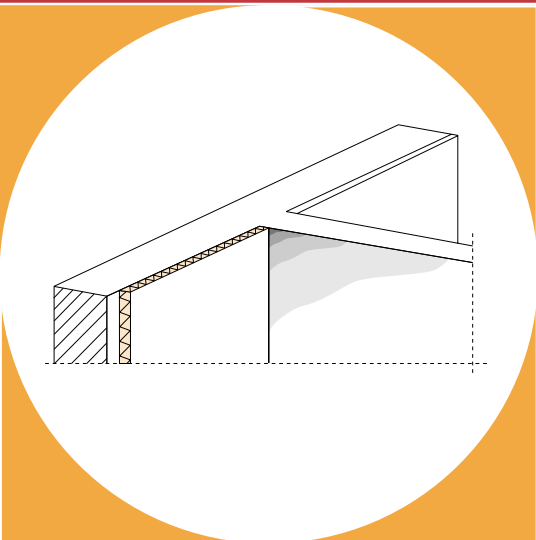


CONDENSATION & MOISSISSURES



RÉINVENTONS
L'ÉNERGIE



CONDENSATION ET MOISSISURES

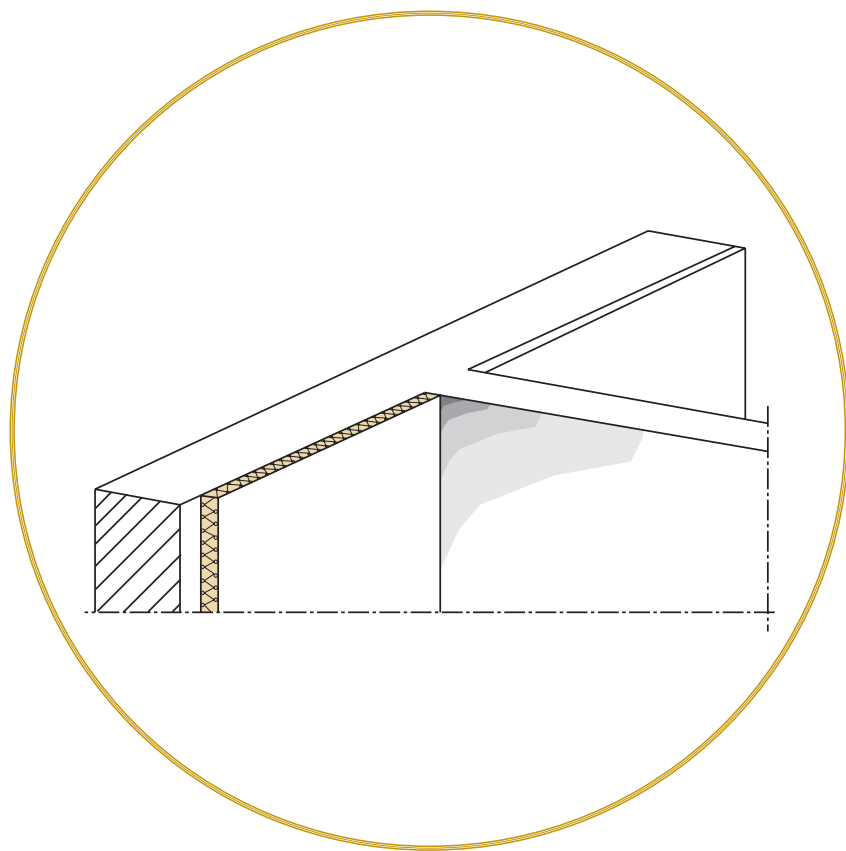


Table des matières

1. Introduction	5	7. Eviter les problèmes de condensation ou de moisissures	16
2. Le contexte global	6	7.1 Généralités	16
3. Conditions idéales à la formation de condensation et de moisissures	7	7.2 Augmenter la température de surface intérieure des murs	16
4. La production de vapeur d'eau dans les bâtiments	10	7.2.1 En isolant correctement	16
4.1 Les habitants et leurs activités	10	7.2.2 En chauffant	16
4.2 Les causes extérieures	10	7.3 Limiter le taux d'humidité de l'air intérieur	17
4.2.1 Les infiltrations d'eau	10	7.3.1 En limitant la production de vapeur d'eau	17
4.2.2 L'humidité ascensionnelle	11	7.3.2 En ventilant	17
4.2.3 L'humidité de construction	11	8. Caractéristiques externes des sources d'humidité	18
4.2.4 Causes accidentelles	11	9. Conclusions	19
5. L'humidité de l'air dans les bâtiments	12	Références	20
5.1 L'humidité et la ventilation	12		
5.2 Etanchéité à l'air des habitations	12		
5.2.1 Technique de mesure	12		
5.2.2 Résultats pratiques	12		
5.2.3 Etanchéité à l'air et condensation	13		
5.3 Comment ventiler correctement ?	14		
6. Les températures de surface	15		
6.1 Ponts thermiques	15		
6.2 Températures des locaux	15		

Cette brochure s'adresse en priorité aux techniciens du bâtiment, aux dessinateurs et aux particuliers désireux d'établir un dialogue avec un entrepreneur ou un architecte.

Elle concerne uniquement la condensation et les moisissures dans le cadre d'une habitation unifamiliale, tant en construction neuve qu'en rénovation.

Introduction

L'énergie: un problème crucial ?

Pour préserver la qualité de notre environnement et notre approvisionnement en combustibles, il s'avère urgent d'utiliser rationnellement et efficacement l'énergie. Faut-il pour autant y sacrifier notre confort ?

Comment réduire notre facture énergétique tout en habitant un logement confortable, où il fait bon vivre, sans courants d'air intempestifs, sans humidité ?

Cette brochure s'intègre dans une série de publications traitant des divers aspects de l'utilisation rationnelle de l'énergie (U.R.E.) dans le logement.

Les Guichets de l'Energie installés dans les principales villes wallonnes peuvent également vous donner des conseils gratuits et en toute indépendance.

Pour connaître les coordonnées du Guichet de l'Energie le plus proche, appelez le numéro vert du Ministère de la Région wallonne : 08001-1901.

Les brochures URE

- Isolation thermique des murs creux
- Isolation thermique des murs pleins
- Isolation thermique de la toiture plate
- Condensation et moisissures
- La ventilation des logements
- Les fenêtres
- Le chauffage

Le contexte global

Depuis la fin des années septante et le début des années quatre-vingt, tout un chacun se préoccupe d'améliorer l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment dans le but :

- de diminuer la consommation d'énergie dans les bâtiments;
- de réduire le risque de condensation et de moisissures;
- d'améliorer le confort thermique en hiver et/ou en été.



