

**SUJET NATIONAL POUR L'ENSEMBLE DES CENTRES DE GESTION
ORGANISATEURS**

**Technicien principal territorial de 2^{ème} classe
Examen professionnel de promotion interne
Examen professionnel d'avancement de grade**

SESSION 2013

EPREUVE

Rédaction d'un rapport technique portant sur la spécialité au titre de laquelle le candidat concourt. Ce rapport est assorti de propositions opérationnelles.

Durée : 3 heures
Coefficient : 1

SPECIALITE : BATIMENTS, GENIE CIVIL

A LIRE ATTENTIVEMENT AVANT DE TRAITER LE SUJET

Ce document comprend un sujet de 2 pages, un dossier de 23 pages.

- ↪ **Vous ne devez faire apparaître aucun signe distinctif dans votre copie, ni votre nom ou un nom fictif, ni signature, paraphe ou numéro de convocation.**
- ↪ **Aucune référence (nom de collectivité, nom de personne, ...) autre que celle figurant le cas échéant sur le sujet ou dans le dossier ne doit apparaître dans votre copie.**
- ↪ **Seul l'usage d'un stylo soit noir soit bleu est autorisé (bille, plume ou feutre). L'utilisation d'une autre couleur, pour écrire ou souligner, sera considérée comme un signe distinctif, de même que l'utilisation d'un surligneur.**

Le non-respect des règles ci-dessus peut entraîner l'annulation de la copie par le jury.

Les feuilles de brouillon ne seront en aucun cas prises en compte.

Vous êtes technicien territorial principal de 2^{ème} classe au sein de la commune de Techniville qui compte 45 000 habitants. Afin de réduire ses coûts de fonctionnement, votre collectivité souhaite se lancer dans la rénovation énergétique et donc construire ou réhabiliter ses bâtiments jusqu'au niveau BBC (Bâtiments Basse Consommation) tel que définis par la Réglementation thermique 2012.

Dans un premier temps, votre Directeur général des services techniques vous demande de rédiger à son attention, exclusivement à partir des documents ci-joints, un rapport technique sur les constructions BBC.

10 points

Afin de répondre à une demande croissante de garde d'enfants en bas âge dans un quartier en pleine expansion, la municipalité a décidé de réaliser une extension de 800 m² de sa crèche existante de 400 m² et de rénover les parties existantes. Dans l'objectif d'optimiser les coûts de fonctionnement et plus particulièrement de minimiser les consommations d'énergie de ce nouvel établissement, vous émettrez dans un deuxième temps une série de propositions techniques et de préconisations à émettre en phase conception.

10 points

Pour traiter cette seconde partie, vous mobiliserez également vos connaissances

- Document 1 :** « Efficacité énergétique du bâtiment : tout reste à faire » (extrait) – Technicités n°222 – 8-23 janvier 2012 – 4 pages
- Document 2 :** « Les grands principes de la RT 2012 » – Fiche thématique (extraits) – www.paca.pref.gouv.fr – janvier 2011 – 3 pages
- Document 3 :** « Démarche de diagnostic énergétique d'un bâtiment » (extrait) – Groupe scolaire Aupècle – 15 novembre 2012 – 1 page
- Document 4 :** « Maîtrise d'ouvrage publique : quelle démarche pour des projets durables ? » (extraits) – www.miqcp.gouv.fr – 2 pages
- Document 5 :** « Étanchéité à l'air des bâtiments » – Extrait du mémento « Étanchéité à l'air : dispositions constructives » du Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement – novembre 2010 - 3 pages
- Document 6 :** « Vitrages performants » (extrait) – Agence Locale de l'Energie de l'Agglomération lyonnaise – dernière mise à jour le 07 janvier 2010 – 2 pages
- Document 7 :** « Mesures de la perméabilité à l'air et détection de fuites » (extrait) – Centre d'Etudes Techniques de Lyon – octobre 2006 – 1 page
- Document 8 :** « Chauffage, le match des énergies » – 60 millions de consommateurs – mars 2012 – 2 pages
- Document 9 :** « Les corbeilles géothermiques : une alternative au captage traditionnel » – www.lemoniteur.fr – 2 septembre 2011 – 2 pages
- Document 10 :** « La production d'eau chaude sanitaire évolue » (extrait) – Technicités n°237 – 23 octobre 2012 – 3 pages

Ce document comprend un sujet de 2 pages, un dossier de 23 pages.

Certains documents peuvent comporter des renvois à des notes ou à des documents volontairement non fournis car non indispensables à la compréhension du sujet.

Effacité énergétique du bâtiment : **tout reste à faire**

Alors que vingt-sept mesures viennent d'être annoncées pour accélérer les économies d'énergie en France, la chasse aux gaspillages commence par le bâtiment. Il représente 44 % de la consommation.

La très exigeante réglementation thermique 2012 va changer la donne sur le neuf. Mais pas question d'oublier la rénovation du parc existant. Pour cibler ses priorités, la collectivité doit d'ailleurs s'organiser en conséquence.

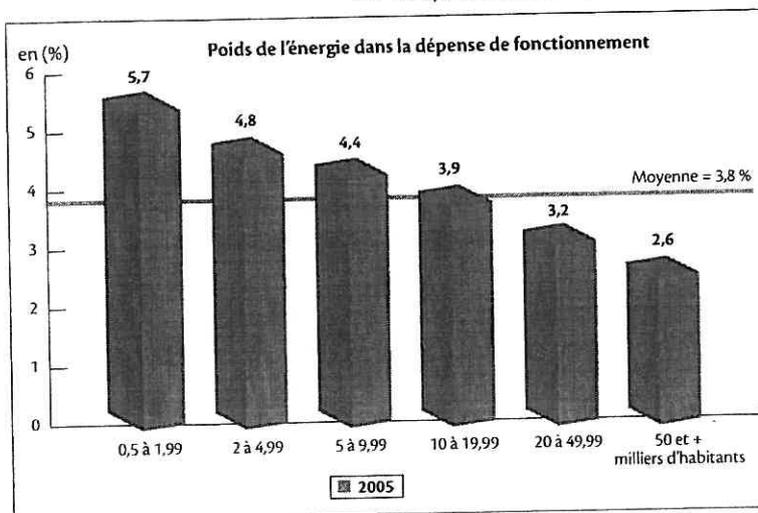
- ① Un boom réglementaire
- ② Nouvelle donne sur le neuf
- ③ Améliorer l'existant
- ④ Rechercher la cohérence de sa politique énergétique

① Un boom réglementaire

Dans la famille 3X20, le dernier est sans conteste le plus méconnu. Si le paquet énergie-climat engage les pays de l'Union européenne à produire 20 % d'énergie renouvelable et à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre de 20 % d'ici 2020, il requiert aussi une diminution de 20 % de leur consommation par rapport à 2005. L'enjeu est énorme. En France par exemple, la consommation d'énergie finale (corrigée des variations climatiques) a été quasiment stable entre 2001 et 2008, avec un chiffre oscillant autour de 160 mégatonnes équivalents pétrole dont 68,7 Mtep pour le seul bâtiment (44 % du total). Quant au recul de la consommation de 3 % constaté en 2009, il semble surtout être un effet de la crise économique. Le pari n'est donc pas gagné d'avance. Ou plus exactement, de l'aveu même de la Commission européenne, il est déjà presque perdu. Suivre le rythme actuel ne permettrait pas d'aller au-delà d'une baisse de 10 % à l'échelle de l'Union. Et contrairement aux deux premiers objectifs, celui-ci n'est pour le moment pas contraignant pour les États membres. Encore réunis fin novembre, les ministres de l'Énergie n'ont pas réussi à se mettre d'accord sur le sujet.

Une évolution réglementaire

Pour tenter de changer la donne, une nouvelle directive devrait être publiée cette année, pour une transposition nationale en 2013.



Objectif : « limiter la dépendance énergétique européenne tout en diminuant les émissions de gaz à effet de serre ». La première version du texte, présentée en juin dernier, insiste sur la nécessaire implication de toute la chaîne énergétique : des producteurs aux consommateurs, en passant par les opérateurs de réseaux. Le texte prévoit par exemple une rénovation annuelle de 3 % des bâtiments publics de plus de 250 mètres carrés. Les entreprises énergétiques devraient y contribuer en investissant chaque année l'équivalent de 1,5 % de leurs ventes en volume dans des mesures d'économie chez les consommateurs. Une mesure qui n'est pas sans rappeler le principe des certificats d'économie d'énergie déjà en vigueur en France. Encore faut-il que cette directive soit adoptée en l'état. Tandis que les énergéticiens exercent une certaine pression pour revoir quelques objectifs à la baisse, les Britanniques ne semblent pas convaincus par exemple par le taux de 3 %. Et plus généralement, la plupart des États réclament un cadre général, mais davantage de flexibilité dans les modalités d'application. Pour éviter un accord a minima, une feuille de route pour l'énergie à horizon 2050, adoptée par la Commission le 15 décembre, rappelait en tout cas une évidence : en matière de bouquet énergétique comme en matière d'efficacité, « agir immédiatement permettrait d'éviter des changements plus coûteux dans vingt ans ». Notamment parce que « les prix de l'électricité sont voués à augmenter jusqu'en 2030 », même s'ils « peuvent reculer ensuite ».

10 % du budget fonctionnement hors personnel

En attendant une évolution du droit européen, 2011 a consacré l'efficacité énergétique en France. En mai dernier, la ministre de l'Écologie Nathalie Kosciusko-Morizet a lancé une table ronde sur le sujet « dans l'esprit du Grenelle ». Le travail s'est articulé autour de trois axes : la réduction de la facture des ménages, l'amélioration de la compétitivité des entreprises et l'exemplarité de l'État et des collectivités. Plusieurs ONG et le Comité de liaison des énergies renouvelables ont dénoncé une énième réflexion organisée dans la précipitation et ont boudé la concertation. D'autres ont quitté la table en cours de route comme FNE ou ESF. À marche forcée, la table ronde a toutefois débouché sur trois rapports et cent vingt propositions concrètes.

