



Une édition du Centre scientifique et technique de la construction

Trimestriel - N° 13 - 4<sup>e</sup> année - 1<sup>er</sup> trimestre 2007

## Sommaire

Dépôt : Bruxelles X – Numéro d'agrégation : P 404010

Une édition du Centre scientifique et technique de la construction, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947

Editeur responsable : Carlo De Pauw  
CSTC - Rue du Lombard 42, 1000 Bruxelles

Revue d'information générale visant à faire connaître les résultats des études et recherches menées dans le domaine de la construction en Belgique et à l'étranger.

La reproduction ou la traduction, même partielles, des textes et des illustrations de la présente revue n'est autorisée qu'avec le consentement écrit de l'éditeur responsable.

[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

	<b>Construction durable</b>	
	Construction durable : bâtissons l'avenir !	2
	Critères de choix des matériaux de construction durables	5
	Pompe à chaleur : un système de chauffage durable	6
	L'étanchéité à l'air : complément indispensable à l'isolation thermique	7
	Ventilation avec récupérateur de chaleur dans les habitations	8
	Gestion durable de l'eau	9
	Mieux gérer les déchets de construction et de démolition	10
	Construction industrielle flexible et démontable	11
	Rénovation durable bien pensée	12
	Accessibilité et évacuation	14
	Comment protéger nos bâtiments contre le vol ?	15
	<b>Agenda</b>	16

**D**ans la société actuelle, le terme 'durable' semble associé à tous les domaines : paix durable, entreprise durable, construction durable, ... Mais quel est le contenu précis de cette notion ? Cet article lève partiellement le voile à ce sujet.

*J. Van Dessel, ir., chef adjoint de la division 'Développement durable et Rénovation', CSTC*  
*K. Putzeys, ir.-arch., chef de projet, laboratoire 'Développement durable', CSTC*

## 1 CONSTRUCTION DURABLE : UNE VISION, TROIS PILLIERS ...

La construction durable peut être décrite, sur la base d'une interprétation intégrale, comme la recherche de bâtiments présentant un équilibre entre les trois dimensions suivantes :

- la dimension écologique (§ 1.1)
- la dimension sociale (§ 1.2)
- la dimension économique (§ 1.3).

Selon cette approche, pour être considérés comme durables, les bâtiments doivent non seulement être économes en énergie ou construits à l'aide de matériaux recyclés mais aussi posséder un climat intérieur sain et confortable et être sûrs et accessibles. Les coûts de construction, d'entretien et ceux liés au cycle de vie jouent enfin un rôle non négligeable.

L'interprétation donnée au terme 'construction durable' au cours du projet de recherche LEnSE (*Methodology Development towards a Label for Environmental, Social and Econo-*

# Construction durable : bâtissons l'avenir !



PHOTO : YOUNG BUDGET HOMES

**Construction durable : le défi du futur.**

*mic Buildings*), coordonné par le CSTC, est illustrée au tableau 1. Une enquête a en outre été menée dans le cadre de ce projet afin de connaître l'opinion d'un certain nombre d'importants acteurs à l'acte de bâtir sur le thème de la construction durable (voir ⇨ A, p. 3).

### 1.1 LA DIMENSION ÉCOLOGIQUE DE LA CONSTRUCTION DURABLE

Bien que le thème de la construction durable ne puisse être limité à sa dimension écologique, on ne peut nier que l'acte de bâtir possède

**Tableau 1 Les bâtiments durables et leurs principaux aspects selon le projet LEnSE.**

Aspects environnementaux	Aspects sociaux	Aspects économiques
Variations climatiques : – gaz à effet de serre – acidification – appauvrissement de la couche d'ozone	Bien-être des utilisateurs : – climat intérieur et confort – perception de l'espace – santé et facilité d'utilisation	Financement et gestion : – analyse des fonctions d'utilisation – analyse des risques
Biodiversité : – pollution due aux engrais – conservation de la biodiversité	Accessibilité : – le bâtiment et ses alentours – transports publics – trottoirs et pistes cyclables	Valeur du cycle de vie : – coûts du cycle de vie – valeur du bâtiment et adaptabilité – facilité d'entretien
Matières premières : – origine et utilisation des matériaux – prévention des déchets – consommation en eau – utilisation du sol et du territoire	Valeur sociale et culturelle : – emploi au niveau local et mesures sociales – politique d'achat éthique – impact sur les environs – qualité esthétique du bâtiment	Facteurs externes : – utilisation de produits et de services fabriqués au niveau local – image du bâtiment
Gestion de l'environnement et risques environnementaux	Sécurité du bâtiment et de ses alentours	

## A

## CONSTRUCTION DURABLE : L'ENQUÊTE LENSE

Le projet de recherche européen LENSE ([www.lensebuildings.com](http://www.lensebuildings.com)) développe une méthode d'évaluation de la durabilité des bâtiments. Une enquête a été menée à cette occasion afin de connaître l'opinion des majors de l'industrie belge du bâtiment quant à la construction durable.

Il est ressorti de cette enquête qu'il existe une grande disparité entre l'intérêt porté au thème de la construction durable et l'estimation de l'empressement à mettre celle-ci en pratique.

Ainsi, 70 % de l'ensemble des personnes interrogées pense que la mise au point d'une telle méthode d'évaluation est (très) importante mais estime que l'empressement réel à mettre en œuvre la construction durable dans le secteur belge de la construction est beaucoup moins grand. Le facteur décisif en la matière, soulevé par la plupart des répondants, consiste dans la crainte d'investissements complémentaires.

Nombreux sont aussi ceux qui ont conscience des avantages qui peuvent découler d'une évaluation de la durabilité. Dans ce contexte, l'attention est principalement tirée sur la possibilité d'offrir des informations standardisées sur la durabilité et sur l'amélioration éventuelle des performances de durabilité du bâtiment. Plusieurs des personnes interrogées pensent qu'une méthodologie pourrait également donner lieu au développement de solutions innovantes et à une amélioration des connaissances pratiques en matière de construction durable (⇒ B, p. 4).

L'enquête a enfin permis de démontrer qu'on accorde toujours la plus grande attention à la dimension environnementale du thème de la construction durable mais que deux tiers des répondants estiment que les aspects sociaux et économiques sont au moins aussi important.

un important impact environnemental :

- le secteur de la construction est responsable d'environ 50 % de la consommation mondiale en matières premières
- en Belgique, le chauffage et l'éclairage des bâtiments représentent 42 % de la consommation totale en énergie
- le secteur de la construction est un grand producteur de déchets (déchets de construction et de démolition).

Il ne faut dès lors pas non plus perdre de vue la biodiversité. Celle-ci peut être protégée, d'une part en ne construisant principalement que sur des terrains ne possédant qu'une faible valeur environnementale (friches industrielles, p. ex.) et, d'autre part, en réalisant des efforts afin de préserver la faune et la flore. La mise en œuvre généralisée de systèmes de gestion de l'environnement tels qu'EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*) et ISO 14001 peut offrir d'intéressantes possibilités à cet égard.

## 1.2 LA DIMENSION SOCIALE DE LA CONSTRUCTION DURABLE

Etant donné que l'on passe en moyenne 90 % de notre temps à l'intérieur des constructions, il n'est pas surprenant que notre qualité de vie soit fortement dépendante de la qualité du bâtiment dans lequel on se trouve.

Afin de disposer d'un climat intérieur sain, un certain nombre de conditions doivent être remplies au sein du bâtiment en matière de qualité de l'air et de confort thermique, visuel et acoustique.

Dans ce contexte, soulignons que les exigences portant sur le confort thermique et la qualité de l'air ont récemment été reprises dans la directive sur la performance énergétique et que les normes acoustiques belges deviendront bientôt plus sévères. Pour plus d'informations à ce sujet, nous renvoyons au dossier *La nouvelle*



PHOTO : LUXURY LIVING

**Le thème de la construction durable ne peut être limité à sa dimension écologique.**

*norme NBN S 01-400-1 'Critères d'isolation acoustique des immeubles d'habitation'* annexé à la présente édition de CSTC-Contact.

Outre le fait que les bâtiments qui ne sont pas correctement conçus exercent une influence négative sur la santé des utilisateurs et des habitants, ceux-ci peuvent également entraîner des coûts d'entretien et de chauffage très élevés, ce qui constitue un désavantage supplémentaire pour les groupes socialement plus faibles. Une politique abordable en matière de logement et une politique d'achat de matériaux

de construction et de services raisonnables d'un point de vue éthique ne sont ainsi surtout pas à exclure. L'accessibilité du bâtiment pour les personnes à mobilité réduite et la protection de celui-ci contre l'effraction constituent des aspects sociaux qui profitent à la qualité.

## 1.3 LA DIMENSION ÉCONOMIQUE DE LA CONSTRUCTION DURABLE

Afin de permettre la conservation et le renouvellement de l'environnement bâti, il importe

de pouvoir compter sur une gestion d'entreprise économe accordant suffisamment d'attention aux développements innovants (voir ⇒ B).

A la lumière de l'urbanisation toujours grandissante, la transformation d'un immeuble de bureaux en un complexe de logements pourrait faire partie des défis et souhaits futurs du maître d'ouvrage (voir aussi l'article en matière de 'construction industrielle, flexible et démontable' à la p. 11).

Une analyse fonctionnelle approfondie des dispositions constructives et du coût des travaux doit permettre de déterminer si le projet est ou non réalisable. Dans ce cadre, on tient entre autres compte du retour sur investissement attendu et des risques liés au projet. Il est en effet important de ne pas perdre de vue les conséquences économiques de la solution proposée : le choix d'un matériau respectueux de l'environnement ou d'un concept fondé socialement ne peut faire fi de la rentabilité économique. Dans ce contexte, on accorde un intérêt grandissant aux coûts du cycle de vie du bâtiment. Alors que, par le passé, on tentait principalement de minimiser les coûts de construction initiaux, on constate que l'on tente aujourd'hui de plus en plus d'arriver à un bon équilibre entre, d'une part les investissements de construction et, d'autre part, les coûts d'entretien et d'utilisation durant la durée de vie complète du bâtiment.