Au cours des années 80, on s'est également aperçu que, dans beaucoup de bâtiments bien isolés, les problèmes de condensation et de moisissures ne diminuaient pas et se multipliaient même dans certains cas. Les raisons principales en étaient les suivantes :

- le nombre élevé de ponts thermiques créés par certaines techniques d'isolation de l'enveloppe du bâtiment;

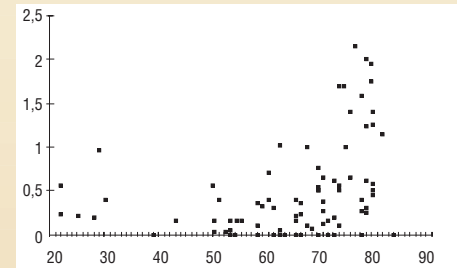
- le manque d'intérêt pour des dispositifs de ventilation adéquats.

Entre 1985 et 1987, une enquête de grande envergure a été réalisée auprès de 2334 habitations sociales de l'ancienne Société Nationale du Logement [réf. 1].

L'un des résultats marquants de cette étude concernait le nombre de maisons confrontées à de sérieux problèmes de condensation et de moisissures.

A ce propos, voici quelques constatations importantes :

- Au total, plus de 100 lotissements ont été visités. La figure 1 montre le nombre total de pièces par habitation (moyenne par lotissement) présentant de sérieux problèmes de condensation et/ou de moisissures en fonction de l'année de construction.
- Il apparaît que les quartiers totalisant le plus de problèmes ont été construits après les années 70. Apparemment, on y trouve une combinaison de certains paramètres qui augmentent le risque d'apparition de condensation et de moisissures :
 - châssis étanches à l'air;
 - chauffage central au lieu d'un poêle dans chaque local;



*Fig. 1 - Nombre moyen de pièces par habitation présentant de sérieux problèmes de condensation et/ou de moisissures dans des quartiers de logements sociaux en fonction de l'année de construction [1].
En abscisse, année de construction.
En ordonnée, problèmes de condensation (nombre de pièces/habitation).*

- utilisation de béton pour les linteaux, rives de toiture, etc.;
- double vitrage dans certains cas;
- bonne isolation, mais souvent d'importants ponts thermiques.

Sur la base de cette étude, on peut estimer qu'au milieu des années 80, environ 10 % des logements sociaux connaissaient des problèmes de condensation et de moisissures.

Cette brochure a pour objectif de donner au lecteur une idée des principaux aspects des phénomènes de condensation et de moisissures, et d'examiner les moyens disponibles pour limiter ou empêcher l'apparition de tels dommages.

Conditions idéales à la formation de condensation et de moisissures

Il est important de faire une distinction entre l'apparition de condensation superficielle et la formation de moisissures :

- la **condensation superficielle** apparaît chaque fois que l'humidité relative (HR) au voisinage de la surface est de 100 %. La vapeur d'eau contenue dans l'air se condense et la surface s'humidifie en formant parfois des gouttelettes;

- les **moisissures** peuvent déjà apparaître lorsque l'humidité relative en surface est en dessous de 100 %.

Il peut donc y avoir formation de moisissures sans problèmes de condensation.

L'humidité relative (HR) indique le niveau de saturation de l'air en vapeur d'eau. Ainsi, une humidité relative de 80% signifie que l'air contient 80% de la quantité d'eau maximale qu'il peut contenir.

En détails...

Les moisissures sont des espèces inférieures filiformes, normalement présentes dans l'air. Leur concentration dans l'air extérieur est de l'ordre de 100.000 spores par m³ d'air. Elle diminue après des pluies ou pendant des périodes très froides, et augmente à proximité des bois, parcs,...

Leur propagation s'effectue par les spores, transportés par l'air, qui germent dès qu'ils sont déposés dans des conditions favorables sur une surface riche en carbone.

Ces conditions favorables sont :

- un apport d'oxygène suffisant
- une température stable, ni trop élevée ni trop basse. L'idéal pour un développement rapide se situe entre 5 et 25 °C
- un substrat adéquat. Pour le développement de moisissures, il faut de petites quantités de substances organiques décomposables, comme des sucres, des graisses et surtout de la cellulose. Ces substances se retrouvent dans toutes les habitations : cellulose dans le papier, le bois et dans les matériaux dérivés du bois, poussières organiques, ...
- une humidité suffisante. L'eau est une condition essentielle au développement des moisissures. Celles-ci tirent l'humidité nécessaire du support sur lequel elles se développent.

Les trois premiers facteurs sont normalement toujours présents dans une maison. Pour éviter la formation de moisissures, il faut donc limiter au minimum le dernier facteur, c'est-à-dire la présence d'humidité. Si toutes les conditions favorables à la formation des moisissures sont remplies, ces dernières se développeront rapidement et libéreront à leur tour de nouveaux spores.

L'air peut contenir plus de vapeur d'eau si la température augmente (voir tableau ci-contre). Par conséquent, lorsque la température de surface est plus basse, le risque de condensation ou de formation de moisissures augmente fortement. C'est ce qu'illustre l'exemple suivant.

Exemple

Il s'agit d'un local bien chauffé (20 °C) avec 8 grammes de vapeur d'eau par m³ d'air.

A 20 °C, ceci correspond à une HR de 45 % (= 8 g/m³ / 17,7 g/m³ * 100%). La température extérieure est de 0 °C.

Examinons trois cas de figure :

1. Si l'isolation est bonne, la température de surface des parois est relativement élevée. On mesure ainsi une température de surface de 15 °C dans le coin supérieur gauche. A cette température, un taux d'humidité de 8 g/m³ signifie une humidité relative de 61 % (= 8 g/m³ / 13 g/m³ * 100 %). Il n'y aura pas de problème de condensation et probablement pas de problème de moisissures.
2. S'il n'y a pas d'isolation thermique, la surface intérieure sera beaucoup plus froide. On mesurera alors dans le coin supérieur droit (supposons un pont thermique très important), une température de surface de seulement 5 °C. A 5 °C, l'air peut contenir au maximum 6,9 g/m³, ce qui signifie que l'humidité relative sera supérieure à 100 % et qu'une condensation superficielle se formera.
3. Dans le coin inférieur droit, il y a effectivement une bonne isolation thermique du mur extérieur, mais, du côté intérieur, une

Température (°C)	Taux d'humidité maximal de l'air (g d'eau par m ³)	Humidité relative pour un taux d'humidité de 8 g/m ³
0	4.9	>100% → condensation
5	6.9	>100% → condensation
10	9.5	84 %
15	13.0	61 %
20	17.7	45 %

La condensation apparaît lorsque l'humidité relative, à la surface d'une paroi, atteint 100 %. La formation de moisissures peut déjà se produire à partir d'une humidité relative de 80 %.