Le groupe consacré à l'État et aux collectivités a notamment formulé quarante recommandations pour mieux gérer le patrimoine public, définir une politique d'urbanisme plus adaptée et mobiliser les acteurs du territoire (voir ci-contre). « *Sur 2005-2010, l'augmentation du budget énergie des collectivités a crû d'environ 22 %* », rappelle le rapport. Pour les communes, les 2,2 milliards d'euros dépensés représentent 3,8 % des dépenses de fonctionnement. Et 10 % si l'on enlève du périmètre les frais de personnel qui peuvent être considérés comme incompressibles. « *Au-delà du gisement, c'est l'exemplarité et le développement de compétences locales qu'il faut rechercher* », estime en outre Pascal Dupuis, chef du service du climat et de l'efficacité énergétique au ministère de l'Écologie.

De nouveaux mécanismes de financement

La ministre de l'Écologie a présenté mi-décembre vingt-sept mesures applicables dès le mois de janvier. Dont plusieurs concernent les bâtiments publics. L'État entend notamment « *lancer un grand plan d'achat public de produits plus performants* » : chaudières, équipements bureaux, réfrigérateurs et congélateurs pour la restauration collective, etc. Un groupe de travail réunissant l'Ademe, la principale centrale d'achat public (UGAP) et des représentants de collectivités devra définir au premier semestre les modalités opérationnelles. Les pistes : des appels d'offres requérant des normes plus exigeantes et un système de bonus-malus.

Alors que les collectivités sont soumises à des ratios d'endettement qui peuvent freiner leurs investissements dans les économies d'énergie, la Caisse des dépôts va par ailleurs développer de nouveaux outils financiers pour les aider à lancer des opérations de rénovation. L'institution s'impliquera notamment dans la création d'opérateurs locaux capables de prendre en main la problématique en proposant aux collectivités des services énergétiques clés en main. À l'instar de ce qu'elle a déjà fait avec la région Ile-de-France qui a souhaité créer une SEM dédiée. Pour une petite commune qui a du mal à optimiser ses dépenses énergétiques par exemple, les contrats de performance énergétique (CPE) sont réputés plus efficaces car un prestataire garantit contractuellement à son client un niveau de performance puis cherche lui-même à rationaliser le service pour diminuer ses coûts.

L'État va proposer, dans les prochaines semaines, plusieurs guides de bonnes pratiques pour identifier les étapes essentielles dans la mise en place de CPE avec des clauses types pour les contrats de marchés publics.

② Nouvelle donne sur le neuf

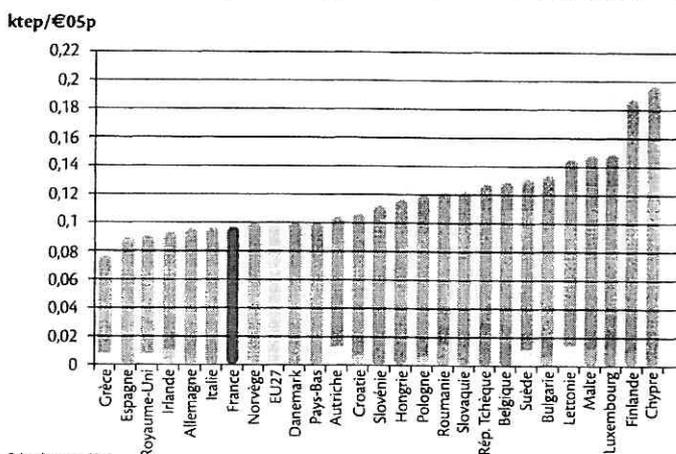
L'efficacité énergétique n'est plus une vue de l'esprit pour les bâtiments neufs. Inscrite dans la loi Grenelle 1, la très ambitieuse réglementation thermique 2012 s'applique depuis le 28 octobre à « *tous les permis de construire déposés pour les bâtiments neufs à usage de bureaux ou d'enseignement, les établissements d'accueil de la petite enfance et les bâtiments à usage d'habitation construits en zone ANRU* » (décret n° 2010-1269 du 26 octobre 2010). Dans le courant de l'année, les autres bâtiments tertiaires seront concernés. Et le 1^{er} janvier 2013, les derniers logements compléteront la liste. Cette réglementation, qui est sans conteste l'une des plus contraignantes dans le monde, va faire chuter drastiquement la consommation moyenne d'énergie primaire, avant transformation et transport.

Pour les logements, la nouvelle RT impose un seuil à ne pas dépasser de 50 kilowattheures par mètre carré et par an pour cinq usages : chauffage, climatisation, production d'eau chaude sanitaire, éclairage et auxiliaires (ventilation, pompes...). Une valeur à comparer avec les 150 kilowattheures de la RT2005, un chiffre approxi- ●●●

Quarante propositions pour amorcer le changement

Le groupe de travail de la table ronde présidé par le sénateur Alberic de Montgolfier a identifié quarante pistes pour permettre aux collectivités et à l'État d'améliorer leur efficacité énergétique. Plusieurs concernent le bâtiment : lancer « *un plan d'exemplarité avec un nombre significatif de contrats de performance énergétique* » (proposition 9), accompagner « *les collectivités dans leurs démarches (technico-juridique, aides à la décision, centre de ressources, etc.)* » (proposition 10), « *les aider à se doter de capacités d'ingénierie financière à même de transformer des idées et des projets en actions* » (proposition 12), « *relever le seuil de 4 % du Feder sur la période 2007-2013 dédié à la réhabilitation des bâtiments sociaux en 2012* » (proposition 13).

Consommation d'énergie finale rapportée au produit intérieur brut en 2008



Source : Odyssee, mars 2010

... matif puisque les modes de calculs étaient différents, et à moduler en fonction des données climatiques locales, de la surface du bâtiment et de l'usage. Pour les établissements recevant du public, les chiffres sont par exemple nettement différents : la consommation maximum oscille entre 56 et 84 kWh pour les bureaux suivant leur situation géographique, entre 44 et 66 kWh pour les locaux d'enseignement et entre 77 et 102 kWh pour les crèches.

Une forte contrainte réglementaire pour les écomatériaux

Pour répondre à ces nouvelles obligations, le monde du bâtiment a peaufiné son offre, avec des isolants intérieurs ou extérieurs toujours plus performants, un travail sur l'orientation des bâtiments plus approfondi, une meilleure prise en compte de l'inertie des matériaux et de l'effica-

cité des systèmes de chauffage, et surtout une organisation des travaux beaucoup plus rationnelle. Plus question par exemple de s'attaquer à l'électricité au dernier moment en réalisant de grandes tranchées dans les cloisons sans un minimum de précautions ! « J'ai l'impression que c'est la première fois que l'industrie anticipe autant une réglementation », note Bernard Barthou, spécialiste de la performance des ouvrages au Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton (Cerib), illustrant aussitôt ses propos : « dans le monde du béton, les solutions traditionnelles qui permettaient de répondre à la RT2000 ou à la RT2005 sont prêtes pour la RT 2012 à condition d'adapter la concep-

tion, de travailler sur la performance des systèmes ou l'épaisseur des isolants. Mais il y a aussi des innovations avec par exemple des rupteurs capables de supprimer les ponts thermiques au niveau des planchers ou des systèmes de bardages pour l'isolation extérieure ».

Capables eux aussi de répondre aux nouvelles exigences de la réglementation, les spécialistes des écomatériaux tentent de se faire une place. Avec deux problèmes spécifiques. Les laines végétales restent plus chères que les isolants minéraux et les techniques constructives à base de paille ou de terre cuite souffrent d'un manque de DTU (documents techniques unifiés) et de règles professionnelles. Conséquence, les maîtres d'ouvrage publics hésitent à lancer des projets d'ampleur, de peur de se voir opposer un avis négatif de leur bureau de contrôle. Pour isoler quatre étages de logements sociaux en béton de chanvre (pour Paris Habitat-OPH), le cabinet d'architectes Atelier D a ainsi dû faire preuve de créativité : en empilant des constructions R + 1 qui, elles, sont réglementées, avec des coupures entre chaque étage. Quant au bureau d'études Gaujard Technologie, il a dû réaliser un test d'incendie grandeur nature pour qu'un bureau de contrôle accepte d'homologuer son projet de groupe scolaire en bois et en paille au Fort d'Issy (voir *Techni.Cités* n° 210 du 23 mai 2011).

③ Améliorer l'existant

« De nombreux bâtiments existants ont été construits sans réglementation thermique », rappelle Jean-Yves Richard, spécialiste de l'efficacité énergétique à l'Ademe de Franche-Comté. Une opération exemplaire ne suffit donc pas à masquer l'immense travail à consacrer au parc installé. En appliquant les règles de calcul de la réglementation thermique actuelle, il n'est pas rare de trouver des écoles qui consomment jusqu'à 600 kWh d'énergie primaire par mètre carré et par an, ou, pour ne pas faire exploser la facture énergétique, qui n'atteignent pas les cibles de confort définies par la RT « Des salles polyvalentes sont parfois fermées en hiver pour éviter les coûts liés au chauffage », poursuit Jean-Yves Richard.

FICHE
2b

Les grands principes de la RT 2012

Textes applicables
Décret du 26 octobre 2010
Arrêté du 26 octobre 2010

Contexte et orientations de la RT 2012

La mise en œuvre de l'objectif du Grenelle de l'environnement de généraliser les "Bâtiments Basse Consommation" (BBC) à compter de 2012 se traduit par **l'adoption d'une nouvelle réglementation thermique, dite "RT Grenelle Environnement 2012"** qui remplacera l'actuelle RT 2005.

Conformément à l'article 4 de la loi Grenelle 1, la RT 2012 a pour objectif de limiter la consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs à un **maximum de 50 kWh ep/m².an en moyenne**.

La RT 2012 constitue une généralisation des techniques performantes, une étape importante pour le développement des énergies renouvelables et un pas important vers les bâtiments à énergie positive qui se généralisera dans le neuf en 2020.

Calendrier d'application de la RT 2012

- Publication de la RT 2012 au Journal Officiel le **27 octobre 2010**.
- Applicable à tous les permis de construire déposés **à partir du 28 octobre 2011** pour :
 - les bâtiments neufs à usage de bureaux ou d'enseignement,
 - les établissements d'accueil de petite enfance,
 - les bâtiments résidentiels construits en zone ANRU.
- Et à tous les permis de construire déposés **à partir du 1^{er} janvier 2013** pour les autres bâtiments neufs à usage d'habitation.

FICHE
2b

Que dit la réglementation ?

☉ Que devra respecter le futur bâtiment pour être conforme à la RT 2012 ?

