs ou transformateurs électriques.
 - Récupération de la chaleur contenue dans l'évacuation des gaz brûlés provenant de la combustion sur tous types de brûleurs (chaudière eau et particulièrement vapeur),
 - Récupération de la chaleur contenue dans l'air rejeté des ventilateurs.
 - Récupération de la chaleur non valorisée sur les installations issues de cogénérations (moteurs thermiques et turbines)
 - Récupération de la chaleur de vaporisation issue de la production de vapeur au-delà de 100°C.

Exemples de sources d'énergie fatale	Producteurs et consommateurs potentiels d'énergie fatale
Chaleur perdue dans l'évacuation des gaz brûlés des chaudières	On récupère la chaleur sensible ou latente (récupérateur à condensation) au moyen d'une batterie placée sur l'évacuation des gaz brûlés.
Chaleur de réjection des groupes et machines de production de froid.	Les Data Center sont parmi les plus importants producteurs d'énergie fatale. Récupérée, elle leur permet non seulement un gain d'énergie thermique mais également électrique et en eau car les aéroréfrigérants adiabatiques fonctionneront moins.
Compresseurs d'air à double vis ou à pistons.	L'industrie est parmi les plus importants producteurs d'énergie fatale.
Chaleur perdue dans l'eau de vidange des bassins, étuves, etc.	On récupère la chaleur de l'eau perdue au moyen d'échangeurs à plaques ou drapeau si l'eau est trop chargée.
Centrale de production d'électricité nucléaire.	Les maraichers sont parmi les plus importants consommateurs d'énergie fatale provenant du refroidissement des turbines de production d'électricité.
Récupération de la chaleur perdue sur l'air rejeté à l'extérieur.	On récupère la chaleur de l'air rejetée au moyen d'échangeurs placés dans les centrales de traitement d'air de type double flux. Echange par batteries d'eau glycolée.
Récupération de la chaleur des eaux usées du réseau public.	On récupère la chaleur des eaux usées à température entre 10 et 20°C au moyen d'échangeurs placés en fond des ovoïdes préfabriqués et au moyen d'une PAC on en

	<p>augmente la température jusqu'à 55°C.</p> <p>Attention : il faut que le réseau d'égouttage ait un débit régulier avec peut-être un talon de récupération suffisant la nuit suivant son application. Ce système est adapté au milieu urbain dense : il nécessite un débit d'EU d'environ 15l/s.</p> <p>Le système est réversible, il permet de rafraîchir les bâtiments en été lorsque la température des eaux usées est inférieure à la température intérieure des bâtiments.</p>
--	--

Les opportunités de réaliser un éco-quartier

Sources favorables	Commentaires	Réflexions
Chaufferie de centre aquatique.	Leur puissance est 2,5 à 3 fois trop grosse du fait qu'il faut réchauffer les bassins en 48 h deux fois par an.	Avec 1 kWeq.logt, on pourrait alimenter de 700 à 1000 logements à partir de la surpuissance d'une chaufferie de Centre Aquatique
Département avec une grande densité de forêt.	Chaudières bois avec possibilité d'un couplage avec machine à absorption et/ou turbine électrique	On pourrait couvrir les besoins de chauffage, de production d'ECS, de froid et d'électricité.
Production de biogaz (biomasse) à proximité.	Chaudières bois avec possibilité d'un couplage avec machine à absorption et/ou turbine électrique	On pourrait couvrir les besoins de chauffage, de production d'ECS, de froid et d'électricité
Data Center.	Chaleur de réjection à environ 40°C et toute l'année	A 40°C, cette énergie conviendrait bien pour la production d'ECS ou le réchauffage de bassins de piscine

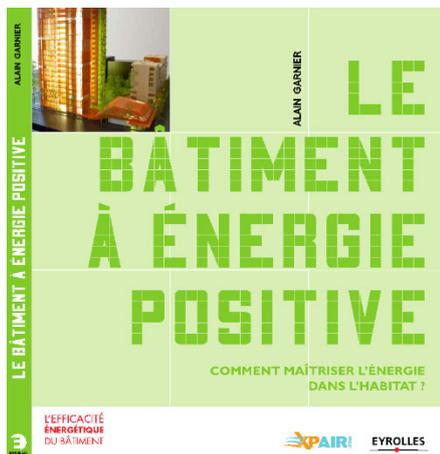
Par Alain GARNIER

ingénieur et directeur du bureau d'études Energie & Fluides GARNIER 120 rue Gambetta à Reims - www.be-garnier.fr

SOURCES ET LIENS



Bureau d'études Energie & Fluides
ETUDES – CONCEPTION – REALISATION
INDUSTRIE – TERTIAIRE – HABITAT
20, rue Chanteraine – 51100 REIMS



Alain GARNIER

Directeur du bureau d'études A. GARNIER à Reims

[Achetez le livre !](#)

AUTRES CHRONIQUES d'Alain GARNIER

- [La déshumidification à l'eau des piscines : une innovation !](#)
- [Rénovation des installations de CVC. Exemple dans l'industrie](#)
- [Rénovation de la production de froid de l'hôpital de Tourcoing](#)
- [Efficacité énergétique et EnR. Prêts pour 2020 ? - Acte 1](#)
- [Efficacité énergétique et EnR. Exemples dans l'industrie - Acte 2](#)
- [Concevoir des piscines basse consommation, plaidoyer utile](#)
- [Et si on s'attaquait aux économies d'énergie dans l'industrie ?](#)
- [Un exemple de solutions d'économies d'énergie dans l'industrie](#)
- [Les éco-quartiers : une aubaine pour l'énergéticien](#)
- [Produire l'eau chaude sanitaire pratiquement rien qu'en solaire](#)
- [Le guide de la maison BEPOS](#)
- [Concept global BEPAS & BEPOS pour immeubles de grande hauteur](#)
- [Piscines basse consommation – Le guide](#)
- [Basse consommation et piscines publiques du futur !](#)
- [Guide des piscines à basse consommation - Acte 1](#)
- [Bâtiment à énergie positive - Concept global 2ème partie](#)
- [Bâtiment à énergie positive - bâtiment à énergie passive](#)

Retrouvez toutes les chroniques en ligne !
http://conseils.xpair.com/actualite_experts.htm