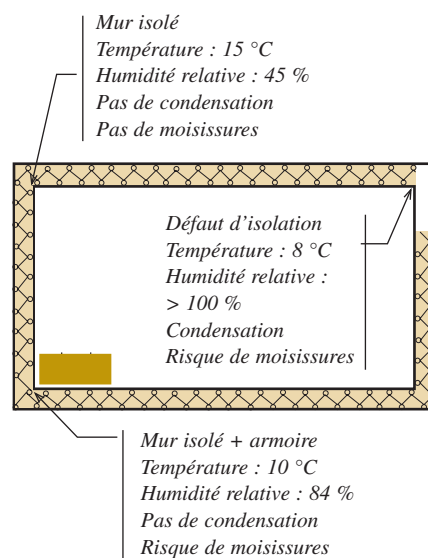
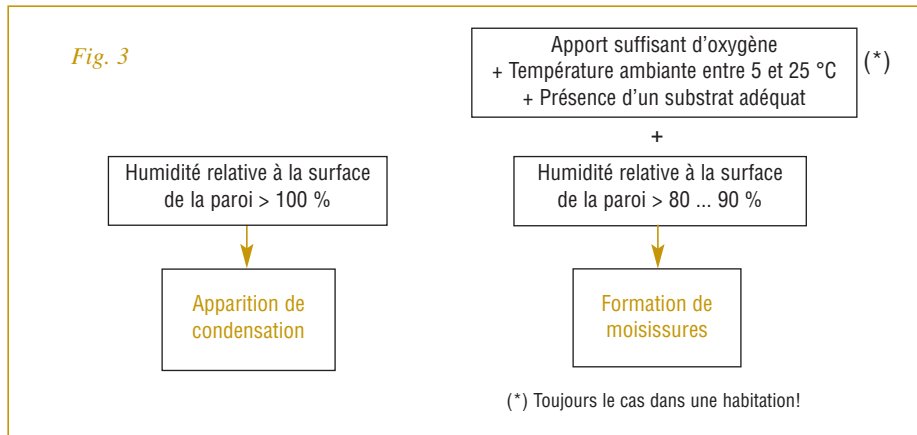


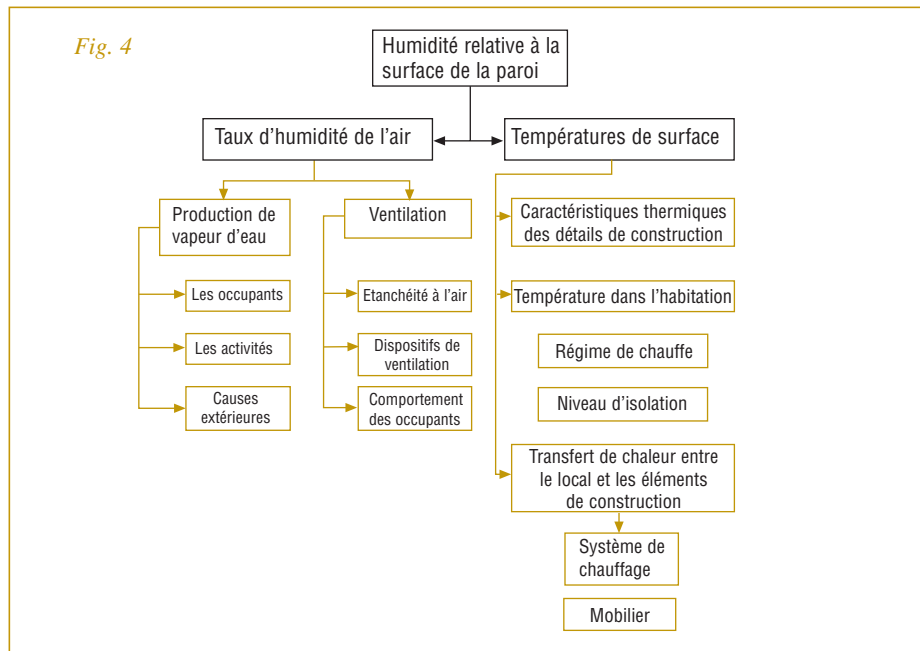
Fig. 2 - Illustration du risque de condensation et de moisissures.

lourde armoire est directement appuyée contre le mur. Comme l'armoire représente déjà en soi une certaine isolation thermique, l'air derrière l'armoire est fortement refroidi et la température de surface la plus basse n'est que de 10 °C. Ceci correspond à une HR de 84 % (8 g/m³ / 9,5 g/m³ * 100 %). Il n'y a donc aucun risque de condensation superficielle. Il y a toutefois un certain risque de formation de moisissures, qui dépendra notamment des matériaux de finition utilisés.

Le schéma ci-après résume les conditions nécessaires à l'apparition de condensation et à la formation de moisissures.



Dans les deux cas, l'humidité relative à la surface de la paroi est le facteur déterminant. Celle-ci dépend d'un grand nombre de paramètres.



La production de vapeur d'eau dans les bâtiments

4.1 Les habitants et leurs activités

La production d'humidité dans les habitations est très variable. Les publications scientifiques font état de valeurs variant de 2-3 kg d'eau par jour à 10-15 kg d'eau par jour.

Le tableau ci-dessous montre les différentes sources potentielles de vapeur d'eau et donne un ordre de grandeur de leur taux de production.

Il ressort de l'analyse du tableau que l'occupant peut difficilement réduire de manière significative la production de vapeur d'eau dans une habitation.

Dans certains cas, cependant, des sources importantes de vapeur d'eau peuvent être évitées :

- un séchoir sans évacuation vers l'extérieur;
- de grands aquariums sans recouvrement adéquat;
- des viviers à l'intérieur;
- des appareils à cycle de combustion ouvert sans évacuation vers l'extérieur (poêle au gaz ou au mazout, petit chauffe-eau mural, etc.);
- l'usage intensif d'humidificateurs.

En présence d'un ou de plusieurs de ces sources, la première action à entreprendre pour éviter ou éliminer l'apparition de condensation ou la formation de moisissures consiste évidemment à s'attaquer à la source de production de vapeur d'eau.