## 2 COLLABORATION ENTRE DIVERS ACTEURS À DIFFÉRENTS NIVEAUX

L'interprétation concrète du terme de construction durable implique l'intervention de divers acteurs (entreprises de crédit, concepteurs, maîtres d'ouvrage, entrepreneurs, sous-traitants, utilisateurs, habitants, monde scientifique, pouvoirs publics, ...). Afin de mener à bien la collaboration entre tous les partenaires, des outils d'aide ont été mis au point à différents niveaux. En Région wallonne, une plateforme ([www.constructiondurable.be](http://www.constructiondurable.be)) a ainsi été créée afin de



## GESTION DE LA QUALITÉ ET CONSTRUCTION DURABLE POUR L'ENTREPRENEUR

### Qualité et systèmes de gestion

Un système de gestion de la qualité encourage les entreprises à analyser les exigences de leurs clients (en ce compris celles en matière de construction durable), à définir des processus qui contribuent au développement d'un produit conforme aux exigences posées et à gérer ceux-ci correctement. Pour ce faire, les chefs d'entreprise du secteur de la construction peuvent faire appel aux différents systèmes de référence, tels que la norme ISO 9001 ou les labels de qualité *CoQual* et *Qualibouw*. Ces derniers ont été regroupés sous la dénomination *Construction Quality* ([www.constructionquality.be](http://www.constructionquality.be)).



### Systèmes de gestion et construction durable

L'aspiration à la construction durable peut avoir un impact important, tant sur les exigences du client que sur les différents processus industriels. Le client peut ainsi exprimer le souhait d'améliorer en profondeur les performances énergétiques de son habitation ou de faire usage de techniques innovantes. Les entreprises peuvent quant à elles s'engager à mettre en œuvre plus de matériaux recyclés et d'équipements économiques. Une multitude de mesures peuvent également être prises dans le domaine de la gestion des déchets et de la limitation des nuisances pour l'environnement. L'introduction d'un système de gestion peut faire en sorte que l'entreprise réussisse mieux à transposer ses objectifs en plans d'action concrets.

### Chartes de qualité

Les chartes de qualité telles que 'Construire avec l'énergie' et 'Construire avec l'environnement' prouvent que les chefs d'entreprise désirent réellement tenir compte des besoins de la société.

soutenir les entrepreneurs, dans le cadre de leur démarche en matière de construction durable, dans leur relation avec le donneur d'ordre. On y travaille aussi à l'élaboration d'une charte par le biais de laquelle les entrepreneurs s'engageraient à améliorer les performances environnementales de leurs activités de construction. La Flandre a, quant à elle, mis sur pied une plate-

forme de transition consacrée à l'habitat et à la construction durables ([www.mina.be/duwobo.html](http://www.mina.be/duwobo.html)) qui bénéficie du soutien du CSTC et de CeDuBo. A Bruxelles, enfin, ce rôle novateur est tenu conjointement par l'Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement (IBGE), Ecobuild et la guidance 'Ecoconstruction et développement durable'.



**L'utilisation de matériaux de construction durable : un must.**

## 3 PERSPECTIVES D'AVENIR

Bien que l'on ait déjà accordé une grande attention à la dimension environnementale par le passé, les méthodes d'évaluation harmonisées relatives à celle-ci ne sont quant à elles pas encore totalement au point. Le Comité technique européen CEN TC 350 'Sustainability of construction works' poursuit actuellement leur élaboration.

Il existe par contre un grand manque de connaissances en ce qui concerne les dimensions sociale et économique. Un besoin urgent d'informations se fait ressentir quant aux coûts du cycle de vie et aux avantages susceptibles d'aller de pair avec des stratégies d'entretien à long terme. Le principal défi repose toutefois dans l'approche intégrée de ces trois dimensions et dans leur application harmonieuse. ■

## B

### CONSTRUCTION DURABLE : UN MOTEUR POUR L'INNOVATION DANS LA CONSTRUCTION

Les pouvoirs publics tentent d'encourager l'évolution vers la construction durable en imposant certaines règles (la réglementation en matière de performance énergétique, p. ex.) et en allouant des subsides, des primes et des mesures fiscales.

Cela a pour conséquence qu'il existe une grande dynamique dans l'industrie de la construction et les centres de recherche. Grâce à une bonne stratégie de marketing, ces idées novatrices (habitations kangourou, maisons passives, chaudière à gaz murale à condensation, vitrage à haut rendement, p. ex.) se taillent parfois très vite une place sur le marché.

Dans ce contexte, le CSTC apporte aussi sa contribution en soutenant le Centre pour la construction durable (CeDuBo à Heusden-Zolder) et le développement concret d'applications innovantes pour le secteur de la construction.



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)  
LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2007

La version longue de cet article reviendra de façon détaillée sur les résultats du projet LEnSE.

Étant donné que, par définition, la construction nécessite l'utilisation de matériaux, ces derniers exercent une influence considérable sur les performances techniques du bâtiment et son impact sur l'environnement et la santé des habitants. Cet article développe quelques aspects susceptibles d'aider les professionnels de la construction à opérer un choix judicieux.

✍ J. Van Dessel, ir., chef adjoint de la division 'Développement durable et Rénovation', CSTC  
K. Putzeys, ir.-arch., chef de projet, laboratoire 'Développement durable', CSTC

## 1 IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Les matériaux de construction sont responsables d'environ 15 à 18 % de l'impact environnemental total d'un bâtiment. Outre une amélioration drastique des performances énergétiques du bâtiment, il y a aussi lieu d'opérer un choix réfléchi des matériaux de construction durables. Dans ce contexte, il importe de tenir compte de trois critères importants : les performances techniques, l'influence sur l'environnement et les conséquences sur la santé. Il est en effet inutile d'utiliser un matériau de construction qui n'exerce pas d'influence nocive sur l'environnement si sa durabilité dans le temps ne peut être garantie ou s'il présente des performances techniques insuffisantes.

Il existe différentes possibilités afin de faire prendre conscience de ces aspects aux professionnels de la construction et de les aider dans le choix de leurs matériaux :

- d'une part, on relève un certain nombre d'obligations légales (réglementation)
- d'autre part, des initiatives volontaires sont développées (certification et labels).

## 2 RÉGLEMENTATION

Les prescriptions fondamentales auxquelles le produit de construction doit satisfaire avant d'être commercialisé sont déterminées dans la directive sur les produits de construction. Les produits conformes à cette dernière et qui portent le marquage CE répondent non seulement à une multitude d'exigences techniques (stabilité, résistance mécanique, p. ex.) mais aussi à certaines prescriptions en matière d'hygiène, de santé et d'environnement. Créé dans ce cadre en 2005, le CEN TC 351 a pour objectif de mettre au point des méthodes harmonisées en vue de la détermination du dégagement de substances dangereuses des matériaux de construction.



### BON À SAVOIR

Le marquage CE des portes extérieures et des fenêtres est également possible depuis peu. Plus d'informations à ce sujet sur : [www.cstc.be](http://www.cstc.be)

D'autres initiatives légales dans le domaine de la santé et de l'environnement sont :

- REACH : projet visant à dresser l'inventaire des substances dangereuses dans les produits et des éventuels risques qu'elles comportent
- la directive européenne sur les solvants et les peintures
- les normes produits fédérales et la législation régionale : celles-ci comportent une multitude de dispositions en matière d'aspects environnementaux et sanitaires.

## 3 INITIATIVES VOLONTAIRES

### 3.1 MARQUES DE CONFORMITÉ

Afin de garantir l'aptitude des matériaux de construction, il existe en Belgique deux marques de conformité :

- la marque BENOR désigne la conformité d'un produit de construction à une norme belge ou à des prescriptions techniques (PTV)
- les 'agrément techniques' (ATG) sont délivrés pour des produits (principalement innovants) pour lesquels il n'existe pas encore de normes produits et attestent de leur aptitude à l'emploi pour une application déterminée.

### 3.2 LABELS ET DÉCLARATIONS ENVIRONNEMENTALES

Il existe en outre un certain nombre de labels et de déclarations environnementales qui reçoivent aussi certains aspects sanitaires.

Les déclarations environnementales du *type I* (selon la norme ISO 14020) reposent sur des critères explicites tenant compte du cycle de vie complet du produit et font l'objet d'un contrôle indépendant. Les plus connues sont : l'Ecolabel européen, la marque de conformité FSC, le certificat PEFC, le label Nature Plus, le 'Nordic Swan' scandinave et le 'Blaue Engel' allemand.

# Critères de choix des matériaux de construction durables

Par contre, les déclarations environnementales du *type II* constituent des déclarations dites 'propres' : il s'agit de déclarations du producteur ou du distributeur qui ne sont toutefois pas contrôlées par des tiers.

Enfin, les déclarations environnementales du *type III* (les *Environmental Product Declarations* ou EPD, p. ex.) représentent des fiches d'information dans lesquelles le producteur ou le distributeur fournit des données quantitatives sur l'impact environnemental de ses produits durant l'ensemble de leur cycle de vie. Ces informations sont vérifiées par une tierce partie indépendante. Dès lors, nous souhaitons attirer l'attention sur le fait que le CEN TC 350 travaille actuellement à l'élaboration d'une norme européenne portant sur les EPD pour produits de construction et d'une norme contenant des méthodes de calcul en vue de l'appréciation de l'impact environnemental des bâtiments. A l'heure actuelle, il n'est pas encore possible de se procurer de tels EPD sur le marché belge.

## 4 CONCLUSION

L'aperçu fourni ci-dessus démontre que les informations ne manquent pas quant aux produits de construction et que l'on doit s'attendre à un afflux d'informations sur l'environnement et la santé dans les années à venir. Il est toutefois de la responsabilité de chaque partenaire à l'acte de bâtir d'en faire usage de façon efficace. ■



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2007

La version longue de cet article reviendra sur les labels environnementaux et, en particulier, sur les EPD.