3 exigences de résultats imposées par la RT 2012 :

1/ une exigence d'efficacité énergétique du bâti : Bbiomax

Le besoin conventionnel en énergie du bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage **ne doit pas dépasser une valeur maximale (Bbiomax)**.

Cet indicateur rend compte de la qualité de la conception et de l'isolation du bâtiment, indépendamment du système de chauffage et qui valorise la conception bioclimatique (accès à l'éclairage naturel, aux apports solaires avec un maximum de surfaces vitrées orientées au Sud...) et l'isolation performante.

2/ une exigence de consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire : Cepmax

portant sur les 5 postes de consommation chauffage, refroidissement, éclairage, production d'eau chaude sanitaire et auxiliaires (pompes et ventilateurs)

$$\text{Cepmax} = 50 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an d'énergie primaire}$$

modulé selon la localisation géographique, l'altitude, le type d'usage du bâtiment, la surface moyenne des logements et les émissions de gaz à effet de serre.

Cas particulier de l'immeuble de logement collectif :

Jusqu'au 31 décembre 2014 :

Majoration de 15 % de la consommation maximale soit $\text{Cepmax} = 57.5 \text{ kWh ep/m}^2 \cdot \text{an}$ en moyenne à ne pas dépasser

A partir du 1^{er} janvier 2015 : $\text{Cepmax} = 50 \text{ kWh ep/m}^2 \cdot \text{an}$

3/ le confort d'été dans les bâtiments non climatisés

A l'instar de la RT 2005, la RT 2012 définit des catégories de bâtiments dans lesquels il est possible d'assurer un bon niveau de confort en été sans avoir à recourir à un système actif de refroidissement. Pour ces bâtiments, la RT impose que la température la plus chaude atteinte dans les locaux, au cours d'une séquence de 5 jours très chauds d'été (Tic) n'excède pas un seuil (Tic réf) calculé par la méthode de calcul Th-BCE 2012 approuvée par arrêté.

Exigences de moyens imposées :

Pour tous les bâtiments :

- Traitement en moyenne des ponts thermiques significatifs,
- Comptage d'énergie par usage et d'affichage différencié en logement et en tertiaire,
- Dispositifs de régulation d'éclairage artificiel pour parties communes et parkings.

Pour les bâtiments d'habitation :

- Surface minimale de baies vitrées (surface totale des baies > 1/6 de la surface habitable),
- Recours aux énergies renouvelables en maison individuelle,
- Limitation de la déduction de la production d'électricité à demeure,
- Respect d'une perméabilité à l'air maximale pour maison individuelle et logement collectif.

Cas du logement collectif :

Traitement de l'étanchéité à l'air (test de la "porte soufflante")
obligatoire jusqu'au 31 décembre 2014 sur chaque bâtiment, le temps que les maîtres
d'ouvrage mettent en place une démarche qualité agréée par le ministère.

A partir de 2015, le test se fera uniquement sur un échantillon représentatif
de leurs constructions.

Pour les bâtiments à usage autre d'habitation :

Conditions d'installation chauffage, refroidissement et auxiliaires
(arrêté du 26 octobre 2010 - Titre III - Chapitre VIII).

Quelles obligations pour le maître d'ouvrage ?

- **Justification des données d'entrée du calcul des coefficients Cep, Bbio et Tic**
Article 8 de l'arrêté du 26 octobre 2010.
- **Justification de l'application des exigences :**
Article 9 de l'arrêté du 26 octobre 2010.

Le maître d'ouvrage établit, en version informatique, au plus tard à l'achèvement des travaux,
un récapitulatif standardisé d'étude thermique (annexe VI de l'arrêté du 26 octobre 2010).

DÉMARCHE DE DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE D'UN BATIMENT

I - Etat des lieux et contexte énergétique

Visite des lieux, collecte de données, réalisation de mesures et de relevés, évaluation de l'état général du bâtiment et de son niveau de consommation énergétique.



Description générale, énergies utilisées et DJU

II - Volet énergétique

Analyse approfondie des éléments recueillis, examen du bâti, des installations techniques et de la bonne gestion du bâtiment.



Analyse du bâti (ouvrages, second œuvre)

- Description de la composition des parois
- Evaluation de leur performance et de leur conformité

Analyse des équipements techniques (systèmes)

- Calcul des rendements du système
- Calcul du rendement d'intermittence (η_{int})
- Evaluation de l'état d'entretien des installations

Analyse de l'exploitation

Analyse des consommations de chauffage et d'électricité

III - Synthèse et préconisations

Bilan de l'état actuel du bâtiment et propositions chiffrées d'actions à mener afin de réaliser des économies sur l'ensemble des énergies consommées.

IV - Scénarios

Hierarchisation et organisation des propositions d'actions pour viser les objectifs Loi Grenelle et Facteur 4.

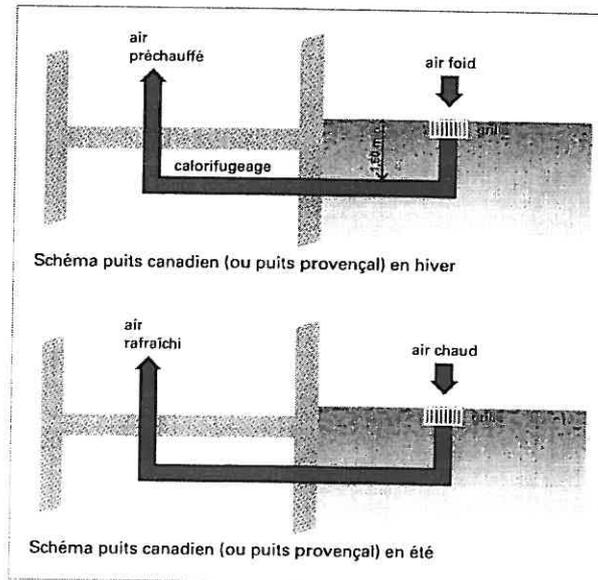
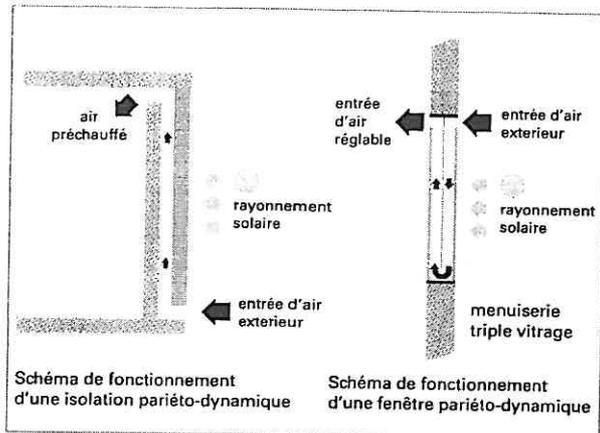
2.4.2 Anciens et nouveaux sujets de la bioclimatique

L'approche durable élargit tous les sujets de la bioclimatique et en apporte de nouveaux.

La thermique d'hiver

Les solutions passives en thermique d'hiver sont relativement réduites, connues et exploitées depuis longtemps :

- **l'isolation** vise à limiter, en hiver, les flux de déperdition de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur. Ce volet défensif de la bioclimatique a fait des progrès fantastiques : depuis les années "classiques" de la bioclimatique, la capacité d'isolation des murs a été multipliée au moins par cinq et celle des vitrages et des menuiseries extérieures à peu près dans le même ordre de grandeur. D'autres solutions techniques consistent à récupérer la chaleur perdue dans les murs pour la réintroduire à l'intérieur des locaux (systèmes pariéto-dynamiques) ;
- **la récupération des apports solaires** reste le principal outil passif en logement et dans tous les bâtiments à faibles apports internes. Selon que cette question est plus ou moins bien traitée, la part des besoins couverts par les apports varie de 50 à 80%. Bien évidemment, pour les bâtiments à forts apports internes par les équipements techniques et le nombre d'occupants (bureaux, salles de classe, ...), la récupération des apports solaires ne joue qu'un rôle secondaire voire parfois contre-performant car générateur de surchauffes ;
- **la récupération de la chaleur du sol.** En dessous d'une certaine profondeur, la température du sol en hiver varie beaucoup moins et reste stable entre 14 et 15°C alors que l'air extérieur varie entre - 10 et + 10°C. Voilà une ressource inépuisable, exploitable pour préchauffer l'air neuf, par échange thermique avec le sol, en le faisant transiter dans des **puits canadiens** (réseaux de tuyauteries enterrées).

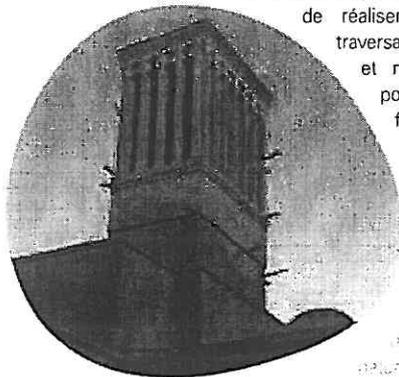


MAITRISE D'OUVRAGE PUBLIQUE Quelle démarche pour des projets durables ?

La thermique d'été et le rafraîchissement naturel

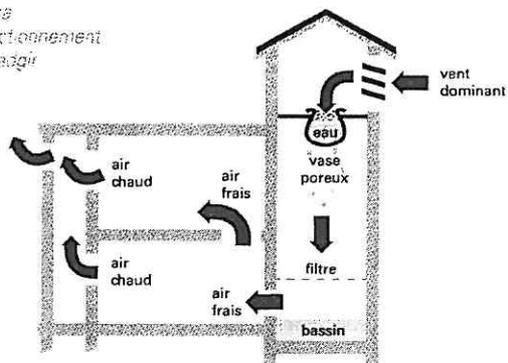
Comme en thermique d'hiver, il s'agit de préoccupations simultanées de confort et d'économie d'énergie. Les ressources disponibles dans l'environnement sont plus nombreuses en thermique d'été qu'en thermique d'hiver :

- Rien n'est plus simple que de se protéger contre les flux non souhaités en thermique d'été, et notamment solaires : il s'agit de **disposer des protections solaires efficaces, c'est-à-dire extérieures** (les protections intérieures ont une efficacité 3 à 4 fois moindre que les protections extérieures) **sur toutes les façades exposées. Les protections solaires fixes** (avancées de toit ou de balcon, auvents, casquettes, ...) **protègent bien du soleil direct, mais beaucoup moins bien du soleil diffus**, pourtant soleil direct et soleil diffus atteignent parfois le même ordre de grandeur. Volets et stores extérieurs sont efficaces pour le direct et le diffus. **Dans les climats à fort rayonnement solaire, la protection des murs et surtout de la toiture est une préoccupation légitime.**
- Où aller puiser les ressources de fraîcheur nécessaires au **rafraîchissement passif** des locaux ? D'abord dans l'air extérieur qui est souvent plus frais que l'air intérieur. C'est toujours le cas en mi-saison pour les locaux à forts apports internes, il s'agit alors de **free cooling** (rafraîchissement gratuit). C'est le cas en nuit d'été pour la plupart des bâtiments et cela nécessite alors une sur-ventilation nocturne. Ces techniques impliquent de forts débits de ventilation (6 à 10 volumes par heure), qu'il faut s'efforcer de réaliser naturellement (locaux traversants, ...). Il faut aussi, et notamment en bureaux, pouvoir stocker cette fraîcheur la nuit pour en disposer dans la journée : c'est le rôle de l'inertie intérieure des locaux (planchers, sols, murs).