Source de vapeur d'eau	Taux de production
Les occupants	0.9 à 1.25 kg d'eau par jour, par personne
Cuisson des repas pour 4 personnes avec une cuisinière électrique	1 à 2 kg d'eau par jour
Cuisson des repas pour 4 personnes avec une cuisinière au gaz	2 à 3 kg d'eau par jour
Hygiène personnelle (bains, douches, etc.)	0.2 à 0.5 kg d'eau par jour et par personne
Séchage du linge	1.25 à 2.5 kg d'eau par jour
Nettoyage du sol à l'eau	environ 0.2 kg d'eau
Plantes vertes	0.02 à 0.05 kg d'eau par jour et par plante

4.2 Les causes extérieures

En plus des sources de vapeur d'eau habituelles (occupants, cuisine, plantes, etc.), certaines causes extérieures peuvent engendrer une production supplémentaire de vapeur d'eau dans les habitations :

- les infiltrations d'eau;
- l'humidité ascensionnelle;
- l'humidité de construction.

Cette production additionnelle d'eau est alors le résultat d'une situation anormale qu'il convient de rectifier avant d'entreprendre d'autres actions pour éviter ou éliminer l'apparition de la condensation ou la formation de moisissures.

4.2.1 Les infiltrations d'eau

Les infiltrations d'eau apparaissent surtout dans les façades fortement exposées aux pluies battantes. L'eau est aspirée par capillarité dans les pores du matériau ou s'infiltré par des fissures, des joints ouverts, etc.

Le tableau suivant donne les indices qui permettent d'identifier si l'on est en présence d'un problème de condensation ou d'infiltration d'eau.

<i>Infiltrations</i>	<i>Condensations</i>
<p>Les infiltrations se manifestent à travers les murs monolithiques battus par les pluies (orientation sud, sud-ouest et ouest).</p> <p>Les taches ont en général des formes arrondies.</p> <p>Le débit d'eau est en général trop important pour qu'il y ait formation de moisissures.</p> <p>L'intensité des taches d'humidité passe par un maximum quelques heures après une pluie importante.</p> <p>L'enduit intérieur se dégrade assez rapidement (d décollement et pourriture).</p> <p>Le décollement du papier peint est fréquent.</p>	<p>Les condensations se manifestent au droit des ponts thermiques (linteaux, corniches, bandeaux, consoles, etc.)</p> <p>Les taches se localisent en général dans les angles et aux endroits mal ventilés (dos de meubles, derrière les tentures, ...).</p> <p>Très souvent, les condensations s'accompagnent de moisissures.</p> <p>Elles sont les plus intenses pendant les saisons froides.</p> <p>L'enduit se dégrade plus tardivement et uniquement si les condensations sont très abondantes.</p> <p>Le papier peint ne se décolle pas dans tous les cas.</p> <p>Les condensations apparaissent surtout dans les locaux peu chauffés et mal ventilés ou dans ceux où il y a une production de vapeur importante. Le phénomène est lié au mode de vie des habitants.</p> <p>Les condensations se forment le plus souvent sur les murs orientés au nord ou à l'est.</p>

4.2.2 L'humidité ascensionnelle

L'humidité ascensionnelle résulte de la pression de la nappe phréatique ou de la succion capillaire de l'humidité du sol. De ce fait, les murs s'imprègnent d'humidité jusqu'à une certaine hauteur. Ce phénomène se manifeste en l'absence des protections étanches requises qui empêchent l'absorption capillaire.

4.2.3 L'humidité de construction

L'humidité de construction provient de :

- l'eau qui est absorbée par les matériaux de construction pendant leur stockage chez le fabricant ou sur le chantier;

- l'eau de gâchage nécessaire pour la mise en œuvre des matériaux (mortier, béton, plâtre, etc.);
- l'eau qui provient des précipitations et qui est absorbée par les matériaux pendant la construction.

Dans une maison traditionnelle, l'humidité de construction qui doit être évacuée après que le bâtiment soit achevé s'élève à environ 4000 kg.

Cela signifie que :

- le bâtiment doit être suffisamment chauffé et convenablement ventilé pendant la période qui suit immédiatement la mise en service;

- les parois ne peuvent être recouvertes trop rapidement de revêtements pare-vapeur (peinture, papier peint plastifié, etc.).

4.2.4 Causes accidentelles

Par cause accidentelle, on entend toute pénétration d'eau résultant d'une fuite dans une conduite d'eau, une gouttière, de conduits d'évacuation bouchés, etc.

L'humidité de l'air dans les bâtiments

5.1 L'humidité et la ventilation

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, la production de vapeur d'eau dans une habitation est une chose inévitable. Cette quantité d'eau évaporée a pour effet d'augmenter le taux d'humidité de l'air dans l'habitation.

Par ailleurs, il existe toujours dans les logements un certain renouvellement de l'air, soit par ventilation (système de ventilation mécanique ou naturelle) ou par simple infiltration d'air naturelle (au travers des fissures et des fentes, par l'ouverture des fenêtres, etc.). Cette ventilation remplace l'air intérieur humide par de l'air extérieur plus sec et diminue donc le taux d'humidité dans l'habitation.

La formule suivante établit le lien (en régime stationnaire) entre le taux d'humidité dans l'habitation (x_i exprimé en g/m^3), le taux d'humidité à l'extérieur (x_e exprimé en g/m^3), le taux de ventilation (n exprimé en volume par heure) et la production de vapeur d'eau (P exprimé en g d'eau par heure). Le symbole V représente le volume de l'habitation exprimé en m^3 .

$$x_i \text{ (g/m}^3\text{)} = x_e \text{ (g/m}^3\text{)} + \frac{P_{\text{vapeur}} \text{ (g/h)}}{n \text{ (h}^{-1}\text{)} \cdot V \text{ (m}^3\text{)}}$$

Cette relation illustre clairement l'importance de la ventilation pour contrer les problèmes d'humidité et de moisissures : la ventilation

doit être suffisante pour que l'augmentation du taux d'humidité due à la production normale de vapeur d'eau dans l'habitation reste acceptable.

La ventilation est en grande partie déterminée par les paramètres suivants :

- l'étanchéité à l'air du bâtiment;
- la répartition des fuites d'air dans le bâtiment;
- les dispositifs de ventilation;
- l'usage des dispositifs de ventilation par les occupants.

Ces différents aspects sont traités dans les paragraphes suivants. Il est possible de trouver des informations supplémentaires dans la brochure "La ventilation des logements".