### INFORMATIONS UTILES

Pour plus d'informations concernant les matériaux de construction et les labels existants, nous renvoyons aux sites Internet suivants : [www.ecolabel.be](http://www.ecolabel.be), [www.pefc.be](http://www.pefc.be), <http://info.benoratg.org>, <http://fsc.wwf.be>, [www.natureplus.org](http://www.natureplus.org), [www.inies.fr](http://www.inies.fr), <http://cig.bre.co.uk/env-profiles>

**D**ans les années '70, la crise du pétrole a lentement mais sûrement introduit l'idée d'une consommation d'énergie plus rationnelle et la recherche de sources d'énergie alternatives dans notre pays. L'une des recommandations de l'époque résidait dans l'utilisation de pompes à chaleur en tant que générateurs de chaleur alternatifs. La pompe à chaleur est toutefois repassée au second plan en raison des importants coûts d'investissement, des performances médiocres et de la diminution progressive des prix de l'énergie dans les années qui suivirent.

A l'heure actuelle, les pompes à chaleur connaissent à nouveau un succès grandissant, principalement pour les raisons suivantes :

- leur qualité et leurs performances se sont fortement améliorées, de sorte que d'importantes économies d'énergie peuvent être réalisées
- elles font usage de sources d'énergie naturelles renouvelables (le sol, l'eau, l'air) disponibles à volonté
- leur acquisition est fortement promue et subventionnée par les pouvoirs publics dans le cadre de la lutte mondiale contre l'émission de gaz à effet de serre.

C'est pourquoi les pompes à chaleur peuvent constituer une alternative intéressante au chauffage traditionnel au gaz ou au mazout.

## 1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Les pompes à chaleur soustraient de la chaleur à une source durable (le sol, l'eau, l'air) à basse température (-10 °C à 10 °C) et rejettent celle-ci à une plus haute température (25 °C à 45 °C) dans le système de chauffage auquel elles sont reliées.

Pour ce faire, elles font appel à un fluide réfrigérant qui subit un cycle thermodynamique au sein de l'appareil (évaporation et condensation), où la température et la pression jouent un rôle important. Ces processus se déroulent dans des échangeurs qui transmettent la chaleur extraite vers le système de chauffage.

Les pompes à chaleur consomment aussi une certaine quantité d'énergie électrique afin d'assurer le fonctionnement du compresseur.

*J. Schietecat, ing., chef du laboratoire 'Techniques de chauffage et de Climatisation', CSTC*  
*M. Sourbon, ir., et T. Van Reet, ing., centre de compétence STI 'IDEG' de l'IWT, Institut de Nayer*

# Pompe à chaleur : un système de chauffage durable

## 2 LA SOURCE DE CHALEUR

Plus la différence de température entre la source de chaleur et le système de chauffage au sein de l'habitation est grande, plus la consommation d'énergie de la pompe à chaleur augmentera. Il est dès lors fortement recommandé d'opter pour une source de chaleur possédant une température aussi haute que possible et de dimensionner le système de chauffage de telle sorte qu'il présente une température de fonctionnement aussi basse que possible. Les deux températures sont en effet déterminantes pour le rendement de la pompe à chaleur.

## 3 RACCORD AVEC LE SYSTÈME DE CHALEUR

La température de fonctionnement de la pompe à chaleur reliée au système de chauffage doit donc être aussi basse que possible. Bien qu'il existe des systèmes de chauffage à basse température (maximum 55 °C), cette température devrait de préférence être encore plus basse pour les pompes à chaleur (maximum 35 à 45 °C). Par conséquent, pour les installations à eau chaude, seuls des systèmes de chauffage par le sol ou par le mur, placés dans des habitations à très faibles besoins d'énergie, entrent en ligne de compte.

## 4 ECONOMIES POSSIBLES

Indépendamment de la source de chaleur choisie, une pompe à chaleur peut produire trois à six fois plus d'énergie (chaleur) que ce qu'elle n'en consomme (électricité). Cette relation s'exprime par le coefficient de performance (COP) qui peut être déterminé dans des conditions normalisées dans un laboratoire notifié.

Etant donné que cette valeur ne porte que sur

les performances de la pompe à chaleur, un coefficient de performance saisonnier (CPS) plus réaliste est généralement déterminé. Celui-ci permet d'évaluer la consommation totale en électricité de l'installation dans son ensemble (pompe à chaleur et appareillage annexe). Pour que celle-ci soit correctement conçue, la norme prEN 15450 préconise que le CPS se situe entre 3 et 4,5.

On peut comparer le CPS d'une pompe à chaleur au rendement saisonnier d'une chaudière à condensation au gaz naturel ou au mazout, à condition que la consommation en électricité soit convertie en énergie primaire (en d'autres termes, en tenant compte du rendement moyen des centrales). Etant donné que le facteur de conversion s'élève à 2,5 en Belgique, le CPS converti en énergie primaire d'une installation correctement conçue se situe donc entre 1,2 et 1,8. Cela signifie que la pompe à chaleur fournit à l'installation 120 à 180 % de l'énergie primaire consommée. En comparaison à une chaudière à condensation, par exemple, cela représente une performance énergétique nettement meilleure.



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2007

Le coût global d'une pompe à chaleur sera fonction de nombreux paramètres tels que le coût de l'installation, les frais d'entretien ou encore le coût d'utilisation directement lié à celui de l'électricité. Ces thèmes seront notamment traités dans la version longue de l'article.

## 5 LA RÉGLEMENTATION PEB

L'introduction de la réglementation sur la performance énergétique des bâtiments (PEB) procure un stimulant complémentaire à la mise en œuvre des pompes à chaleur car les excellentes performances des installations correctement conçues sont estimées à leur juste valeur. En effet, les calculs ont démontré que, dans une habitation moyenne, la consommation d'une pompe à chaleur peut donner lieu à un niveau E inférieur à celui de la chaudière à condensation possédant les meilleures performances. ■



## INFORMATIONS UTILES

Pour plus d'informations concernant l'intégration des techniques d'énergie durable dans les bâtiments, nous renvoyons au site Internet du projet STI 'IDEG' de l'IWT : [www.ideg.info](http://www.ideg.info)

**Lorsqu'un bâtiment est peu étanche à l'air, le vent n'éprouve guère de difficulté à le traverser en empruntant à sa guise les fuites et les fentes qui s'offrent à lui. En hiver, de l'air froid peut s'infiltrer directement au cœur du bâtiment causant refroidissements et courants d'air. Ainsi traversée ou contournée par l'air, l'isolation thermique ne peut plus s'opposer à la fuite des calories et perd une grande partie de son efficacité. Une isolation thermique performante ne peut donc être garantie sans une étanchéité à l'air suffisante.**

✍ *C. Delmotte, ir., chef adjoint du laboratoire 'Qualité de l'air et Ventilation', CSTC*

Les économies d'énergie ne peuvent toutefois se faire au détriment de la qualité de l'air intérieur. L'aération incontrôlée qui ne peut plus avoir lieu compte tenu de l'étanchéité à l'air du bâtiment doit donc être remplacée par une ventilation contrôlée adéquate. On forme de cette façon un trio indissociable : isolation thermique, étanchéité à l'air et ventilation contrôlée.

## 1 COMMENT AMÉLIORER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR EN PRATIQUE ?

De juin 2005 à mars 2006, nous avons eu l'occasion de suivre pas à pas la construction d'une nouvelle habitation dans laquelle l'étanchéité à l'air a fait l'objet d'une attention particulière. Nous présentons ci-dessous quelques-uns des détails qui ont permis d'obtenir des résultats très encourageants en fin de construction.

### 1.1 LE PLANCHER

Le plancher est constitué de hourdis de béton préfabriqué, d'une couche d'isolation thermique, d'une chape et de carrelage. Ce complexe est étanche à l'air mais présente de nombreux



**Fig. 1 Colmatage d'un percement du plancher avant la pose de l'isolation thermique.**

perçements qui pourraient donner lieu à des fuites d'air :

- évacuation des eaux usées
- pénétration de divers conduits (eau, électricité, mazout, ...).

Afin d'éviter les fuites, tous les percements ont été colmatés au moyen de mousse de polyuréthane expansible. Suivant les cas, cette opération a été effectuée avant la pose de l'isolation thermique ou au moment des finitions (voir figure 1).

### 1.2 LES MURS

Les maçonneries de blocs de terre cuite (ou de béton) ne présentent généralement pas une grande étanchéité à l'air. Cela est dû à la perméabilité même des blocs (ou morceaux de blocs) utilisés et au remplissage partiel de certains joints. La laine minérale et la maçonnerie de parement (qui présente quelques joints ouverts) ne peuvent elles non plus jouer le rôle d'écran étanche à l'air. Le plafonnage par contre est à même d'assurer ce rôle. Encore faut-il que toute la surface intérieure des murs soit plafonnée. Un effort particulier a donc été demandé à ce niveau.

En ce qui concerne les baies de porte et de fenêtre, il faut distinguer l'étanchéité de la porte ou de la fenêtre elle-même de l'étanchéité de la jonction avec le mur. Dans le cas présent, cette dernière a été réalisée au moyen de l'enduit de plâtre (idéalement, il aurait été préférable de réaliser la continuité de l'étanchéité à l'air au moyen d'un joint souple). Les tablettes de fenêtre posées au plâtre et terminées par un joint de silicone assurent quant à elles l'étanchéité à l'air de la partie basse des fenêtres.