*Le hadjar
un système traditionnel
de rafraîchissement
naturel au Maghreb et au
Moyen-Orient*

*Schéma
de fonctionnement
d'un hadjar*



- **Le sol procure aussi de la fraîcheur.** Alors qu'en hiver, la température du sol est plus élevée que celle de l'air, en été, elle est plus fraîche (toujours de l'ordre de 14 à 15°C). Les mêmes techniques de tuyaux enterrés que le puits canadien peuvent être mises en œuvre, avec encore plus de résultats favorables : un puits provençal bien dimensionné et positionné permet d'abaisser la température de l'air neuf de 5 à 6°C. Peu de systèmes énergivores de rafraîchissement en sont capables.
- **Un des paramètres déterminants du confort d'été est le phénomène d'évapotranspiration de la sueur sur la peau.** Aussi, tout dispositif qui accélère ce phénomène est utile et notamment, la vitesse de l'air sur la peau. Le vent constitue, de ce point de vue, une ressource irremplaçable. Les dispositions architecturales et techniques qui le laissent entrer tout en le filtrant sont nécessaires à mettre en œuvre dans le projet, elles déterminent la configuration des espaces et la matérialisation de la façade : locaux traversants, à double orientation, porosité des façades, ...

La lumière et l'éclairage naturel

Couvrir une part importante des besoins d'éclairage par de la lumière extérieure s'impose tant pour des raisons énergétiques que pour des raisons physiologiques. Une prise en compte intelligente de la lumière naturelle permet de couvrir de 40% des besoins d'éclairage dans une pièce Nord à 60% dans une pièce Sud. Notons au passage que, contrairement à certaines approches simplistes, s'il y a bien autant de lumière naturelle venant du Nord que venant du Sud pour un ciel très couvert, dès qu'il y a du soleil dégagé, le Sud est bien mieux servi que le Nord.



Étanchéité à l'air des bâtiments

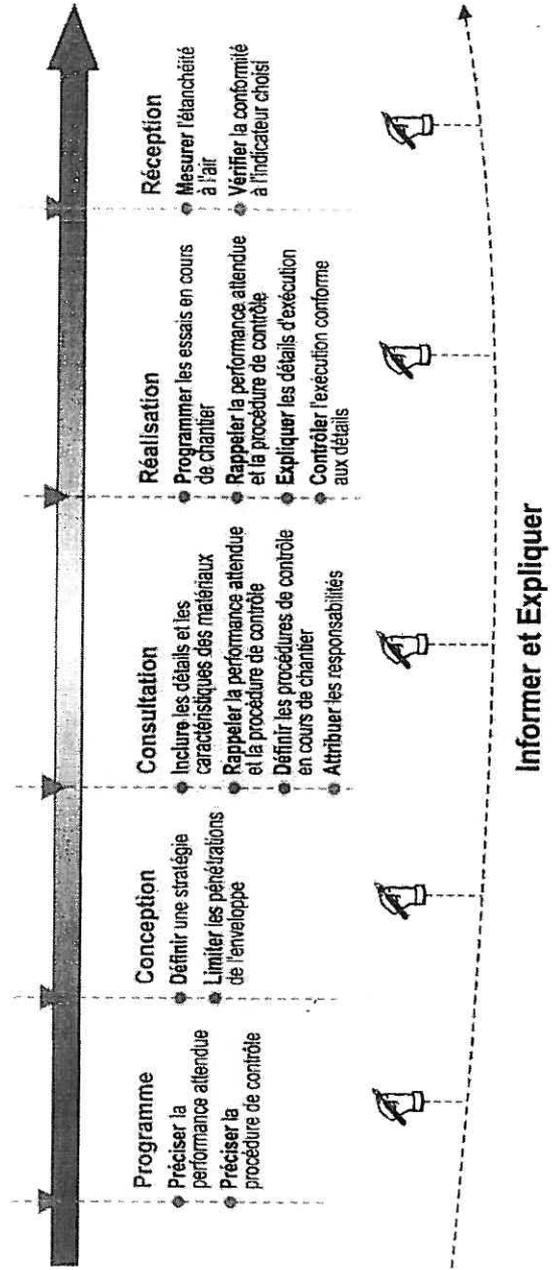
Organiser la maîtrise de la qualité

L'objectif de ce chapitre est de guider les professionnels dans l'utilisation des détails constructifs proposés dans ce classeur. Il explique sommairement les principes clés d'une démarche pour réaliser une enveloppe étanche et rappelle quelques précautions à prendre.

1. Suivre une démarche pour limiter les infiltrations d'air

L'étanchéité à l'air de l'enveloppe doit être comprise comme un système programmé, conçu, détaillé dans les clauses techniques, mis en œuvre avec précaution, et dont l'efficacité est vérifiée en cours de chantier et à la réception. La figure ci-dessous rappelle les principes clés de la démarche en insistant sur la sensibilisation des acteurs à chaque étape.

Avoir une vision globale du processus, depuis le programme jusqu'à la réception.



2. Concevoir l'étanchéité à l'air

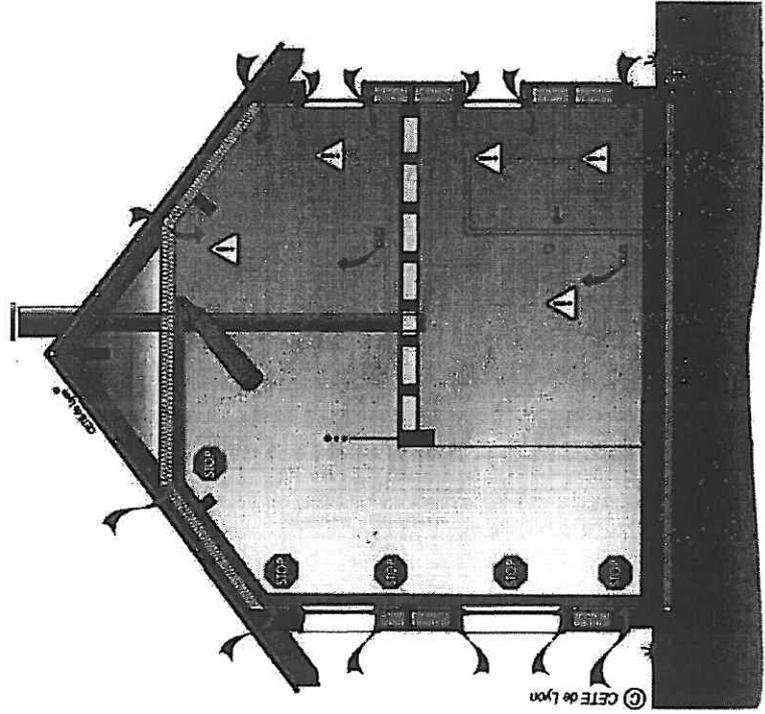
Une excellente étanchéité à l'air peut être obtenue quel que soit le parti architectural du projet (matériaux, géométrie), cependant certains choix peuvent induire dès la conception une complexité plus ou moins importante du traitement de l'étanchéité à l'air (localisation du passage des réseaux, irrégularités en plan ou en élévation, présence d'angles rentrants, type de pose des menuiseries, etc.)

Appliquer le principe de la peau étanche et continue permet un traitement cohérent des infiltrations dans une vision d'ensemble du bâti.

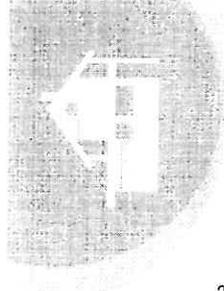
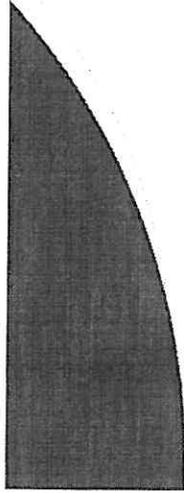
Au début de chaque carnet proposé dans ce classeur, une coupe générale permet au concepteur de repérer différents points sensibles dans le type constructif concerné.

2.1. Principe de la « peau » étanche et continue

Le principe fondamental pour assurer une bonne étanchéité de l'enveloppe est de réaliser une « peau » étanche et continue. En plan et en coupe, le concepteur doit pouvoir suivre cette peau avec un crayon, sans le décoller de la feuille. Chaque liaison entre composants doit être analysée afin de prévoir les matériaux qui assureront l'étanchéité à l'air de façon pérenne à cet endroit. En traitant une liaison donnée, le concepteur doit garder à l'esprit la continuité de la peau sur les liaisons avoisinantes. Il est recommandé de dessiner les détails à l'échelle 1:5 à 1:10 approximativement.