5.2 Etanchéité à l'air des habitations

5.2.1 Technique de mesure

L'étanchéité à l'air d'un bâtiment peut être mesurée de manière relativement simple. On peut évaluer la quantité de fuites présentes dans l'enveloppe du bâtiment en plaçant un ventilateur dans une porte extérieure ou une fenêtre, en ouvrant ensuite toutes les portes intérieures et en mesurant le débit d'air néces-

saire pour mettre la maison en surpression ou en dépression (voir figure ci-après).

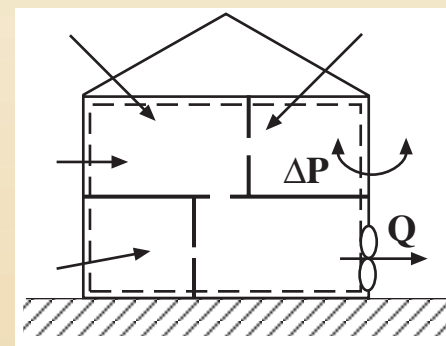


Fig. 5 - Schéma de principe de la mesure de l'étanchéité à l'air d'une habitation

5.2.2 Résultats pratiques

Des centaines de bâtiments ont déjà été mesurés en Belgique au moyen de cette technique, ce qui permet d'établir les constats pratiques suivants :

- Les nouveaux châssis sont en général très étanches à l'air, de sorte que les fuites à travers de ceux-ci ne sont certainement pas suffisantes pour assurer l'amenée d'air nécessaire.
- Globalement, les appartements présentent une bonne étanchéité à l'air.

Pour les férus de technique...

Le résultat d'une mesure de pressurisation est caractérisé par la valeur n_{50} :

$$n_{50} = \frac{\text{débit d'air pour } \Delta P = 50 \text{ Pa}}{\text{volume du bâtiment}} \text{ (h}^{-1}\text{)}$$

Pour obtenir une évaluation grossière du taux d'infiltration moyen saisonnier (sans utiliser de dispositifs de ventilation ni de fenêtres ou de portes), on peut diviser la valeur n_{50} par 20.

- Les maisons individuelles sont souvent très perméables à l'air et même trop en comparaison avec des mesures effectuées dans d'autres pays. Ce manque d'étanchéité est en partie imputable aux fuites locales comme les ouvertures vers les caves, greniers, garages, etc. Des fuites importantes sont souvent présentes dans des habitations dont la finition est incomplète ou incorrecte, ou encore dans des habitations pourvues d'une toiture en pente. Dans certains cas, l'infiltration naturelle de l'air au travers de l'enveloppe du bâtiment par les défauts d'étanchéité est du même ordre de grandeur que le taux de renouvellement d'air imposé par la norme belge en matière de ventilation !

Les appartements sont généralement beaucoup plus étanches à l'air que les maisons unifamiliales.

- Bien que de nombreuses maisons unifamiliales soient très perméables à l'air, la majorité d'entre elles contiennent certains locaux très étanches, comme le local de séjour et/ou les chambres à coucher.

De nombreuses maisons unifamiliales avec toiture inclinée révèlent une très mauvaise étanchéité à l'air parce que la finition des locaux situés sous la toiture est incomplète ou incorrecte.

- L'étanchéité à l'air dépend dans une large mesure de la conception et de l'exécution des détails de construction. On trouve dès lors de nouvelles constructions extrêmement étanches à l'air et d'autres presque totalement perméables, sans toutefois que cela apparaisse lors d'une inspection superficielle de la maison. A titre d'illustration, il est utile de mentionner les résultats de mesures obtenus dans les maisons IDEE.

Les maisons IDEE (voir figure 6) sont deux maisons expérimentales situées au CSTC à Limelette. Construites au début des années 80, elles sont très bien isolées pour cette époque (niveau d'isolation d'environ K45).

En 1985, leur étanchéité à l'air a été étudiée en détail et l'on a mesuré des valeurs n_{50} d'environ 10 h^{-1} . Cette valeur élevée provient principalement du fait que les blocs de béton utilisés ne sont pas plâtrés. Fin 1995, les blocs en béton de ces maisons ont été recouverts d'une couche de peinture assez épaisse (équivalant à un plafonnage pour ce qui est de l'étanchéité à l'air). De ce fait, l'étanchéité à l'air a été notablement améliorée : la valeur n_{50} a diminué jusqu'à environ 1 h^{-1} . Avec une telle étanchéité et en dépit de la bonne isolation, le risque de condensation et de moisissures est présent si les activités des habitants entraînent une production élevée d'humidité et s'il n'y a pas de possibilités de ventilation.

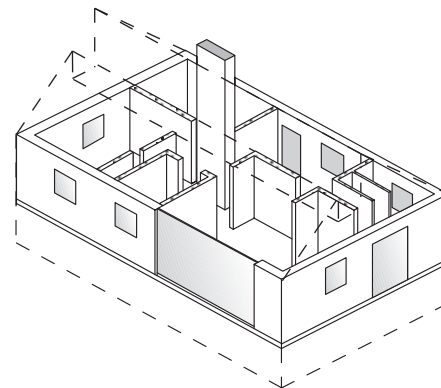


Fig. 6 - Schéma d'une maison IDEE sur le site du CSTC à Limelette

5.2.3 Etanchéité à l'air et condensation

Les résultats pratiques précédents nous permettent de tirer les conclusions suivantes en ce qui concerne les problèmes de moisissures et de condensation dans les habitations :

- Même si les maisons belges sont globalement très perméables à l'air, des problèmes d'humidité se posent néanmoins, car certains locaux sont très étanches. C'est le cas en particulier des chambres à coucher, où la production d'humidité par les occupants pendant la nuit est importante.
- Les défauts d'étanchéité peuvent être à l'origine d'une condensation interne ou interstitielle, c'est-à-dire une condensation à l'intérieur des éléments de construction (murs, toiture, etc.) et non pas à leur surface. En effet, l'air chaud et humide quittant l'habitation au travers de ces défauts d'étanchéité rencontre des éléments de plus en plus froid et la vapeur

d'eau qu'il contient peut finir par se condenser si des températures suffisamment basses sont atteintes. Dans un mur creux classique, l'eau de condensation peut sécher ou s'évacuer sans causer de dommage. Par contre, dans une structure légère (paroi ou toiture en bois, par exemple), la condensation peut provoquer des dégâts importants (apparition de moisissures, pourrissement, etc.).