**Fig. 2 Etanchéité à l'air de la toiture réalisée au moyen d'une feuille polyéthylène agrafée à la charpente.**

# L'étanchéité à l'air : complément indispensable à l'isolation thermique

### 1.3 LA TOITURE

L'étanchéité à l'air de la toiture a été réalisée au moyen d'une feuille polyéthylène agrafée à la charpente (voir figure 2). Les lés de polyéthylène ont été soigneusement joints au moyen de bandes adhésives. La feuille placée juste sous la couche d'isolation thermique (c'est-à-dire du côté chaud de l'isolant) combine les fonctions d'écran pare-vapeur et de barrière à l'air. Le point le plus délicat fut la jonction de la feuille de polyéthylène avec les murs. Deux techniques différentes ont été utilisées :

- par collage au moyen de mastic
- par interposition d'un joint de mousse compressible.

## 2 RÉSULTATS

Le taux de renouvellement d'air du bâtiment sous 50 Pa (approximativement 5 kg/m<sup>2</sup>) s'élève à 1,4 volume par heure (valeur n<sub>50</sub>), ce qui correspond à une surface de fuite équivalente de 215 cm<sup>2</sup>. A titre de comparaison, notons qu'une de nos études sur des maisons récentes de ce type fait état d'une perméabilité à l'air moyenne de 9,5 volumes par heure. Le critère adopté pour les maisons passives est quant à lui de 0,6 volume par heure au maximum.

On peut estimer que le taux d'étanchéité obtenu limite l'infiltration d'air moyenne à environ 30 m<sup>3</sup>/h. Cela permet de limiter les déperditions énergétiques, les courants d'air inconfortables et les fuites d'air humide mais implique que le bâtiment doive impérativement être pourvu d'un système de ventilation contrôlée permettant, dans ce cas précis, de délivrer un débit d'air frais de 292 m<sup>3</sup>/h. ■



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

Le lecteur intéressé trouvera sur le site Internet du CSTC des informations complémentaires concernant :

- l'analyse menée sur le chantier évoqué dans le présent article
- l'étanchéité à l'air des toitures à versants et le traitement des points singuliers
- la mesure pratique de l'étanchéité à l'air des bâtiments selon la norme NBN EN 13829.

La ventilation des maisons unifamiliales constitue une obligation légale tant en Région flamande que wallonne, ce qui va de pair avec des pertes d'énergie supplémentaires. Dans ce contexte, un système de ventilation double flux qui récupère la chaleur de l'air rejeté afin de préchauffer l'air neuf pourrait offrir une multitude d'avantages.

*P. Van den Bossche, ing., chercheur, division 'Energie et Climat', CSTC*

## 1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La ventilation d'une habitation implique que de l'air neuf soit acheminé vers les espaces habitables (salle de séjour, chambres à coucher, ...). Celui-ci atteint ensuite les pièces humides (cuisine, salle de bain, toilettes, ...) par le biais d'ouvertures de transfert, après quoi l'air humide est évacué vers l'extérieur.

Pour ce faire, le législateur autorise le recours à diverses solutions (naturelles ou mécaniques). Dans le cadre de l'une d'entre elles, il est fait usage d'un ventilateur tant pour l'acheminement de l'air neuf que pour l'évacuation de l'air vicié. Cette solution est appelée système D.

En outre, l'évacuation de l'air vicié entraîne une perte considérable de chaleur/énergie précieuse durant la saison froide.

Celle-ci est toutefois récupérable par le biais des 'récupérateurs de chaleur' qui permettent à l'air vicié de transmettre de la chaleur à l'air neuf via un échangeur de chaleur.

## 2 CHOIX DU RÉCUPÉRATEUR DE CHALEUR

Le bon fonctionnement d'un système de ventilation double flux avec récupération de la chaleur dépend en grande partie du récupérateur de chaleur utilisé.

Lors du choix du système, il importe de tenir compte des aspects suivants :

- les ventilateurs doivent être capables de livrer le débit souhaité, compte tenu des pertes de charge dans les conduits d'air. Leur consommation d'énergie doit en outre rester limitée
- l'échangeur de chaleur doit présenter un bon rendement (à savoir la proportion dans laquelle la chaleur est récupérée). Celui-ci est déterminé conformément à la norme NBN EN 308

# Ventilation avec récupérateur de chaleur dans les habitations

- il est très important que la quantité d'air acheminé et d'air rejeté soit équivalente. A cet effet, une mesure du débit peut être réalisée lors de la réception
- l'installation ne peut pas entraîner de gêne auditive
- en été, la récupération de la chaleur doit pouvoir être stoppée au moyen d'un *by-pass*.

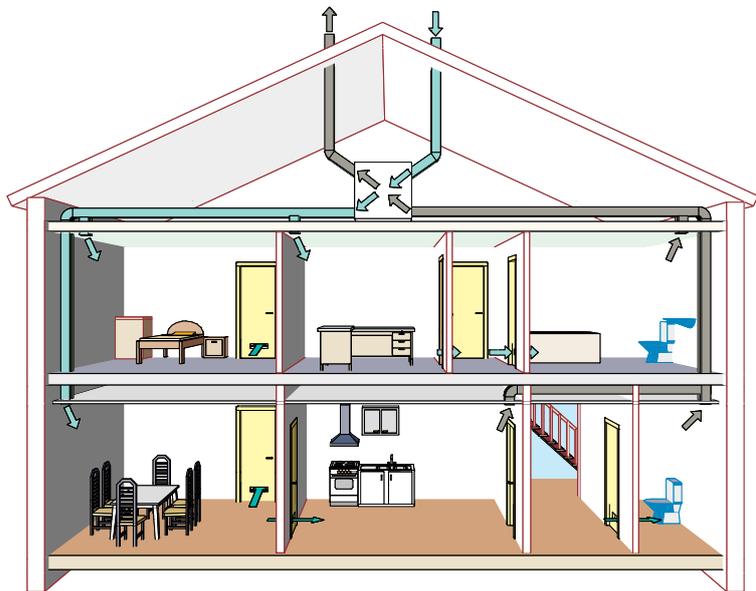
Dans un système de ventilation, il y a lieu d'isoler thermiquement les conduits d'air aux endroits où il existe d'importantes différences de température avec l'environnement.

Il importe encore d'accorder suffisamment d'attention à la mise en service correcte, à la livraison et à l'entretien de l'installation ainsi qu'à l'instruction des utilisateurs.

## 3 PERFORMANCES DU RÉCUPÉRATEUR DE CHALEUR

Etant donné que la mise en place de récupérateurs de chaleur nécessite un investissement relativement important, il n'est pas surprenant qu'ils doivent répondre à de grands espoirs (climat intérieur agréable, haut rendement, faibles coûts de consommation, absence de gêne auditive, ...) et à une multitude de conditions de qualité. Dès lors, une bonne installation dotée d'un récupérateur de chaleur devrait pouvoir réduire de manière significative le niveau E global du bâtiment.

Soulignons qu'un soutien financier peut être obtenu par divers canaux (les gestionnaires de réseau wallons, p. ex.) pour la mise en œuvre de tels appareils. ■



Représentation schématique du principe de fonctionnement.



### INFORMATIONS UTILES

Pour plus d'informations concernant l'intégration des techniques énergétiques durables dans les bâtiments, nous renvoyons au site Internet du projet TIS de l'IWT 'IDEG' : [www.ideg.info](http://www.ideg.info)



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2007

La version longue de cet article décrira étape par étape comment intégrer de manière optimale un récupérateur de chaleur dans le dispositif de ventilation d'une habitation.

**M**algré le fait que, chaque année, notre pays enregistre une importante quantité de précipitations, il est primordial de gérer cette ressource de façon durable. La densité de la population et notre consommation d'eau déraisonnable ont en effet pour conséquence de faire diminuer à vue d'œil le niveau de certaines nappes aquifères. Le présent article développe quelques techniques susceptibles d'être utilisées afin de contenir un tant soit peu la consommation d'eau.

✍ *K. De Cuyper, ir., chef de la division 'Equipements techniques et Automatisation', CSTC*

## 1 MISE EN PLACE DE SYSTÈMES ÉCONOMISEURS D'EAU

À l'heure actuelle, chacun sait que l'utilisation de systèmes de rinçage des cuvettes de WC économes dotés de deux volumes distincts, de douchettes économes, de robinets avec limiteurs de débit et de robinets à commande électronique ou d'urinoirs sans eau dans les espaces publics peut entraîner une importante diminution de la consommation d'eau (voir tableau 1).

Par contre, on ignore bien souvent que l'utilisation de robinets monocommande et thermostatiques peut aussi donner lieu à des économies non négligeables. Dans les deux cas, on atteint plus rapidement la température souhaitée lorsqu'on prélève de l'eau chaude qu'avec un mélangeur classique à deux têtes, de sorte que la quantité d'eau non utilisée est plus réduite.

## 2 UTILISATION D'EAU DE MOINS BONNE QUALITÉ

La consommation d'eau potable peut être fortement limitée par l'emploi, pour certaines applications, d'eau de moins bonne qualité telle que l'eau de pluie ou des eaux usées épurées. En Allemagne, divers hôtels utilisent

par exemple les eaux usées des salles de bain (eaux usées grises) après épuration pour le rinçage des toilettes.

En Flandre, une multitude d'applications exigent l'utilisation des eaux pluviales récoltées, ce qui, outre une diminution de la consommation en eau potable, exerce aussi une influence positive sur la fréquence d'inondation dans la partie aval de certains réseaux d'égouts.

Une autre exigence consiste à renvoyer dans le sol des eaux pluviales récoltées par des surfaces imperméables (toitures, parkings, ...) et ce, dans le cas de nouveaux bâtiments et de rénovations. Les eaux pluviales sont ainsi acheminées dans le sol et peuvent y servir d'alimentation pour les nappes aquifères en baisse de régime.

## 3 MEILLEURE UTILISATION DES INSTALLATIONS SANITAIRES

Au niveau de la production d'eau chaude sanitaire, on peut également engendrer des économies d'énergie et une émission limitée de CO<sub>2</sub>. Dans ce contexte, l'utilisation d'un chauffe-eau solaire, pour laquelle on peut d'ailleurs souvent bénéficier d'une prime, est suffisamment connue.