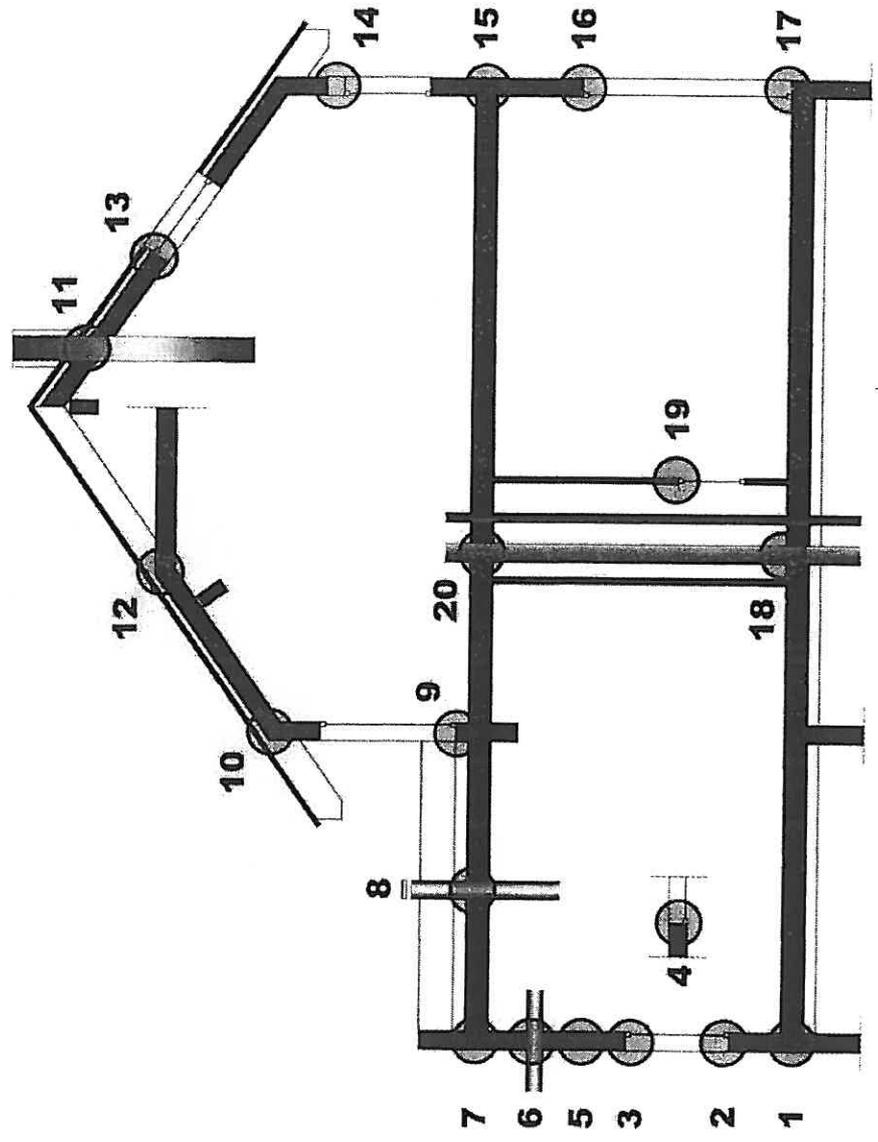
La couche d'étanchéité à l'air doit être conçue et réalisée comme un système constitué de différents matériaux mis en œuvre de façon juxtaposée et continue.



2.2 Localisation des points singuliers

Basé sur les observations du CETE de Lyon, ce mémento propose de traiter 20 points singuliers dont la fréquence d'apparition des fuites est récurrente.

- 1 . Liaison mur / plancher bas
- 2 . Liaison menuiserie / appui
- 3 . Liaison menuiserie / linteau
- 4 . Liaison menuiserie / tableau
- 5 . Paroi courante
- 6 . Traversée de paroi
- 7 . Liaison mur / plancher terrasse
- 8 . Traversée de plancher terrasse
- 10 . Liaison mur / toiture inclinée
- 11 . Traversée de toiture inclinée
- 12 . Plafond de toiture inclinée
- 13 . Liaison fenêtre de toiture
- 14 . Liaison mur / Blor baie et CVR
- 15 . Liaison mur / plancher intermédiaire
- 16 . Liaison porte d'entrée / linteau
- 17 . Liaison porte d'entrée / scut
- 18 . Traversée de plancher bas
- 19 . Trappe d'accès gaine technique
- 20 . Traversée de plancher intermédiaire





Agence Locale de l'Énergie
de l'Agglomération Lyonnaise

UTILISATION
RATIONNELLE
DE L'ÉNERGIE

QUALITÉ
ENVIRONNEMENTALE
DES BÂTIMENTS

ÉNERGIES
RENOUVELABLES

MAÎTRISE
DE LA DEMANDE
EN ÉLECTRICITÉ

DÉPLACEMENTS
TRANSPORTS
MODES DOUX

AIDES
SUBVENTIONS
MESURES FISCALES

CHANGEMENT
CLIMATIQUE
EFFET DE SERRE

FORMATION
SENSIBILISATION

(Dernière mise à jour : VR 07/01/2010)

Vitrages Performants

*Les ouvertures des baies vitrées représentent en moyenne 15% des déperditions thermiques d'une maison et jusqu'à 40% pour un appartement.
Le verre étant un très mauvais isolant il est important de bien prendre en compte les performances thermiques d'une fenêtre pour améliorer la sensation de confort (paroi froide, condensation) et baisser ses consommations d'énergie (fuites d'air...).*

1) Points Clefs

- Terminologie

- Le **vitrage** : la ou les différentes vitres composant la fenêtre.
- Le **châssis (cadre)** : sur une fenêtre avec ouvrant le châssis est la partie en bois, pvc, ou aluminium qui encadre la ou les vitres.
- Le **dormant** : la menuiserie supportant le châssis et qui fait la jonction avec les murs.

-Techniques de pose

- Les **survitrages** : un second vitrage est rapporté sur les ouvrants d'une fenêtre existante, solution économique mais peu performante.
- Le **remplacement** des anciens vitrages par de nouveaux plus performants (double vitrage)
- Les **doubles fenêtres** : en rénovation, une seconde fenêtre est installée en avant ou en arrière de la fenêtre ancienne conservée.
- Les **vitrages isolants** : des ouvrants à double ou triple vitrages sont installés, soit sur une fenêtre neuve, soit sur des dormants anciens conservés.

- Performance thermique des vitrages et fenêtres : le coefficient U

Une fenêtre double vitrage à isolation renforcée aura une déperdition cinq fois moins importante qu'une fenêtre simple vitrage.

Pour comparer les performances thermiques de différents vitrages on utilise le **coefficient de déperdition Ug** pour une vitre et **Uw** pour une fenêtre (vitrage+menuiserie).

Les valeurs sont exprimées en **W/m².°K**. Concrètement, pour un vitrage dont le coefficient Ug est de 3, il faut produire 3 watts de chaleur par m² de vitrage pour compenser la différence de température de 1°C entre l'intérieur et l'extérieur.

Exemple : la température intérieure est de 19°C et la température extérieure de 10°C. Pour un vitrage de 5m² de performance Ug=3, il faudra fournir une puissance de 3*5*(19-10)=135 watts en continu pour compenser la perte de chaleur par le vitrage.

Plus le coefficient U est petit, plus le vitrage est isolant.

Type de vitrage	Coefficient de déperdition Ug en W/m ² .°K
Simple vitrage (4mm)	5.8
Double vitrage lame d'air 12 mm, (4-12-4)	3.0
Double vitrage à faible émissivité, lame d'air 12mm (4-12-4)	1.9
Double vitrage faible émissivité, lame d'argon 12mm (4-12-4)	1.6
Double vitrage faible émissivité, lame d'argon 16mm (4-16-4)	1.1
Triple vitrage faible émissivité, lame d'argon (4-12-4-16-4)	Entre 0.5 et 0.8
Mur isolé RT 2005	0.4

-Double vitrage performant à faible émissivité

Les vitrages faible émissivité sont des vitrages sur lesquels on a ajouté un film d'oxyde métallique afin de contenir le rayonnement infrarouge (chaleur) à l'intérieur du bâtiment. Pour encore renforcer l'isolation d'un double vitrage, on peut remplacer l'air entre les deux vitres par un gaz rare (argon) afin de diminuer la convection entre celles-ci. On peut ainsi obtenir en couplant ces techniques des vitrages très performants avec un Ug=1.1W/m².°K

-Triple vitrage

Aujourd'hui la plupart des fabricants et installateurs proposent des vitrages très performants : les triples vitrages.

Très répandus dans les pays nordiques, ils présentent un net avantage thermique, (Ug jusqu'à 0.5W/m².°k), ainsi qu'un confort d'été intéressant.

Néanmoins leur mise en œuvre peut s'avérer délicate : ils sont plus lourds et ne s'adaptent pas à toutes les menuiseries. Egalement plus épais il faut donc prévoir des huisseries plus larges, capables de les supporter.

La quasi-totalité des triples vitrages présentent un facteur solaire relativement bas, il faut donc mieux les réserver pour les expositions nord, est, ouest, si on veut profiter d'apport solaire en façade sud.

-Amortissement d'un changement de fenêtre :

Comparaison de déperdition énergétique et financier entre différentes fenêtres sur la région lyonnaise et rentabilité économique ; pour un logement de 100 m² avec 20m² de vitrages, on peut économiser jusqu'à 680 € par an en passant du simple au triple vitrage.

3. MESURE DE LA PERMÉABILITÉ À L'AIR ET DÉTECTION DE FUITES

3.1. Principe de mesure

L'objectif de la mesure est de visualiser les infiltrations d'air parasites et de quantifier la perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment. Pour cela, il faut créer artificiellement une variation de la pression interne du local testé afin de produire une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur génératrice de flux d'air. La méthode retenue par le CETE de Lyon est généralement la dépressurisation progressive du bâtiment testé à l'aide d'un ventilateur selon la norme NF EN 13829 (application Février 2001). Il s'agit d'extraire des volumes d'air connus et de mesurer simultanément les différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur afin d'obtenir une série de couple « débit/dépression ».