- Une amélioration de l'étanchéité à l'air d'une partie importante du parc immobilier est souhaitable, afin d'économiser l'énergie, d'améliorer le confort thermique et d'éviter les problèmes d'humidité dans les bâtiments.

5.3 Comment ventiler correctement ?

Afin d'évacuer l'humidité produite dans une habitation, il est indispensable de la ventiler correctement. Dans la pratique, cela implique une amenée d'air extérieur dans certaines pièces et une évacuation de l'air intérieur humide dans d'autres. La norme belge NBN D 50-001 stipule toute une série d'exigences et de directives auxquelles les systèmes de ventilation doivent satisfaire. La ventilation peut se faire de manière naturelle ou mécanique.

		Evacuation d'air	
		naturelle	mécanique
Amenée d'air	naturelle	Système A	Système B
	mécanique	Système C	Système D

Systèmes de ventilation pour les habitations selon la norme NBN D 50-001

Vous trouverez une description des différents systèmes conformes à la norme dans la brochure

“La ventilation des logements”. La norme est en vigueur depuis le 1^{er} décembre 1996 pour toutes les nouvelles constructions en Région wallonne.

En soi, la norme ne garantit pas que les habitations qui satisfont à ses exigences seront correctement ventilées. Elle donne simplement la garantie que les utilisateurs disposent en principe de la possibilité de ventiler correctement leur habitation.

Il est important que les occupants utilisent correctement le système de ventilation mis à leur disposition. Pour illustrer ce point, les figures précédentes montrent l'évolution des concentrations en CO₂ dans une habitation équipée d'un système de ventilation de type D conforme à la norme belge et pour deux périodes de quelques jours. Durant la première période (fig. 7), l'alimentation a été coupée, tandis que, pendant la deuxième période, le système de ventilation est en fonctionnement normal. Le CO₂ produit par chaque personne lors de la respiration n'est pas en soi une forme de pollution de l'air mais il constitue un critère pour la qualité de l'air.

Dans différents pays, des valeurs limites de niveau de CO₂ dans les bâtiments sont fixées entre 1000 et 1500 ppm (ppm = nombre de particules par million).

On constate qu'en dépit du taux de ventilation moyen de l'habitation de 0,6 h⁻¹, les niveaux de CO₂ restent exagérément élevés pendant certaines périodes, lorsque l'alimentation d'air est coupée. Ceci illustre clairement la nécessité d'utiliser correctement le système de ventilation. En revanche, lorsque le système de ventilation fonctionne, les niveaux de CO₂ restent en dessous des limites admises.

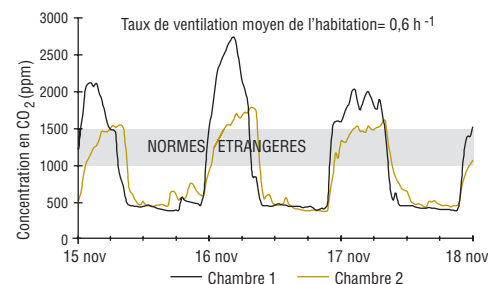


Fig. 7 - Concentration en dioxyde de carbone; l'alimentation d'air est coupée.

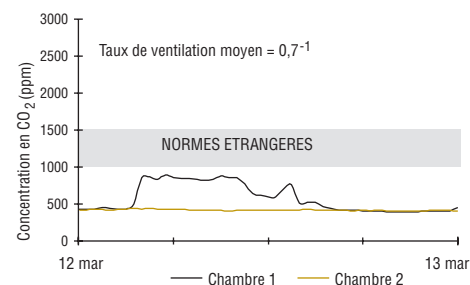


Fig. 8 - Concentration en dioxyde de carbone; l'alimentation d'air est en fonctionnement normal.

Les températures de surface

6.1 Ponts thermiques

Au cours des dix dernières années, la plupart des architectes, concepteurs et entrepreneurs ont pris conscience de l'influence néfaste des ponts thermiques. A l'heure actuelle, nombre d'entre eux comprennent les principes de base permettant de les éviter. Toutefois, le nombre de projets de construction qui présentent d'importants ponts thermiques reste encore incroyablement élevé. C'est d'autant plus dommage qu'il est parfaitement possible de concevoir n'importe quel bâtiment sans commettre ces erreurs. En outre, l'influence néfaste d'un pont thermique, une fois incorporé dans un bâtiment, peut difficilement être éliminée. Ici plus que jamais, "il vaut mieux prévenir que guérir".

Les ponts thermiques sont caractérisés par deux aspects principaux :

1. une augmentation des pertes thermiques;
2. une température de surface inférieure à celle des parois environnantes.

Dans le cas d'une rénovation d'anciens bâtiments également, le nombre de ponts thermiques qui subsistent ou qui sont créés pendant les travaux est très élevé. Lors d'une rénovation, il n'est pas toujours possible d'éliminer complètement les ponts thermiques mais, souvent, on peut en limiter les effets par des techniques appropriées.

6.2 Températures des locaux

Les températures des parois d'un local sont en grande partie déterminées par la température régnant dans le local.

Dans les locaux non chauffés, le niveau d'isolation a une influence non négligeable sur la température moyenne du local. Il est un fait que, dans des maisons bien isolées, les locaux non chauffés sont beaucoup plus chauds que dans des habitations identiques mais non isolées. Dans ce contexte, il est intéressant de se référer aux résultats des simulations faites sur la maison PLEIADE.

PLEIADE est une maison mitoyenne, construite en 1994 à Louvain-La-Neuve avec un niveau d'isolation thermique de K27. Les résultats montrent l'influence du niveau d'isolation sur la température moyenne du grenier et sont indiqués dans le tableau suivant.

	Niveau d'isolation					
	K23	K27	K35	K45	K55	K70
Température moyenne du grenier	13,4	13,4	12,3	11,6	10,6	10,0

Influence du niveau d'isolation sur la température du grenier dans la maison PLEIADE : mieux isoler augmente les températures et réduit le risque de condensation

Eviter les problèmes de condensation ou de moisissures

7.1 Généralités

Les principes de base pour éviter ou résoudre les problèmes de condensation et de moisissures sont assez simples :

- réaliser des températures de surface suffisamment élevées ;
- limiter le taux d'humidité de l'air intérieur.

Dans le cas spécifique des problèmes de moisissures, une attention peut éventuellement être apportée au choix des matériaux de finition.

7.2 Augmenter la température de surface intérieure des murs

7.2.1 En isolant correctement

L'isolation des parois diminue les pertes de transmission à travers celles-ci. De ce fait, la température de surface de la paroi augmente, ce qui réduit le risque de condensation superficielle, améliore le confort thermique et permet de réaliser d'importantes économies d'énergie.