Toutefois, on oublie que l'emploi d'une pompe à chaleur peut aussi améliorer le caractère durable de l'installation (voir p. 6). Aux Pays-Bas, on déclare obtenir des coefficients de performance élevés en préparant l'eau chaude à l'aide de pompes à chaleur utilisant l'eau en provenance des douches comme source de chaleur.

Il existe cependant encore une multitude d'autres interventions (parfois plus simples)

# Gestion durable de l'eau



**Biocontacteur pour l'épuration individuelle de l'eau.**

permettant d'économiser l'eau et l'énergie. En plaçant l'appareil de production d'eau chaude près des points de puisage, il est possible de raccourcir les conduits d'eau chaude, de sorte que la quantité d'eau chaude susceptible de se refroidir entre deux puisages soit limitée.

## 4 EPURATION INDIVIDUELLE DES EAUX USÉES

La qualité des eaux usées des bâtiments situés dans des zones ne bénéficiant pas d'égouts publics ou non raccordés à une installation d'épuration ne peut pas davantage être négligée. Étant donné qu'il a été décidé, au niveau européen, que l'ensemble de l'eau de surface doit être de bonne qualité d'ici à 2015, il importe aussi d'avoir recours, pour l'épuration individuelle, à des appareils performants (voir figure) qui utilisent les mêmes processus que les grandes installations d'épuration.

## 5 CONCLUSION

Il ressort de ce qui précède qu'il existe de nombreuses technologies susceptibles de donner lieu à une utilisation plus durable de l'eau. Il revient maintenant aux professionnels de la construction d'en faire usage de manière réfléchie. ■

**Tableau 1 Techniques d'économie d'eau et leur résultat.**

Techniques	Résultat (*)	Critère de comparaison
Système de rinçage des toilettes avec 6 ou 3 l	6	Par rapport à un système de rinçage des toilettes avec 9 l
Système de rinçage des toilettes avec 4 ou 2,5 l	7,7	Par rapport à un système de rinçage des toilettes avec 9 l
Robinet monocommande	0,6	Par rapport à un robinet classique
Robinet thermostatique pour douche	1	Par rapport à un robinet classique
Robinet monocommande avec limiteur de débit	3	Par rapport à un robinet classique

(\*) Il s'agit ici de l'économie annuelle pouvant être réalisée par une personne, exprimée en m<sup>3</sup>/an.



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2007

Les techniques d'économie d'eau abordées ici seront étudiées de façon détaillée dans la version longue de cet article qui sera disponible sur notre site Internet.

# Mieux gérer les déchets de construction et de démolition

Chaque année, plus de 10 millions de tonnes de déchets de construction et de démolition sont générées en Belgique. Ces déchets constituent un problème grandissant au sein de la société actuelle. Afin d'y remédier, on peut recourir à la prévention des déchets, à la réutilisation des matériaux et au recyclage. Cet article porte sur deux développements concrets dans ce domaine.

J. Vrijders, ir., chercheur, laboratoire 'Développement durable', CSTC

## 1 INVENTAIRE DES AGENTS CONTAMINANTS DANS LES BÂTIMENTS À DÉMOLIR

La plupart des ouvrages de construction contiennent des substances qui peuvent se révéler nocives pour l'homme et l'environnement. Ainsi, certains anciens bâtiments ont été édifiés à l'aide de matériaux dont nous savons aujourd'hui qu'ils sont nocifs (amiante, métaux lourds, ..., p. ex.), tandis que d'autres ont été contaminés par des substances provenant de l'environnement (huiles minérales, p. ex.).

En vue d'un recyclage optimal lors de la démolition de tels bâtiments, il importe de séparer les matériaux nocifs de la fraction inerte réutilisable (démolition sélective). A cet effet, il est essentiel de savoir, avant le début des travaux de démolition, où se situent exactement les substances nocives dans le bâtiment.

Afin de faciliter cette identification, une méthode de recensement des agents contaminants dans les bâtiments à démolir a été développée dans le cadre du projet européen IRMA (<http://projweb.niras.dk/irma>).

Cette méthode comporte les étapes suivantes :

- une liste des agents contaminants auxquels on risque d'être confronté est élaborée sur la base d'une étude historique (plans, permis, utilisateurs précédents)
- une visite sur chantier est ensuite réali-

### Pollution de matériaux pierreux par dépôt de suie.



sée afin de confirmer ces soupçons et afin de constater *in situ* la présence éventuelle d'autres substances nocives

- si cette inspection visuelle ne fournit pas de réponse définitive quant au degré de gravité de la situation, on aura recours au prélèvement d'échantillons et à des analyses en laboratoire
- un plan de démolition sélective est mis au point sur la base des résultats obtenus.

Cette méthode permet de limiter la quantité de déchets de démolition nocifs présentée au centre de recyclage ainsi que les coûts élevés liés à la mise en décharge de déchets dangereux.

## 2 UN MEILLEUR RECYCLAGE DES MATÉRIEAUX PLASTIQUES

Bien qu'ils ne représentent qu'une fraction d'environ 1 % (en poids) de la quantité totale de déchets de construction et de démolition, les déchets plastiques prennent une place considérable dans les conteneurs à déchets. Par conséquent, le prix qui en découle n'est pas négligeable.

Il n'est dès lors pas surprenant que de nouveaux systèmes de collecte tels que le *Clean Site System*, qui permet une élimination facile

### Carcoke Zeebrugge : un des sites les plus pollués de Flandre.



et économique du plastique, connaissent un succès grandissant en Belgique.

Une meilleure gestion des déchets plastiques est également à l'étude au niveau européen. Créé dans le cadre du programme LIFE, le projet APPRICOD ([www.appricod.org](http://www.appricod.org)) envisage ainsi l'optimisation de la collecte sélective des déchets plastiques dans le secteur de la construction et la diffusion d'exemples de bonne pratique dans ce domaine. Cette démarche s'opère dans divers pays par le biais de projets-pilotes (la restauration de l'Atomium, p. ex.) lors desquels des scénarios de collecte de déchets plastiques sont testés sur chantier.

Ces projets-pilotes ont démontré que :

- des conteneurs supplémentaires sur chantier engendrent un surcoût considérable mais que, par contre, les frais de transport diminuent
- le tri et la séparation des différents plastiques sont plus faciles sur chantier, mais les connaissances spécifiques nécessaires pour ce faire font souvent défaut
- les pouvoirs publics peuvent jouer un rôle important dans la stimulation du recyclage des déchets plastiques.

Résultat concret du projet APPRICOD, la boîte à outils 'Waste management on the building site' contient notamment une brochure explicative et des fiches pratiques qui peuvent être utilisées dans le cadre d'actions de sensibilisation durant des réunions de chantier. ■



### INFORMATIONS UTILES

Cet article a été élaboré dans le cadre des activités de la Guidance technologique 'Integraal afvalbeheer en recycling voor de bouw', avec le soutien financier de l'IWT.



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2007

Les sujets évoqués ici seront développés de manière plus détaillée dans deux cahiers qui seront disponibles sur notre site Internet.

# Construction industrielle flexible et démontable

**Le concept de construction industrielle flexible et démontable (IFD) vise une approche intégrée de l'acte de bâtir. Dans ce contexte, la collaboration entre les différentes parties impliquées dans le processus de construction est essentielle.**

✍ *S. Danschutter, ir.-arch., chercheur, laboratoire 'Développement durable', CSTC*  
*J. Van Dessel, ir., chef adjoint de la division 'Développement durable et Rénovation', CSTC*

Le thème de la 'construction IFD' rencontre un succès grandissant ces dernières années et cadre parfaitement avec le concept de développement durable. Les bâtiments IFD peuvent être adaptés sans problème aux nouveaux besoins de leurs utilisateurs voire même – dans le cas qui nous concerne – à un changement total de fonction. Ceci comporte non seulement une influence positive sur l'exploitation des espaces mais aussi sur la problématique des déchets.

La rénovation des immeubles à appartements constitue l'un des domaines dans lequel l'application du concept de 'construction IFD' pourrait offrir une multitude d'avantages. En effet, dans les immeubles à appartements

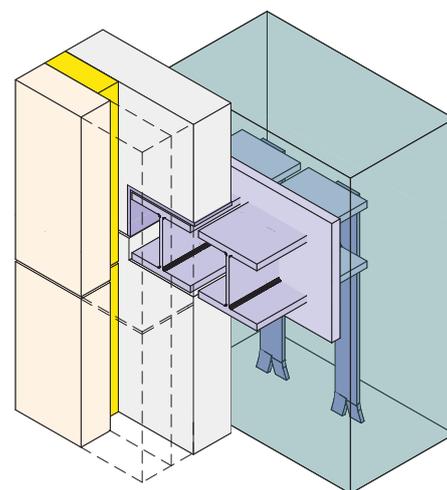
traditionnels qui requièrent une modification de la répartition des locaux, des installations techniques ou du revêtement de façade, force est de constater que les travaux de rénovation sont souvent différés à un point tel qu'une approche globale s'avère finalement nécessaire. L'ensemble de l'enveloppe du bâtiment doit alors être démontée et les coûts peuvent s'élever considérablement. De plus, la structure portante ne permet généralement que peu d'adaptations, de sorte que les qualités du projet rénové restent limitées. Les complexes de bureaux et les établissements de soins (hôpitaux, p. ex.) représentent d'autres types de bâtiments pour lesquels cette adaptabilité continue peut offrir une multitude de perspectives.

Afin d'augmenter la durée de vie d'un bâtiment, il est essentiel de définir, dès la phase de conception, comment on compte intégrer la flexibilité souhaitée, à quel point celle-ci peut être lourde de conséquences (compte tenu du budget disponible) et dans quelle phase il convient précisément de la mettre à profit.