Norme pour la mesure de la perméabilité à l'air de l'enveloppe des bâtiments : NF EN 13829

3.2. Protocole de mesures

Pour mesurer la perméabilité à l'air d'un bâtiment, on utilise un équipement spécifique adapté aux différents types de constructions :

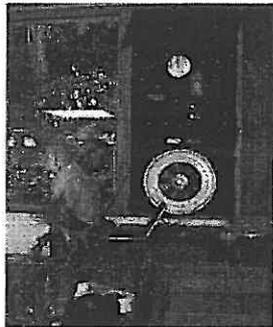


Figure 9 : Porte soufflante

« *Blower Door*® », utilisée pour des bâtiments dont le volume n'excède pas 4000 m³ pour n₅₀ < 2 vol/h



Figure 10 : Perméoscope®

utilisé pour mesurer la perméabilité de maisons individuelles ou d'appartements dont le volume n'excède pas 1000 m³



Figure 11 : Banc Grand Volume (BGV)

utilisé pour des bâtiments de volume allant jusqu'à 30000 m³ pour n₅₀ < 2 vol/h

dossier

LE
DOSSIER
LE POUVOIR
D'AGIR EN
CONSUMMATEUR
AVERTI

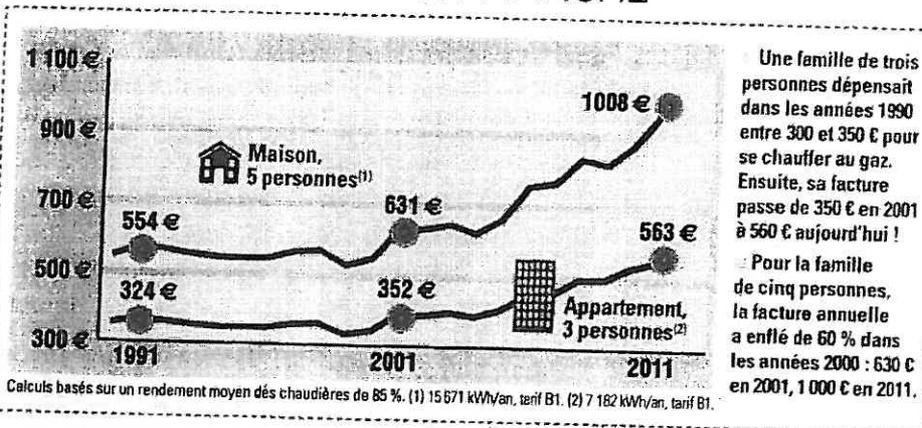
EXTRAIT DU N° 465, NOVEMBRE 2011. Par Florent Pommier. Stéphanie Truquin, économiste.

Chauffage le match
des énergies

Gaz naturel, électricité fioul : le prix de toutes les énergies est orienté à la hausse. Mais tous les modes de chauffage n'ont pas le même poids sur le budget des ménages.

Plus de 11 millions de résidences principales sont chauffées au gaz naturel en France, près de 8,3 millions à l'électricité et 4,4 millions au fioul, selon le ministère de l'Écologie et du Développement durable. Ces trois énergies représentent l'écrasante majorité des modes de chauffage. Les Français ayant choisi le chauffage au gaz (eau chaude comprise) ont eu raison : sur les vingt dernières années, leur facture est plus basse que celle des ménages au tout-électrique ou au fioul, selon nos estimations. Ainsi, en septembre 2011, une famille de cinq personnes en maison dépensait 1 000 € de gaz sur un an, loin des 1 400 € pour le fioul ou des 1 600 € pour le tout-électrique ! Certes, nous n'avons pris en compte ni le coût d'installation ni l'entretien de la chaudière, mais le gaz est moins cher à l'usage que l'électricité. L'augmentation à venir des tarifs du gaz ne devrait pas modifier les positions dans ce "match" des énergies, car les prix du fioul et de l'électricité sont, eux aussi, clairement orientés à la hausse

GAZ IL RESTE MEILLEUR MARCHÉ



Face à l'électricité et au fioul, le gaz naturel est, dans son usage quotidien, le meilleur allié du porte-monnaie. Il restera une énergie intéressante, mais son prix va continuer à augmenter. D'abord, parce que la tendance est à la raréfaction de cette énergie fossile, bien que de nouveaux gisements (aux États-Unis notamment) offrent en ce moment un bol d'air au marché. Ensuite, la partie "distribution" de la facture est amenée à croître, le gestionnaire du réseau (GrDF) devant

investir plus pour garantir son bon entretien. Surtout, l'essentiel de la facture (partie "approvisionnement"), dépend toujours des cours du pétrole et du fioul, qui se situent à des niveaux bien supérieurs à ceux du gaz.

Une indexation sur le fioul et le pétrole

L'explication est historique. Quand les pays d'Europe du Nord ont commencé à exploiter les gisements de gaz, dans les années 1960, ils étaient exportateurs de pétrole et ne voulaient pas de concurrence entre les

deux énergies. Ainsi, le gaz fut indexé sur le pétrole. Aujourd'hui, cela n'a plus grand sens et il est question de revoir le calcul pour que pétrole et fioul pèsent moins dans la balance. L'association Consommation, logement et cadre de vie (CLCV) le demande depuis des années : « GDF-Suez s'approvisionne en partie sur les marchés du gaz, elle gagne donc de l'argent sur les consommateurs. » En intégrant plus largement les cours du gaz dans le calcul, les tarifs réglementés pourraient moins subir les fluctuations du fioul et du pétrole.

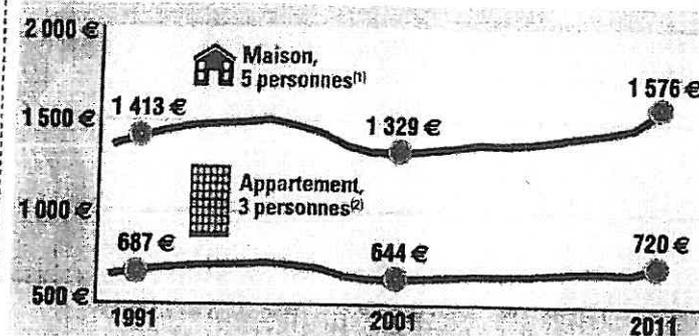


Pendant des années, l'électricité a été épargnée par les hausses : le tarif réglementé, assis sur une production nucléaire suffisante, a peu augmenté par rapport à l'inflation. Sur vingt ans, les factures d'électricité de nos deux familles types ont progressé lentement (et même diminué de 1997 à 2001). Il faut cependant relativiser : nos estimations, basées sur des équivalences de consommation, le prouvent. Malgré la forte poussée des prix du gaz, nos deux familles paient toujours moins en gaz qu'en électricité.

Gros investissements au programme

Cette différence devrait subsister, car l'électricité aussi est entrée dans un cycle de hausses durables. Des centrales nucléaires arrivent en fin de vie et EDF doit entamer de lourds investisse-

ÉLECTRICITÉ DES HAUSSES RÉGULIÈRES À VENIR



(1) 8 000 kWh (heures pleines) et 4 000 kWh (heures creuses), tarif réglementé, puissance du compteur de 12 kVA.
(2) 3 000 kWh (heures pleines) et 2 500 kWh (heures creuses), tarif réglementé, puissance du compteur de 9 kVA.

Notre famille de trois personnes payait, en moyenne, 657 € par an entre 2000 et 2006. Elle doit acquitter aujourd'hui 720 € (5 % de plus qu'en 2010). La famille de cinq personnes paie 1 576 € en 2011 (9 % de plus qu'en 2009). Sa facture s'élevait à 1 357 € par an entre 2000 et 2006.

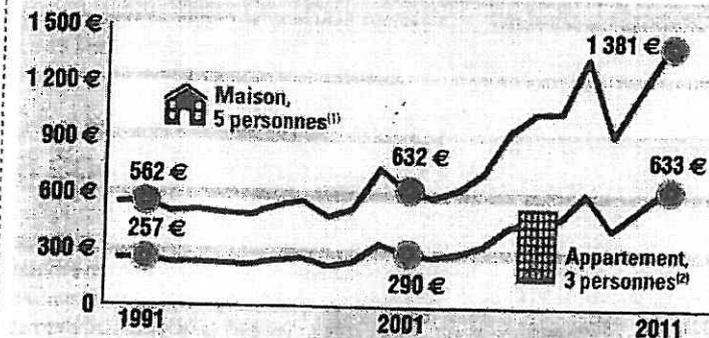
ments pour prolonger leur utilisation. Le gestionnaire de réseau, ErDF, va lancer le chantier du compteur "communicant" Linky ; à terme, tous les compteurs devront être changés.

Parmi les nouvelles capacités de production en construction, les installations photovoltaïques et le parc éolien pèseront sur la facture des consommateurs via la

contribution au service public de l'électricité. Celle-ci progressera régulièrement ces prochaines années, la loi Grenelle ayant fixé d'ambitieux objectifs en matière d'énergies renouvelables. Elle ne représente toutefois que 6 % de la facture. La loi sur la nouvelle organisation des marchés de l'électricité du 7 décembre 2010, qui renforce l'ouverture à la

concurrence, va peser bien plus. Elle oblige EDF à revendre à ses concurrents une partie de l'électricité d'origine nucléaire. En additionnant tous les coûts et investissements à venir, la hausse du tarif réglementé pourrait avoisiner les 5 ou 6 % par an, selon une étude commandée par la Commission de régulation de l'énergie.

FIOL UNE ÉNERGIE CHÈRE ET FLUCTUANTE



Calculs basés sur un rendement moyen des chaudières de 75 %. (1) 1 356 litres. (2) 621 litres.

La facture annuelle de fioul de notre famille de trois personnes s'élève aujourd'hui à plus de 630 €, soit le double de 2004 ! La hausse est de 20 % depuis 2010. Pour la famille de cinq personnes, la note s'élève à 1 400 €, contre 630 € il y a dix ans.

Conséquence pour les consommateurs : ils sont obligés de suivre de près les prix pour remplir leur cuve au bon moment.

L'hiver approche, le prix grimpe

Ainsi, en août, quand le prix du fioul domestique tournait autour de 0,84 € le litre, les plus avertis ont passé rapidement commande, parfois en se regroupant entre voisins ou amis. Bien leur en a pris puisque, fin septembre, le litre était déjà remonté aux alentours de 0,88 €.

La demande augmente toujours à l'approche de l'hiver, et comme l'offre bouge peu, le prix grimpe. Notre famille type de cinq personnes a ainsi économisé plus de 50 € en passant commande en août de ses 1 350 litres (par rapport au prix de fin septembre).



Le fioul est l'énergie qui a le plus flambé depuis 1990 et le système de chauffage le moins intéressant, une fois tous les coûts pris en compte (installation, livraison, entretien).

La relative vétusté du parc de chaudières n'arrange rien à cette situation. À long terme, les ressources de fioul (issu du pétrole) ayant tendance à se raréfier, la demande mondiale va dépasser l'offre, poussant encore les prix à la hausse. À court terme, les

évolutions varient en fonction de la situation géopolitique de certains pays producteurs et des décisions de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (Opep). Bien sûr, de telles variations à court terme peuvent être trompeuses.