L'isolation doit toutefois être conçue de façon à prévenir les ponts thermiques.

On trouvera une explication détaillée sur les techniques d'isolation des éléments de

construction dans les brochures ad hoc (concernant le mur creux, le mur plein, la toiture inclinée, la toiture plate, ...).

Le règlement thermique wallon impose une isolation minimale pour chaque type de parois d'une nouvelle construction. En respectant ces exigences, on réalisera des parties de construction où les températures de surface sont suffisamment élevées. Si, ensuite, les assemblages d'angle sont correctement isolés, le risque de formation de condensation et de moisissures sera pratiquement nul.

Dans les habitations existantes, l'isolation thermique est souvent insuffisante et l'on peut être confronté à des problèmes de condensation ou de moisissures. L'ajout d'une isolation thermique permet d'augmenter les températures de surface et ainsi de résoudre les problèmes. L'isolation doit toutefois être correctement mise en oeuvre.

- L'isolation extérieure est une technique qui donne souvent de bons résultats. Les inconvénients majeurs sont le plus souvent le coût élevé ainsi que l'impact esthétique sur le bâtiment.
- Pour l'isolation intérieure, il est important d'utiliser des techniques d'exécution appropriées (choix des matériaux et finition étanche à la vapeur d'eau, pas de déplacement de ponts thermiques, prêter attention aux conduites d'eau encastrées

dans les murs, ...). Plus de détails sont fournis dans les autres brochures.

7.2.2 En chauffant

Le fait de chauffer des locaux entraîne une augmentation de la température des murs, ce qui réduit également le risque de condensation. Il y a toutefois des endroits où l'échange de chaleur s'effectue moins rapidement, comme dans les angles, derrière les armoires, derrière les rideaux, etc.

Conseils pratiques :

- Si certains locaux ne sont pas chauffés, il faut les ventiler. Il est conseillé, surtout lorsque le temps est humide et pas trop froid, d'assurer une température minimale de 10 °C.
- Le principal risque de condensation de longue durée n'apparaît pas en cas de températures très basses, mais bien pendant les longues périodes d'hiver où les températures oscillent entre 0 °C et 10 °C, et en présence d'une humidité relative élevée par temps de brouillard et de pluie.
- Il est prudent de ne pas placer d'armoires contre des murs extérieurs mal isolés.
- L'installation de chauffage doit être conçue de telle façon qu'elle puisse assurer une température de confort minimale.

7.3 Limiter le taux d'humidité de l'air intérieur

7.3.1 En limitant la production de vapeur d'eau

Les conseils suivants seront très utiles si vous êtes confrontés à des problèmes de condensation et de moisissures dans votre maison :

- La vapeur produite sera évacuée le plus rapidement possible à l'extérieur, par exemple en faisant fonctionner la hotte pendant la cuisson des repas, en améliorant la ventilation de la salle de bain après un bain ou une douche.
- Les séchoirs produisent énormément de vapeur. Cette vapeur doit être évacuée directement de l'appareil vers l'extérieur en le raccordant à un conduit adéquat.
- Ne pas sécher de linge dans les locaux qui ne sont pas aérés.
- Ne pas laisser bouillir inutilement de l'eau; couvrir les casseroles. Avec un couvercle, l'ébullition est atteinte plus rapidement, il y a moins de production d'humidité et l'on économise de l'énergie. A cet égard, les casseroles à pression sont intéressantes.
- N'utilisez pas d'humidificateurs, sauf si l'air est anormalement sec.
- Sachez que certaines plantes domestiques (par exemple, le papyrus) émettent beaucoup d'humidité dans l'environnement (plusieurs litres par jour).
- Par ailleurs, il y a de nombreux appareils de chauffage qui ne doivent pas être raccordés à une cheminée et qui émettent

beaucoup de vapeur d'eau dans l'environnement. Notamment : les petits chauffe-eau au gaz (moins de 5 l/min.), le chauffage par rayonnement au butane, les poêles à mazout avec double combustion, ... L'utilisation de ces appareils doit être évitée autant que possible, étant donné les émanations de produits de combustion dans les espaces d'habitation et la production de vapeur d'eau.

- Les problèmes d'infiltration de pluie ou d'humidité ascensionnelle, qui peuvent être une source extérieure supplémentaire de vapeur d'eau, doivent bien entendu être solutionnés.
- Il faut, dans la mesure du possible, éviter de diffuser la vapeur dans toute la maison et surtout dans les pièces non chauffées. C'est pourquoi il est utile de maintenir fermées les portes des locaux où une grande quantité de vapeur est produite, par exemple les portes de la cuisine pendant et après la cuisson, les portes de la salle de bain pendant et après un bain ou une douche.

7.3.2 En ventilant

Comme nous l'avons vu précédemment, la ventilation permet d'éliminer efficacement la vapeur d'eau produite dans une habitation.

Il importe cependant de réaliser un taux de renouvellement d'air permanent qui permette d'évacuer en continu l'humidité produite.

Une aération intensive en ouvrant la fenêtre d'une pièce pendant quelques minutes, ne permet pas de réduire le taux d'humidité de façon durable, et il ne faut guère plus que quelques minutes pour que ce taux retrouve son niveau

initial. Une aération intensive, mais brève, ne permet en aucun cas de réduire le taux d'humidité de manière prolongée.

Ventiler correctement nécessite l'usage d'un système de ventilation qui permette de réaliser une aération modérée mais permanente de l'habitation (voir § 5.3).

Soulignons que, dans de nombreux cas, installer des dispositifs de ventilation adéquats, répondant aux exigences de la norme, est plus facilement réalisable et plus économique qu'augmenter les températures de surface en améliorant l'isolation thermique.

Par exemple, l'installation de grilles de ventilation dans la menuiserie lors du remplacement des châssis ou lors du remplacement du vitrage simple par un double vitrage constitue une intervention simple et peu onéreuse assurant une ventilation adéquate du local.

Depuis le 1^{er} décembre 1996, en Région wallonne, lors du remplacement des fenêtres dans les pièces de séjour et les chambres à coucher, il est obligatoire d'y intégrer des grilles d'amenée d'air conformes aux exigences d'apport d'air décrites dans la norme belge (si les transformations font l'objet d'un permis de bâtir). Vous trouverez plus d'informations à ce sujet dans la brochure "La ventilation des logements".