Le tableau 1 fournit un aperçu d'un certain nombre de recommandations permettant d'augmenter l'adaptabilité d'un projet aux souhaits de l'utilisateur. Il y a lieu d'examiner quel critère est prioritaire et doit être retenu selon les conditions propres au projet.

La figure 1 illustre un schéma pour lequel des mesures permettant d'éventuelles adaptations du bâtiment ont été prises dès la conception. Des colonnes ont notamment été pourvues de consoles afin de permettre l'élimination et le remplacement de certains éléments de façade sandwich. ■

**Fig. 1 Schéma de principe d'une console pour éléments de façade.**



**Tableau 1 Aspects permettant d'augmenter l'adaptabilité d'un projet aux souhaits de l'utilisateur.**

Aspects urbanistiques
Il est conseillé d'opter pour une surface de terrain permettant des extensions éventuelles
Il importe de contrôler si les prescriptions urbanistiques permettent des extensions horizontales et/ou verticales
Structure portante
Il y a lieu de faire en sorte que les éléments possédant une durée de vie différente puissent être séparés de la structure
Des portées importantes offrent une plus grande liberté de répartition
Un surdimensionnement de la hauteur d'étage élargit l'adaptabilité
Il est recommandé de surdimensionner la capacité portante afin de rendre une extension verticale possible
Enveloppe du bâtiment
Les baies de façade et les finitions seront de préférence adaptables
L'enveloppe du bâtiment ne peut pas mettre le degré d'extension en péril
Installations techniques
Il convient de décider au préalable si on va séparer les installations techniques de la structure portante ou si on va l'y intégrer
Les installations techniques doivent être dimensionnées de sorte à pouvoir être adaptées à une éventuelle extension du bâtiment
Le réglage des installations électriques doit pouvoir être adapté à la division du bâtiment
Il est recommandé d'utiliser des jonctions standards
Finition intérieure
La finition intérieure doit être adaptable
Présence de planchers surélevés ou de faux plafonds



## INFORMATIONS UTILES

Pour plus d'informations sur le thème de la 'construction IFD', rendez-vous sur le site Internet [www.ifdbouwen.be](http://www.ifdbouwen.be).



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2007

En complément à cet article, deux nouveaux cahiers seront consultables sur notre site Internet :

- une première contribution avec pour thème la 'conception tournée vers le futur' décrira comment le concept IFD peut être intégré dès la conception
- la seconde publication se concentrera sur les aspects de sécurité qu'il convient de prendre en compte lors de la réalisation de travaux de construction à partir d'éléments préfabriqués.

# Rénovation durable bien pensée

La rénovation et la réhabilitation représente une part de plus en plus importante des activités de construction. C'est ce qui ressort du fait que, selon les données de l'Institut national de statistiques, le nombre de permis de bâtir accordés en 2005 pour des rénovations était quasiment identique à celui délivré pour de nouvelles habitations. De plus, ces chiffres tiennent uniquement compte des travaux de rénovation réalisés par des professionnels de la construction, de sorte que leur apport réel est peut être encore plus important. Dans cette optique, cet article introductif fournit quelques recommandations afin d'obtenir un projet de rénovation durable.

✍ J. Jacobs, ir., chef de projet, laboratoire 'Technologie du béton', CSTC  
A. Pien, ir., chef du laboratoire 'Rénovation', CSTC  
Y. Vanhellemont, ir., chef de projet, laboratoire 'Rénovation', CSTC  
L. Vandaele, ir., chef de la division 'Energie et Climat', CSTC

Le succès actuel de la rénovation et de la réhabilitation peut être attribué à une multitude de facteurs :

- la pénurie des terrains à bâtir
- de nombreux bâtiments sont inoccupés
- différentes mesures sont prises afin de rendre l'habitation dans des zones urbanisées plus attrayante
- les efforts et les coûts peuvent être étalés sur plusieurs années durant lesquelles le bâtiment reste utilisable.

## 1 RÉNOVATION : UNE ACTIVITÉ DE CONSTRUCTION DURABLE

La rénovation et la réhabilitation peuvent à juste titre être considérées comme une forme de construction durable. Une utilisation maximale des constructions existantes, une limitation de

**Fig. 2 Exemple de rénovation durable d'un immeuble à appartements.**



**Fig. 1 La durabilité d'un nettoyage de façade dépend de la technique de nettoyage choisie.**

la quantité de déchets et un usage restreint de nouveaux matériaux sont ainsi possible.

En outre, la rénovation de l'enveloppe du bâtiment (toiture, murs, fenêtres, ...) va souvent de paire avec une amélioration drastique de l'isolation thermique existante, de sorte à faire diminuer les besoins en énergie. Le renouvellement des installations peut aussi entraîner une diminution sensible de la consommation en énergie. Les besoins calorifiques d'anciens bâtiments tournent dès lors en moyenne autour de 300 à 400 kWh/m<sup>2</sup> par an, tandis que ceux des maisons à faible consommation en énergie s'élèvent à plus ou moins 30 kWh/m<sup>2</sup> par an. Bien qu'il ne soit généralement pas possible de placer la barre aussi haut lors de la rénovation d'un bâtiment existant, ces chiffres démontrent pourtant qu'il existe un grand potentiel d'amélioration.

De plus, une multitude d'améliorations peuvent être réalisées dans le domaine du confort thermique, de l'acoustique, de la lumière, de la lutte contre la moisissure et les insectes, ..., ce qui exerce aussi une influence positive sur la santé des habitants et sur la qualité de vie au sein du bâtiment.

L'approche fondamentale des problèmes d'humidité profite à son tour à la qualité hygrothermique, la santé et la durée de vie de l'habitation.

Une rénovation peut également comporter certains avantages pour les personnes à mobilité

réduite et les personnes âgées. L'habitation peut ainsi être rendue plus accessible et adaptée à leurs (nouveaux) besoins.

De plus, une meilleure protection de l'enveloppe du bâtiment permet une diminution sensible de la fréquence d'entretien.

Enfin, la rénovation de bâtiments (en particulier dans des quartiers urbanisés et détériorés) peut contribuer de manière significative à une meilleure conservation de l'héritage culturel (protégé ou non).

## 2 QUELQUES REMARQUES

Bien qu'il ressorte de ce qui précède que la rénovation et la réhabilitation peuvent (en théorie) offrir une multitude d'avantages, quelques remarques s'imposent.

Quelle que soit l'importance des travaux réalisés, la rénovation ne permet pas toujours d'atteindre les performances d'une construction neuve conçue de manière durable. Il faut généralement en chercher la cause dans une série de conditions de nature technique, administrative et culturelle qui sont difficilement contrôlables ou influençables :

- lors de la rénovation d'une construction existante, un certain nombre de caractéristiques et de problèmes typiques auxquels on ne peut bien souvent rien changer sont présents dès le départ

A

## EXEMPLE D'UNE APPROCHE INTÉGRALE

La mise en œuvre d'une cloison de doublage peut constituer une solution parfaitement valable si l'on souhaite rapidement faire usage d'un espace intérieur dont la maçonnerie est dégradée par l'humidité ascensionnelle et les sels hygroscopiques.

Le cas échéant, il y a lieu de satisfaire à quelques conditions importantes :

- en vue du séchage de la maçonnerie intérieure, l'humidité qu'elle renferme doit toujours pouvoir être évacuée vers l'extérieur. En d'autres termes, il doit rester possible d'injecter le bâtiment depuis l'extérieur
- la maçonnerie doit présenter une résistance aux sels et au gel
- l'isolation extérieure éventuelle ne peut être placée qu'après l'injection de la maçonnerie contre l'humidité ascensionnelle.

- les prescriptions urbanistiques ou la protection culturelle du bâtiment peuvent rendre difficile l'obtention d'une rénovation performante d'un point de vue technique.

Malgré ces limitations, toute une série d'améliorations substantielles sont cependant possibles.

### 3 INTÉRÊT D'UNE APPROCHE INTÉGRALE

Il existe toutefois encore une multitude d'autres raisons pour lesquels la durabilité des transformations ou des rénovations laisse à désirer. Ainsi, on ne définit pas toujours les bonnes priorités et il n'est pas rare que l'on donne la préférence à une intervention esthétique, alors que le besoin de traitements de protection ou de consolidation afin de ralentir le dépérissement du bâtiment et d'augmenter sa durée de vie est beaucoup plus grand.

Il convient en outre de tenir compte de l'influence (souvent inattendue) de l'intervention planifiée sur le vieillissement de la construction existante. Une isolation mal placée dans un ancien bâtiment peut dès lors donner lieu à l'apparition de condensation interne ou superficielle.

La stabilité, la température, l'humidité, la circulation de l'air, l'acoustique, la durabilité des matériaux, ... constituent en effet des aspects

**Fig. 3 Une rénovation correcte de l'enduit va de pair avec la résolution d'éventuels problèmes d'humidité.**



indissociables et exigent par conséquent une approche intégrale.

Une approche intégrale d'une rénovation ne signifie cependant nullement que sa mise en œuvre doit être effectuée en une seule fois. Les travaux de rénovation peuvent sans problème se dérouler en plusieurs phases, pour autant que l'on n'opère que des choix réfléchis afin de garantir que les travaux exécutés précédemment n'ont pas été réalisés en vain et que les interventions de rénovation sont compatibles entre elles (voir ⇒ A).

### 4 INTÉRÊT D'UNE ÉTUDE PRÉALABLE

Dans ce contexte, le terme d'étude préalable peut porter tant sur une appréciation visuelle judicieuse, éventuellement complétée d'un certain nombre de techniques de diagnostic appropriées, que sur une étude approfondie de l'état du bâtiment, pour laquelle il est fait appel à un expert ou un bureau d'études.

Il va de soi que la compétence du restaurateur doit dépasser la simple mise en œuvre correcte de ses matériaux. Il doit également savoir pourquoi certains matériaux présentent des problèmes et comment la construction va réagir aux travaux de rénovation planifiés. Les conseils d'un spécialiste lors de l'appréciation de l'état d'origine et de l'évaluation des conséquences de la solution choisie ne constituent dès lors pas un luxe superflu.