Les corbeilles géothermiques : une alternative au captage traditionnel

Cédric Rognon | 02/09/2011

Pour chauffer et rafraîchir cette maison, bientôt labellisée BBC-Effinergie, située en Indre et Loire, le maître d'ouvrage s'est tourné vers une solution géothermique dont la caractéristique repose sur un système de captage par corbeilles. Une alternative au captage horizontal qui demande une grande surface de terrain et au captage vertical, très onéreux.

Filiale du groupe industriel français Ryb (transformation de polymères), la société Ryb Terra est spécialisée dans la conception, l'étude et la commercialisation de solutions de captage d'énergie géothermique : capteurs horizontaux, puits canadien, sondes verticales, pieux géothermiques et... corbeilles géothermiques ! C'est ce procédé exclusif, à mi-chemin entre les capteurs horizontaux et les sondes verticales, qui est utilisé avec une pompe à chaleur pour chauffer cette maison neuve de Saint-Cyr-sur-Loire (Indre-et-Loire), bientôt labellisée BBC-Effinergie.

Baptisé « Terra Spiral », ce système innovant se positionne comme une alternative aux capteurs traditionnels en résidentiel individuel. L'énergie du sol est prélevée par des corbeilles géothermiques enterrées à une profondeur de 4 m. Chacune se compose d'un tube (DN 25) spiralé (pas de 8 cm) en polyéthylène, long de 100 m. Haute de 2,4 m, chaque corbeille présente une forme conique (diamètre de 1,2 m en partie haute, 1 m en partie basse) pour faciliter son implantation dans le sol.

Une emprise au sol réduite

Le principe de fonctionnement est similaire aux solutions de captage traditionnelles : un fluide caloporteur, mélange d'eau et de monopropylène glycol (40 %) récupère l'énergie du sol via le tube spiralé. Cette énergie est ensuite restituée par la PAC pour chauffer ou rafraîchir la maison. Cette maison BBC est la deuxième construite par Maisons Dona à utiliser ce système innovant de corbeille géothermique. Le constructeur s'est d'emblée tourné vers la géothermie, gage d'un chauffage performant, même pendant les jours les plus froids. Cette solution de captage originale lui a été proposée par l'installateur. Deux critères ont guidé le choix du constructeur : la faible emprise au sol des capteurs, inférieure à un captage horizontal, et le coût, moins élevé que celui de sondes verticales. Par ailleurs, le système de captage bénéficie d'un Avis technique du CSTB (n° 14/07-1207) et le tube de la corbeille est garanti trente ans.

La compacité constitue le principal avantage de ces échangeurs thermiques. Leur faible encombrement permet ainsi de réduire la surface de terrain utilisée. Un atout dans le neuf au vu des prix du foncier ! Chaque corbeille permet de capter entre 1 260 et 2 160 kWh/an. La quantité maximale d'énergie qui peut être extraite varie selon la nature du sol : 1 260 kWh/an pour un sol sec, 1 800 kWh/an pour un sol humide et 2 160 kWh/an pour un sol saturé d'eau.

Le dimensionnement a été réalisé par Ryb Terra. Neuf corbeilles ont été préconisées. Leur emprise au sol représente seulement 75 m² pour chauffer cette maison de 140 m².

Autre atout souligné par l'installateur : la mise en œuvre des corbeilles est simple et rapide (une heure tout au plus par corbeille, terrassement et raccordement compris). L'excavation réalisée à faible profondeur ne requiert, par ailleurs, aucune déclaration ni autorisation de travaux, au contraire d'une solution avec sondes verticales. La manutention est également facilitée. Les corbeilles géothermiques sont livrées pliées pour optimiser le transport et le stockage, puis montées rapidement sur place, sans outils. Enfin, leur faible poids (21 kg) les rend facile à manipuler.

Neuf corbeilles à 4 m de profondeur

La mise en place des corbeilles géothermiques a été réalisée en une journée. Le terrassement a été sous-traité par le constructeur à l'entreprise LVTP. Les neuf corbeilles ont été disposées en deux rangées. Deux tranchées de 80 cm de profondeur ont d'abord été ouvertes. L'emplacement des corbeilles a ensuite été repéré, en respectant une distance minimale de 4 m entre l'axe de chacune d'entre elles.

L'entreprise de terrassement a creusé 9 trous de 4 m de profondeur, suffisamment larges pour permettre l'implantation des corbeilles. Un sondage avait été réalisé au préalable par le constructeur pour déterminer la nature du sol et la faisabilité d'une telle solution, impossible à mettre en œuvre avec un sous-sol rocheux.

Manipulées par deux personnes, les corbeilles ont été placées l'une après l'autre dans chacun des trous, puis raccordées au collecteur. Pour se faire, les tubes assurant la liaison entre les corbeilles et le collecteur (un tube aller et un tube retour) ont été déroulés dans la tranchée, à 80 cm de profondeur. Le collecteur peut être installé à l'extérieur ou à l'intérieur de la maison. C'est cette première solution qui a été choisie. Le collecteur (2 à 20 sorties selon le modèle) comporte neuf sorties pour permettre le raccordement de chacune des corbeilles. Il est placé dans un regard (signalé par une trappe verte dans le jardin) et reste ainsi accessible pour toute opération de maintenance.

Oui au gazon, non aux arbres

La mise sous pression (3 bar) et en eau glycolée (33 litres par corbeille) du réseau a été réalisée avant le remblaiement, de manière à vérifier la bonne installation des capteurs. Pour remblayer, le terrassier a utilisé la terre extraite, sans cimentation. La terre a été arrosée pour faciliter son tassement et ainsi assurer un meilleur échange thermique. Au besoin, les plus grosses pierres sont enlevées pour éviter tout endommagement des tubes car toute la terre doit être remplacée quand celle-ci est trop pierreuse. Chaque corbeille repose à 4 m de profondeur. Haute de 2,4 m, elle est donc recouverte par une couche de 1,6 m de terre. Une fois les corbeilles enterrées, il est possible de semer du gazon, de recouvrir le terrain d'un massif de fleurs, de buissons ou de créer un jardin potager. La plantation d'arbres est, par contre, à proscrire.

L'énergie prélevée dans le sol est restituée à une PAC eau glycolée/eau de 11,6 kW (Géolis d'Atlantic), dont le COP atteint 4,27. La chaleur est restituée dans la maison par un plancher chauffant rafraîchissant (Nexa). La PAC n'est pas utilisée pour l'ECS, assurée par un chauffe-eau thermodynamique (Odyssée d'Atlantic) installé dans le garage.

INGÉNIERIE

La technologie des chauffe-eau électriques a évolué ces dernières années. Plus fiables, plus économes en énergies, ils ne sont cependant pas les seules solutions de production d'eau chaude sanitaire. Les systèmes solaires, et tout récemment ceux permettant la récupération de chaleur sur les eaux grises ou sur l'air, comptent désormais dans la palette des solutions.

L'ESSENTIEL

- Plusieurs solutions alternatives aux ballons d'ECS classiques, bannissant progressivement les énergies fossiles.
- Rechercher les appareils dotés des COP les plus forts pour conjuguer économies financières et énergétiques.
- Des équipements novateurs qui s'inscrivent dans la perspective des bâtiments à énergie positive.

EAU

Par Jean-Paul Stéphant,
Ingénieur territorial

La production d'eau chaude sanitaire évolue

La production d'eau chaude sanitaire (ECS) est assurée majoritairement par des préparateurs électriques appelés plus communément ballons d'eau chaude. Simples à poser et à entretenir, leur capacité varie de 10 litres à plusieurs mètres cubes, et ils peuvent être couplés pour obtenir pour un plus grand volume de stockage. Il en existe des verticaux ou des horizontaux qui répondent ainsi à la plupart des conditions spatiales.

Un ballon d'eau chaude se compose d'une cuve fermée dans laquelle se trouve une résistance électrique commandée par un thermostat et qui chauffe l'eau froide à l'arrivée. À noter que la cuve est toujours pleine, puisque l'eau chaude puisée cède la place à l'eau froide à chauffer.

La cuve et la résistance électrique, des facteurs de qualité

La qualité d'un chauffe-eau électrique dépend de celle de sa cuve. La plupart du temps en acier galvanisé, il en existe en acier inoxydable, plus durable mais plus cher. Il est nécessaire de la protéger contre les risques d'électrolyse en l'équipant d'une anode. Celle-ci peut être en magnésium, et dans ce cas, elle doit être changée régulièrement (tous les deux ou trois ans en moyenne). Elle peut également être en titane, et dans ce cas, elle est quasiment inusable et ne nécessite aucun entretien.

Autre élément de choix: la résistance électrique. Il en existe principalement deux types. La classique résistance thermoplégée (ou thermoplégée) et la résistance stéatite. La première, en inox, est plongée directement dans l'eau, ce qui l'expose au calcaire qui cristallise à sa surface et réduit ses performances. Cet inconvénient est compensé par une plus grande rapidité de chauffe.

Composée de briques réfractaires insérées dans un fourreau en acier émaillé, la résistance stéatite nécessite environ six heures de chauffe pour 200 litres contre cinq heures pour un thermoplég-

neur. Mais son surcoût trouve son intérêt dans la facilité de maintenance qu'elle procure. Il n'est plus nécessaire de vidanger le ballon pour accéder à la résistance, et il n'y a plus d'entartrage.

La bonne température

Le groupe de sécurité est un élément obligatoire. Il limite l'excès de pression dans la cuve engendré par la montée en température de l'eau et la dilatation de celle-ci. Un trop-plein permet d'évacuer l'excédent en cas de surpression. Il est branché sur l'arrivée d'eau froide puis est raccordé à l'égout (par l'intermédiaire d'un siphon). Il est donc normal que cet élément de sécurité laisse s'écouler un petit volume d'eau.

La température de l'eau peut être réglée. Le choix de la température fera appel à plusieurs considérations: la sécurité des personnes pour éviter les brûlures, la préservation de l'entartrage avec une température inférieure à 50 °C, la lutte contre la légionellose, qui nécessite au moins 75 °C et conditionne le choix du volume de la cuve. Il n'y a donc pas de réglage « passe-partout » et la température choisie le sera en fonction de l'usage qui est fait de l'eau. En effet, un même ballon réglé à 50 °C produira moins d'eau chaude que s'il est réglé à 80 °C, car lors du mélange au robinet la proportion d'eau chaude sera plus importante dans le premier cas.