Caractéristiques externes des sources d'humidité

Le tableau ci-après permet de détecter l'origine d'un problème d'humidité. Il faut toutefois être prudent : les dégâts constatés peuvent en effet découler de plusieurs sources ou être la conséquence de l'effet d'une autre cause. Ainsi, un mur peut s'humidifier suite à une cause accidentelle; de ce fait, la qualité de l'isolation diminue et, si le système de ventilation existant n'est pas capable d'évacuer ce surplus d'humidité, une condensation peut apparaître.

OBSERVATIONS, PHENOMENES	CAUSES OU CONSEQUENCES POSSIBLES			
	Condensation	Pluie battante	Humidité ascensionnelle	Infiltration
Pas d'aération, mauvaise isolation thermique	X	-	-	-
Humidité de l'air élevée	X	-	-	-
Dégâts limités au N et au NE	X	-	(X)	(X)
Dégâts limités au SO et à l'O	-	X	(X)	(X)
Les dégâts ne commencent pas d'en bas	X	X	-	(X)
Dommages localisés	X	(X)	(X)	X
Ponts thermiques	X	-	-	-
Dégradations dans les angles	X	-	-	(X)
Sols transpirants	X	-	-	-
Humidité uniquement sur la surface intérieure	X	-	-	(X)
Finition intérieure non poreuse	X	-	-	-
Taches sur la façade extérieure	-	X	X	(X)
Pas ou peu de dépassant de toiture	-	X	-	-
Taches redentées, irrégulières sur la surface intérieure	-	X	-	(X)
Mur creux (correctement exécuté)	(X)	-	(X)	(X)
Efflorescences aux étages	-	X	-	(X)
Efflorescences au niveau du sol	-	-	(X)	(X)
Augmentation de l'humidité en fonction de la hauteur	-	X	-	-
Consommation anormale d'eau	-	-	-	X
Dommage à la toiture, aux gouttières ou aux conduites d'amenée et d'évacuation	-	-	-	X
Humidité sur l'épaisseur totale du mur (intérieur et extérieur)	-	(X)	X	-
Dommages limités à l'étage inférieur	-	-	X	-
Apparition de dommages peu de temps après une période de pluie	-	X	(X)	-
Davantage de dégâts pendant les saisons de pluie	X	(X)	X	-

X : cause possible (X) : possibilité à ne pas exclure

Conclusions

La condensation superficielle et les moisissures peuvent faire leur apparition si les conditions suivantes sont remplies :

- une résistance thermique limitée de la construction, souvent en raison de ponts thermiques;
- des basses températures dans les locaux
- une forte production d'humidité dans l'habitation
- un manque de ventilation dans l'habitation.

Il est important de souligner que des problèmes de moisissures peuvent apparaître lorsque l'humidité relative est inférieure à 100 %. La formation de moisissures peut donc survenir plus rapidement que les problèmes de condensation.

La condensation superficielle et les moisissures peuvent être évitées par les quatre interventions suivantes :

- améliorer l'isolation thermique
- adapter la ventilation aux besoins
- augmenter la température dans les locaux
- limiter la production d'humidité.

Pour les constructions neuves, il est évident qu'en isolant et en ventilant correctement (conformément aux exigences entrées en vigueur depuis le 1^{er} décembre 1996), tous les problèmes de condensation et de moisissures doivent en principe être évités. Cela implique néanmoins que les occupants utilisent correctement les dispositifs de chauffage et de ventilation.

Dans les constructions existantes, on trouve souvent une combinaison de conditions défavorables (mauvaise isolation, ventilation insuffisante, etc.) qui engendrent quasi inévitablement des problèmes de condensation et de moisissures. Il faut dès lors agir au cas par cas pour connaître la meilleure approche possible. L'amélioration des dispositifs de ventilation est pratiquement toujours souhaitable et judicieuse.

L'amélioration de l'isolation thermique est également justifiée dans de nombreux cas, mais engendre souvent des travaux plus importants.

Références

- [1] CSTC
NIT153 Problèmes d'humidité dans les bâtiments. Bruxelles, 1984.
- [2] CSTC
NIT 192 La ventilation des habitations. 1^e partie : principes généraux. Bruxelles, 1994.
- [3] CSTC
NIT 202 Toitures en tuile de béton. Conception et mise en œuvre. Bruxelles, 1996.
- [4] Ministère de la Région Wallonne,
Direction générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie (DGTRE),
Division de l'Energie
La ventilation des logements.
Jambes, 1998.
- [5] Ministère de la Région Wallonne,
Direction générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie (DGTRE),
Division de l'Energie
Isolation thermique de la toiture inclinée.
Jambes, 1996.
Isolation thermique de la toiture plate.
Jambes, 1998.
Isolation thermique des murs creux.
Jambes, 1998.
- [6] CSTC, Electrabel, Université Catholique de Louvain.
Passive Low Energy Innovative Architectural Design.
PLEIADE. Bruxelles, Electrabel, septembre 1994.

La réalisation de cette brochure a été confiée au

Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC)
Etablissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947
21-23, rue de la Violette
B-1000 Bruxelles.

Rédaction : D. Ducarme, L. Vandaele, P. Wouters
Dessins techniques : Serge Peeters et Walter Verbesselt
Réalisation graphique et mise en pages : Robert Roodenburg

Comité de lecture et supervision :

- Myriam Hay, consultante au Guichet de l'Energie d'Ottignies
- Lutgarde Neirinckx, ingénieur, Styfabel (auteur de la version précédente);
- J.M. Guillemeau - CFFUL;
- J. Uyttenbroeck - directeur scientifique au CSTC
- M. Wagner - directeur de l'Information au CSTC
- la Division de l'Energie du Ministère de la Région Wallonne.

Brochure disponible sur simple demande au :

Ministère de la Région Wallonne
DGTRE - Division de l'Energie
Avenue prince de Liège, 7
B-5100 Namur

ou aux Guichets de l'Energie de votre région.

Le téléphone vert du Ministère de la Région Wallonne (08001-1901, appel gratuit)
vous informera de leurs coordonnées.

Dépôt légal : D/1998/5322/9

*Ministère de la Région Wallonne,
Direction générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie.
Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC).
Centre interdisciplinaire de formation de formateurs de l'Université de Liège.*



DGTRE

**Direction Générale des Technologies,
de la Recherche et de l'Énergie**

Avenue Prince de Liège, 7 • 5100 Jambes
Tél.: 081 33 55 06 • Fax : 081 30 66 00
<http://energie.wallonie.be>

**RÉINVENTONS
L'ÉNERGIE**