Ceci vaut surtout au cas où la stabilité de la construction pourrait être compromise. En effet, il n'est pas rare d'être confronté à des phénomènes invisibles à l'œil nu (carbonatation dans des constructions en béton, p. ex.) et souvent négligés mais qui peuvent, à court terme, avoir de graves conséquences.

### 5 ORGANISATION D'UN PROJET DE RÉNOVATION

Afin d'obtenir un projet de rénovation avec un minimum de moyens financiers mais avec un maximum d'effets, il importe de veiller à une

B

## ELABORATION D'UNE HIÉRARCHIE

Il ne sert quasiment à rien d'enduire la paroi intérieure d'un bâtiment s'il est évident que la façade est confrontée à un problème d'infiltration liée aux pluies.

Dans ce cas, le traitement adéquat du mur (p. ex. réfection + hydrofugation, pose d'un bardage) est à envisager en priorité.

bonne organisation. C'est pourquoi il y a lieu de se poser d'importantes questions :

- *Que désire-t-on obtenir ?*

Il est important, lors de la planification de la rénovation, de tenir suffisamment compte des besoins futurs du bâtiment. A terme, si l'on désire par exemple mettre en œuvre un chauffage par le sol, il y a lieu de prendre un certain nombre de dispositions dès avant le début des travaux.

- *Quelle est la situation actuelle ?*

Cette information ne peut être obtenue que via une enquête préalable approfondie.

- *Quelle est la faisabilité du projet ?*

Il convient de vérifier s'il est possible, dans l'état actuel du bâtiment, de répondre à toutes les exigences.

- *Quel est le schéma de travail le plus pratique ?*

L'ordre des travaux doit être tel que les différentes interventions de rénovation puissent se succéder sans problème. Dès lors, il y a lieu d'établir une hiérarchie en suivant l'ordre des travaux et des considérations financières peuvent aussi jouer un rôle. En effet, il importe de réaliser en premier lieu les interventions qui produisent les meilleurs résultats à court terme (voir ⇒ B).

### 6 CONCLUSION

Une rénovation ne se révèlera durable que si elle fait l'objet d'une approche intégrale. Si l'on sait exactement ce que l'on désire obtenir et qu'on élabore pour ce faire un schéma de travail réfléchi, il est en effet possible d'atteindre, avec un minimum de moyens et de matériaux, une rénovation optimale et facile d'entretien. ■



[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2007

La version longue de cet article, ainsi que d'autres articles à venir, s'intéresseront de façon plus détaillée aux aspects techniques nécessaires afin d'obtenir une rénovation durable : éléments constructifs, installations techniques, exemples pratiques.

**Au cours des quinze dernières années, une avancée significative a été réalisée en matière d'accessibilité des bâtiments. Dans la pratique, force est cependant de constater que, même dans les constructions neuves, l'amélioration de l'accessibilité est encore trop souvent négligée.**

✍ *I. Lechat, ir., chercheur, laboratoire 'Développement durable', CSTC*  
*S. Danschutter, ir.-arch., chercheur, laboratoire 'Développement durable', CSTC*  
*M. Jamouille, ir.-arch., chercheur, laboratoire 'Développement durable', CSTC*

## 1 DÉTAILS DES SEUILS DE PORTE

Dans certains cas, l'amélioration de l'accessibilité nécessite de reconsidérer les règles de conception. Toutefois, les prescriptions techniques de base sont parfois difficilement conciliables avec les exigences d'accessibilité. Le CSTC tente notamment de répondre à cette problématique par le biais d'un projet de Stimulation thématique à l'innovation (STI).

Les menuiseries extérieures permettant un accès aisé ne se bornent pas à la mise en œuvre d'une large porte et à la suppression du seuil à l'entrée du bâtiment. D'autres considérations techniques telles que la stabilité, le confort, l'acoustique, l'étanchéité à l'eau et à l'air, la résistance au feu et à l'effraction, ... entrent aussi en ligne de compte.

Pour répondre au principe d'accessibilité intégrale, les menuiseries extérieures doivent remplir trois conditions :

- l'entrée doit être facile d'accès
- la menuiserie doit être facilement maniable
- la hauteur du seuil à l'entrée principale du bâtiment ne doit pas excéder 20 mm.

Dans la pratique, la limitation du seuil à 20 mm n'est pas toujours facile à réaliser. En effet, lorsque l'on rabaisse simplement le seuil, d'importantes infiltrations d'eau peuvent être provoquées :

- via le creux du mur
- via le dessous de la porte
- par contournement de la membrane d'étanchéité (d'un balcon, p. ex.).

Différentes dispositions peuvent être prises afin de remédier à cette situation. Leur efficacité dépend de la fois des circonstances dans lesquelles la menuiserie a été mise en œuvre (ville, campagne, hauteur au-dessus du niveau du sol, ...) et de l'exécution correcte du raccordement avec les différents éléments du gros œuvre (seuil, étanchéité à l'eau et maçonnerie) :

- orientation de la façade et de la porte d'en-

trée. On évitera de préférence les portes d'entrée orientées vers le sud-ouest

- mise en place d'un auvent au-dessus de la porte d'entrée
- pose d'une grille d'évacuation ou d'un matériau de drainage doté d'un tuyau d'évacuation devant la porte
- profilage du seuil
- conception et exécution adaptée de la menuiserie extérieure.

## 2 SÉCURITÉ

L'accessibilité contribue aussi à un mode de vie plus sécurisant et plus agréable. Elle permet d'éviter certains accidents tout en permettant à un plus grand nombre de personnes d'accéder aux infrastructures. Ce constat a d'ailleurs fait l'objet d'un article paru dans une précédente édition de CSTC-Contact.

## 3 ACCESSIBILITÉ ET ÉVACUATION

L'évacuation est assurément le parent pauvre de la chaîne de l'accessibilité. Elle n'en constitue pas moins le maillon le plus vital en terme de sécurité. En cas d'incendie par exemple, le temps nécessaire à l'évacuation est déterminant. Il dépend notamment de deux variables :

- la structure du bâtiment/la complexité du cheminement
- l'autonomie des occupants.

Pour assurer une évacuation plus rapide en cas d'incendie, le concepteur et le gestionnaire de bâtiment peuvent faire appel à une série

# Accessibilité et évacuation

d'équipements compatibles à des besoins spécifiques. Les alarmes sonores pour les personnes malvoyantes et les lumières clignotantes pour les personnes malentendantes constituent autant de solutions innovantes disponibles sur le marché. La prévision de chambres d'attente ou de balcons d'évacuation d'urgence constitue une autre solution plutôt conceptuelle.

On peut donc en déduire que la prise en compte de l'accessibilité combinée à la mise en place de stratégies d'évacuation dès la phase initiale de conception sont essentielles et peuvent même s'avérer économiquement avantageuses.

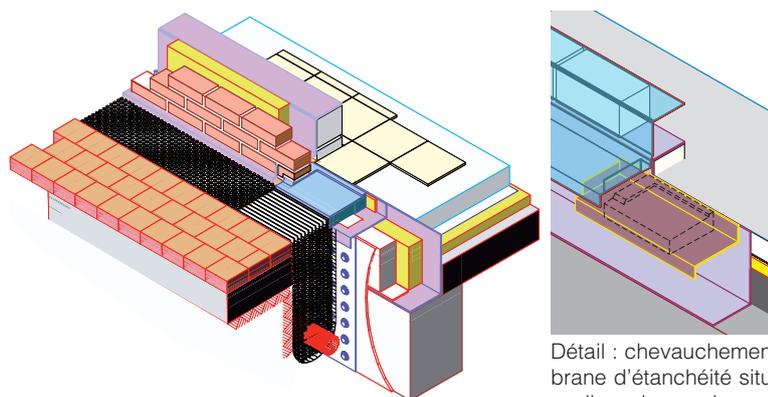
## 4 POLITIQUE

La mise en place d'instruments (sensibilisation, formation, normalisation, plan d'action, ...) dépassant le cadre réglementaire et législatif peut également constituer une démarche intéressante afin de favoriser le développement d'espaces plus accessibles. C'est en tout cas ce qu'il ressort de l'étude européenne POLIS, dont les résultats ont été publiés dans CSTC-Contact n° 3/2006. ■

 [www.cstc.be](http://www.cstc.be)  
 LES DOSSIERS DU CSTC N° 1/2007

Deux nouveaux cahiers, respectivement dédiés aux solutions permettant de garantir l'accessibilité des menuiseries extérieures et à la mise en place de stratégies d'évacuation, seront disponibles sur notre site Internet.

### Détail de conception au droit d'un seuil de porte rabaisé (exemple).



Détail : chevauchement de la membrane d'étanchéité située sous le seuil par la membrane de drainage

**L**e cambriolage est une réalité à laquelle de nombreux Belges sont confrontés. Bien qu'ils aient une appréhension réelle envers ce type de délit et ses conséquences, peu équiper leur domicile de systèmes de sécurité avant d'avoir été effectivement cambriolés. Souvent par méconnaissance des possibilités offertes par les fabricants ...

✂ V. Detremmerie, ir., G. Dekens, lic., et E. Kinnaert, ing., chercheurs au laboratoire 'Éléments de toiture et de façade', CSTC

Les statistiques de la police fédérale révèlent qu'il survient en moyenne une tentative de cambriolage toutes les 7 à 8 minutes. Celle-ci ne dure en général pas plus de 5 minutes, délai au-delà duquel le cambrioleur abandonne son plan d'attaque pour choisir une autre habitation. Cette situation a dès lors encouragé le développement de mesures et de systèmes plus ou moins complexes, afin de retarder l'effraction et de protéger ainsi les bâtiments contre l'intrusion.

Les mesures préventives contre l'effraction sont essentiellement de trois types : organisationnelles, mécaniques et électroniques.