Cette solution de production d'eau chaude laisse peu à peu la place à d'autres solutions plus novatrices, que nous évoquons plus loin, mais il faut tout de même souligner l'amélioration significative des ballons d'eau chaude au cours de ces dernières années. Mieux isolés et donc plus efficaces, ils sont aussi plus durables. À condition toutefois de ne pas se cantonner aux modèles à très bas prix.

Des systèmes solaires de plus en plus fiables

La prise en compte de la protection de l'environnement a permis un développement considérable des solutions de production d'eau chaude à partir de l'énergie solaire.

Les chauffe-eau solaires sont devenus des équipements robustes et fiables, qui équipent aujourd'hui près de 100 000 maisons en France. Ils se composent d'un coffre vitré dans lequel sont fixés des tubes métalliques noirs qui absorbent la chaleur. Celle-ci est transportée vers le stockage par un circuit primaire étanche et calorifugé contenant de l'eau glycolée.

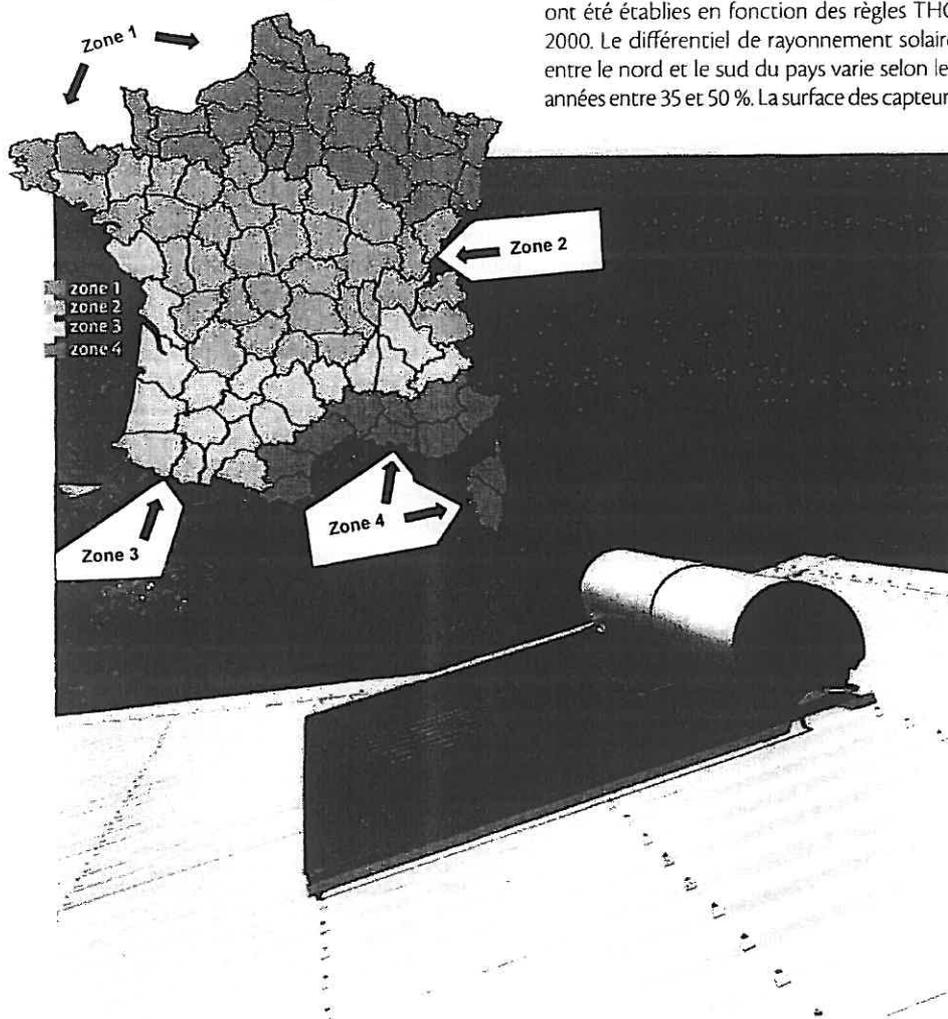
À l'intérieur du ballon de stockage, un échangeur thermique (serpentin) cède ses calories à l'eau chaude sanitaire. La circulation du liquide caloporteur peut être naturelle, par thermocirculation, ou forcée par une pompe de circulation. Dans le premier système, appelé « thermosiphon », le liquide caloporteur circule grâce à sa différence de densité avec l'eau du ballon placé

plus haut que les capteurs. Notons toutefois que les systèmes à circulation forcée sont les plus nombreux.

Prendre en compte les conditions climatiques

L'insuffisance d'ensoleillement doit être compensée par un dispositif d'appoint qui prend le relais sur le rayonnement solaire absent. Ce dispositif peut être constitué d'une résistance électrique placée dans le ballon ou d'un échangeur (appoint hydraulique) raccordé à une chaudière. Un second ballon électrique peut également servir d'appoint. La production d'eau chaude solaire est possible sous tous les climats européens, mais la surface du capteur est fortement dépendante des conditions climatiques de la région considérée. Pour cette raison, quatre zones climatiques couvrant le territoire national ont été établies en fonction des règles THC 2000. Le différentiel de rayonnement solaire entre le nord et le sud du pays varie selon les années entre 35 et 50 %. La surface des capteurs ...

Les zones climatiques pour la production d'eau chaude solaire selon les règles THC 2000



QU'EST-CE QUE C'EST ?

- **ECS** : eau chaude sanitaire
- **CESI** : abréviation de « chauffe-eau solaire individuel ».
- **Énergie d'appoint** : énergie complétant la production solaire ou la relayant en cas d'ensoleillement insuffisant ou nul.
- **Thermosiphon** : système de circulation naturelle d'un liquide dans une installation du fait de la variation de sa masse volumique en fonction de la température.
- **THC 2000** : méthode de calcul des consommations de chauffage et d'ECS pour plusieurs types de bâtiments selon leur situation géographique (ensoleillement).
- **COP** : coefficient de performance d'un appareil de chauffage.

© Prod. Numérik - Fotolia.com

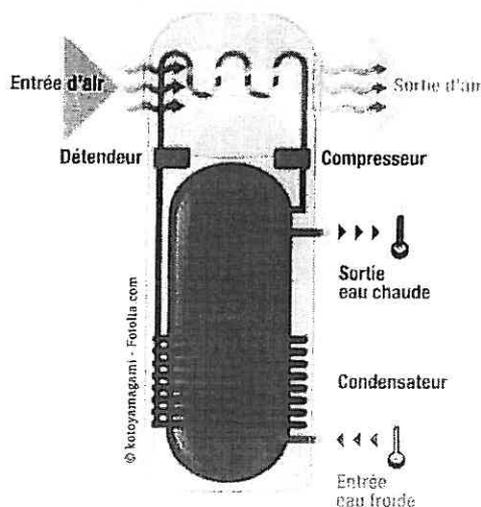
... sera donc plus grande dans les régions du nord pour une même production d'eau chaude. Il faudra veiller à ne pas surdimensionner le ballon car la production d'appoint s'en trouverait également augmentée inutilement. Les capteurs solaires sont en général inclinés à 45° par rapport à l'horizontal mais une inclinaison de plus ou moins 10° n'altère que faiblement les performances.

La récupération de chaleur des eaux grises

La maîtrise des déperditions thermiques passe aussi par la récupération des calories présentes dans les eaux usées. Les eaux-vannes issues des WC sont plutôt froides mais les eaux provenant des éviers, baignoires et lavabos, ou encore les eaux de lavage des machines (lave-linge ou lave-vaisselle), appelées communément eaux grises, sortent des bâtiments entre 28 et 40 °C. Certains industriels se sont penchés sur la question et proposent désormais des systèmes de récupération adaptés aux réseaux, qu'il s'agisse d'un terrain de camping, d'un centre de loisir, d'un hôtel, d'une piscine couverte ou d'une maison familiale.

Ils se composent d'un système de filtration en tête de traitement, qui retient les solides en suspension dans l'effluent (cheveux, fibres, sable...). Le cœur du système se compose d'un échangeur de chaleur par lequel est récupéré l'essentiel de la chaleur des eaux grises avant leur

Fonctionnement d'un chauffe-eau thermodynamique



rejet. Un cycle de nettoyage automatisé du filtre rejette à intervalle de temps programmable la charge de résidus vers le réseau d'évacuation des eaux usées. La chaleur récupérée peut être stockée dans des ballons accumulateurs spécifiques ou être raccordée à un autre système hydraulique de récupération de chaleur.

Ces systèmes sont généralement proposés sous forme de modèles adaptés aux exigences les plus usuelles et fréquentes (maison familiale, immeuble, bâtiment industriel, piscine...) et peuvent généralement se combiner à d'autres systèmes d'appoint de chaleur (solaire, pompe à chaleur).

Les ballons d'ECS thermodynamiques

Les résistances électriques des ballons d'ECS classiques ne sont pas économes en énergie. Les industriels ont donc recherché des solutions alternatives et les chauffe-eau thermodynamiques en sont une. Ces ballons d'ECS sont équipés à la fois d'une pompe à chaleur et d'une résistance électrique d'appoint.

Le principe de fonctionnement consiste à prélever dans l'air ambiant les calories propres à réchauffer le fluide caloporteur au moyen d'un compresseur. La pompe à chaleur fonctionne entre -5 °C et 35 °C. En dehors de cette plage de température, c'est la résistance électrique d'appoint qui prend le relais.

De nombreux modèles existent sur le marché pour répondre aux différentes situations. En termes de maîtrise énergétique, la plupart de ces appareils sont dotés d'un COP de 3 à 4. En revanche, il faudra tabler sur 8 heures de chauffe pour un ballon de 250 litres. Il s'installe généralement dans une pièce non chauffée du bâtiment. Un minimum d'environ 20 mètres cubes est à respecter.

Vérifier le COP

Le coefficient de performance ou COP d'un appareil de chauffage est le rapport entre la puissance électrique consommée et la puissance thermique restituée. Par exemple, la plupart des ballons d'eau chaude thermodynamique ont un COP compris entre 3 et 4, c'est-à-dire que pour 1 kW d'électricité, 3 ou 4 kW de chaleur seront transmis à l'eau, dans des conditions optimales. Plus le COP est élevé, mieux c'est. Une résistance électrique fournit un COP de 1.