### LES MESURES ORGANISATIONNELLES

Première étape d'un bon plan de protection, ces mesures simples et peu coûteuses sont basées sur des règles élémentaires de bon sens : augmenter la visibilité du bâtiment, ne pas donner de signes visibles d'absence, enregistrer et répertorier les objets de valeur, ...

### LES MESURES MÉCANIQUES

Le plus souvent, c'est la faible résistance d'une porte ou d'une fenêtre qui permet au cambrioleur de s'introduire dans un bâtiment. Selon le niveau de protection souhaité, différentes solutions sont dès lors proposées en vue de renforcer et de protéger mécaniquement les éléments de façade menuisés contre l'effraction. Ainsi :

- pour les portes : serrure multipoint à pénes dormants renforcés d'une longueur de 20 mm minimum, gâche retardatrice d'effraction, cylindre de sécurité, rosace ou plaque de sécurité assurant la protection du cylindre, goujon antidégondage, ...
- pour les fenêtres : ergot à gorge et gâche en acier galvanisé, poignée verrouillable à bouton ou à clé (figure 1) avec protection

# Comment protéger nos bâtiments contre le vol ?

Fig. 1 Poignée à clé.



antiforage du boîtier, vitrage retardateur d'effraction, ...

La mise en œuvre de chaque composant de l'élément menuisé et la pose de ce dernier dans le gros œuvre sont essentiels. Ainsi :

- aucun élément de quincaillerie visible ne doit pouvoir être démonté de l'extérieur
- il y a lieu de limiter à 2 mm le dépassement du cylindre hors du plan de la garniture de sécurité afin d'empêcher son extraction
- lors du placement, on s'assurera de la bonne qualité du gros œuvre et du système de fixation utilisé, ...

Divers fabricants proposent également des dispositifs permettant de sécuriser les autres éléments de façade menuisés, comme les fenêtres de toit, les volets roulants, les portes de garage, les soupiraux, les coupoles, les vérandas, ...

Dans le cadre d'une recherche prénormative reposant sur les projets de normes européen-

nes prEN 1627 à 1630, le CSTC évalue les performances d'éléments de façade menuisés retardateurs d'effraction. Sur la base de cette recherche et des conclusions du projet STI 'Protection contre l'effraction', des recommandations relatives à la composition de ces éléments et à leur mise en œuvre ont été établies par type d'élément, par type de matériau et par classe de résistance à l'effraction visée.

### LES MESURES ÉLECTRONIQUES

Elles complètent les deux mesures précédentes et regroupent les systèmes d'alarme qui ne fonctionnent qu'en cas d'effraction effective et les systèmes intégrés de protection contre l'effraction. Ces derniers consistent à incorporer des systèmes électroniques de détection périmétrique au niveau des composants mécaniques des éléments de façade menuisés extérieurs retardateurs d'effraction. Ces systèmes intégrés permettent de détecter une tentative d'effraction avant la perte complète de résistance mécanique de l'élément attaqué.

Il s'agit, par exemple, de contacts magnétiques intégrés à la quincaillerie, de vitrages avec système intégré de détection de bris de verre, ... Parmi les mesures électroniques, notons également l'existence de la serrurerie motorisée et/ou automatisée avec, par exemple, des serrures électromécaniques telles que les serrures encastrables motorisées ou solénoïdes, les cylindres motorisés, ... ■



### VOLONTÉ DES POUVOIRS PUBLICS

La sécurité contre l'intrusion faisant partie intégrante de la notion de construction durable, les pouvoirs publics souhaitent l'encourager. Ainsi, des primes sont octroyées par diverses communes belges à l'occasion de travaux destinés à améliorer la protection d'une habitation contre l'effraction. De plus, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2007, une déduction fiscale est accordée pour des dépenses visant à sécuriser une habitation privée contre le vol et l'incendie.



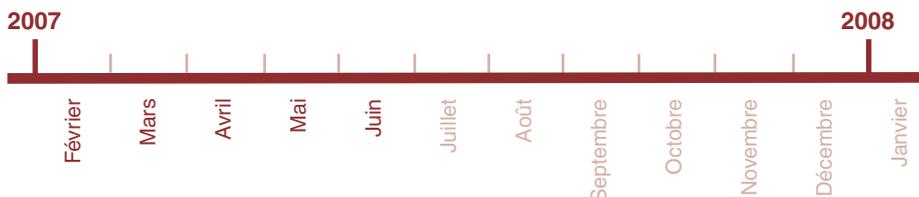
### INFORMATIONS UTILES

#### Documents utiles

- NIT 206 'Protection mécanique de la menuiserie et des vitrages contre l'effraction'
- Projet STI 'Protection contre l'effraction', Les Dossiers du CSTC, cahier n° 7, 2<sup>e</sup> trimestre 2006

# Agenda Construction

L'aperçu des formations qui seront dispensées au cours des prochains mois montre clairement que la diffusion de l'information auprès du secteur tient fort à cœur au CSTC : isolation acoustique, Pocket PC, techniques de planification, ... Aucun sujet n'est négligé !



## Placeurs de portes résistant au feu

- *Breve description* : notions générales en matière d'incendie et de sécurité en cas d'incendie, réglementation, propriétés des matériaux et des éléments de construction, méthode d'essai et de classification de la résistance au feu, agrément BENOR/ATG des portes résistant au feu, projection vidéo de deux incendies (dancing - tour de bureaux)
- *Groupe cible* : entrepreneurs menuisiers
- *Où et quand ?*  
CSTC, Avenue P. Holoffe 21, 1342 Limelette, le 26 février et les 5, 12 et 19 mars 2007, de 18h00 à 21h00.

## Logiciel de planification MS Project sous Windows – Cours de base

- *Breve description* : voir CSTC-Contact n° 12
- *Groupe cible* : chefs de chantier, de projets ou d'entreprise désirant entamer la gestion informatisée de leur(s) projet(s) à l'aide de MS Project
- *Où et quand ?*  
CSTC, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, le 30 mai et les 6, 13 et 20 juin 2007, de 9h00 à 16h00.

## Management des risques en construction

- *Breve description* : voir CSTC-Contact n° 12
- *Groupe cible* : gestionnaires de chantier et de projet, chefs d'entreprise
- *Où et quand ?*  
CSTC, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, le 29 mai 2007, de 9h00 à 16h00.

## Le bâtiment

- *Breve description* : voir CSTC-Contact n° 12
- *Groupe cible* : installateurs, entrepreneurs et auteurs de projets
- *Où et quand ?*
  - Centre de formation PME à Dinant, Rue Fétis 61 - Site Remacle, 5500 Bouvignes, les 12 et 19 mars 2007, de 19h00 à 22h00
  - Constriform Liège (Centre FOREM), Rue de Wallonie 21, 4460 Grâce-Hollogne, les 21 et 28 mars 2007, de 19h00 à 22h00.

## Isolation acoustique des façades

- *Breve description* : isolation acoustique des vitrages et des fenêtres, isolation des portes extérieures, influence des joints et des fuites, techniques acoustiques de ventilation, isolation acoustique de l'enveloppe du bâtiment, bruit à travers les toitures, spécificités du bruit des transports aériens, rénovation acoustique des habitations situées autour des aéroports, bruit rayonné vers l'extérieur
- *Groupe cible* : entrepreneurs et auteurs de projets
- *Où et quand ?*  
CSTC, Avenue P. Holoffe 21, 1342 Limelette, le 5 mars 2007, de 18h00 à 21h00.

## Pocket PC – Gestion mobile de chantier

- *Breve description* :
  - principes de fonctionnement : principes de base, mise en place d'un *backup*, gestion de la mémoire et de la batterie,

synchronisation avec un ordinateur de bureau

- applications développées par le biais des logiciels présents par défaut : gestion quotidienne via *Outlook* (contacts, agenda, ...), prise de notes sur chantier (écrite ou orale), bon de travail sur *Excel*, consultation de fiches techniques sous format pdf et de détails d'exécution, ...
- *Groupe cible* : employés du secteur de la construction amenés à utiliser des outils mobiles pour la gestion de l'entreprise
- *Où et quand ?*  
CSTC, Lozenberg 7, 1932 Sint-Stevens-Woluwe, le 15 mars 2007, de 14h00 à 18h00.

## Bruits entre locaux – Réverbération

- *Breve description* : voir CSTC-Contact n° 12
- *Groupe cible* : entrepreneurs et auteurs de projets
- *Où et quand ?*  
Foclam, Rue Guillaume Charlier 132, 7500 Tournai, les 8 et 15 mai 2007, de 18h30 à 21h30. ■



## INFORMATIONS UTILES

### Contacts (info@bbri.be)

- Techniques de planification :  
Tél. : 02/716.42.11 Fax : 02/725.32.12
- Autres formations : J.-P. Ginsberg  
Tél. : 02/655.77.11 Fax : 02/653.07.29

### Lien utile

[www.cstc.be](http://www.cstc.be) (Rubrique 'Agenda')

BRUXELLES	ZAVENTEM	LIMELETTE
<p><b>Siège social</b></p> <p> Rue du Lombard 42 B-1000 Bruxelles e-mail : <a href="mailto:info@bbri.be">info@bbri.be</a></p> <p><b>direction générale</b></p> <p> 02/502 66 90  02/502 81 80</p>	<p><b>Bureaux</b></p> <p> Lozenberg 7 B-1932 Sint-Stevens-Woluwe</p> <p><b>n°s généraux</b>      <b>n°s publications</b></p> <p> 02/716 42 11       02/529 81 00  02/725 32 12       02/529 81 10</p> <p>avis technique communication - qualité informatique appliquée construction techniques de planification développement &amp; valorisation</p>	<p><b>Station expérimentale</b></p> <p> Avenue Pierre Holoffe 21 B-1342 Limelette</p> <p> 02/655 77 11  02/653 07 29</p> <p>recherche &amp; innovation laboratoires formations documentation bibliothèque</p>