

Comparaison internationale
Bâtiment et énergie

C2- PAROIS OPAQUES
MURS, TOITURES, PLANCHERS A HAUTE
PERFORMANCE THERMIQUE EN
AUTRICHE, AU DANEMARK ET EN
ALLEMAGNE

Auteurs : Hafiane Cherkaoui (hafiane.cherkaoui@cstb.fr)
avec la participation de Marc Colombard-Prout
(marc.colombard-prout@cstb.fr)

Experts : Svend Svendsen (Université Technologique du
Danemark), Fritz Oetli (Architecte – POS Architekten – Autriche)

ADEME



PRÉBAT

PROGRAMME DE RECHERCHE
ET D'EXPERIMENTATION
SUR L'ENERGIE DANS LE BÂTIMENT

PUCA

plan
urbanisme
construction
architecture

INTRODUCTION

L'étude a pour objet d'évaluer les solutions techniques des Procédés d'Isolation à Haute Performance Thermique (PIHPT) pratiquées à l'étranger pour l'isolation thermique, voire l'inertie thermique, des parois opaques et d'analyser les conditions de leur transposition en France.

Le champ de l'étude a été limité à trois pays européens, l'Autriche, le Danemark et l'Allemagne où des solutions très performantes en termes d'isolation thermique sont déjà mises en application.

Seuls, l'Autriche et le Danemark ont fait l'objet d'une analyse par des experts extérieurs, les informations sur l'Allemagne sont issues en partie de l'étude sur les programmes d'opérations performantes et de données fournies par des industriels de l'isolation.

FICHE RESUME

Composant, sous-ensemble étudié	Paroi avec $U < 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ - sol, mur et toiture Référence : maison passive	
Pays	Autriche	Danemark
Procédures	Subvention pour la R&D et les opérations de démonstration. Les aides à la pierre attribuées par les Landër notamment sur la base de critères de performances énergétiques.	Besoin de règles de calcul (Codes) dans les activités de recherche et de développement Simulation de la consommation d'énergie dans le bâtiment existant.
Acteurs principaux	Ministère fédéral des transports, de l'innovation et de la technologie (BMVIT) ; la société Autrichienne pour l'Environnement et la Technologie (ÖGUT) et avec une forte mobilisation des industriels et des professionnels.	Gouvernement et compagnies de distribution d'énergie Secteur du bâtiment: propriétaires, fabricants de matériaux de construction, consultants, entrepreneurs. Instituts de recherche et de développement.
Principaux résultats	14 opérations de démonstration et près de 1000 maisons passives à la fin de 2005. Consommation énergétique réduite de $60 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$ à $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$ pour les bâtiments à basse consommation et à $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$ pour les maisons passives (maisons individuelles, logements collectifs et non résidentiels, jardin d'enfant, écoles, bureaux, bâtiment industriels et églises, ..)	Des bâtiments avec une enveloppe avec des coefficients de transferts thermiques inférieurs à $0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ont été réalisés comme avec des solutions courantes en neuf ou en rénovation. Le développement et l'utilisation de parois avec des valeurs du coefficient U de $0.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ont commencé.
Possibilité de transposition en France	Recours aux meilleures technologies courantes, les produits systèmes et technologie à basse consommation et les solutions pour les bâtiments passifs sont simples et disponibles pour tous. Adaptation des systèmes de double flux ainsi développés, Soucis des détails techniques de conception et de mise en oeuvre, Dispositifs d'évaluation, Dispositifs de mobilisations des acteurs privés, Structure des programmes de R&D et nature des opérations de démonstration,	Pas de difficultés majeures : besoin de développer l'isolation à haute performance thermique.

	Modalités de financement et de subvention au niveau national et régional permettant d'atteindre une part significative du marché, Changement dans les comportements dans les processus de prise de décisions	
Partenaire mobilisé	Fritz Oetll : architecte – POS Architekten	Svend Svendsen : professeur Département de Génie Civil de l'université "technique" du Danemark.

C.2.1 CONTEXTE, ANTERIORITE, DYNAMIQUES D'ACTEURS

CONTEXTES NATIONAL ET LOCAL

Autriche

Le contexte autrichien est très spécifique, notamment en ce qui concerne le financement du logement basé sur des aides à la pierre pour le secteur locatif comme pour l'accession à la propriété attribuées par les Landers. Ces aides bénéficient à 80% de la population (voir le rapport sur les programmes R&D en Autriche qui développent l'analyse des spécificités du contexte autrichien).

En Autriche, les expériences pilotes qui ont été prises comme références sont les maisons et bâtiments passifs réalisés en Allemagne et dans les pays scandinaves (en particulier en Suède).

Le secteur résidentiel des maisons individuelles représente 50 % du marché en neuf et constitue donc une part importante du potentiel d'économie d'énergie. De plus, c'est le domaine où la sensibilisation par rapport au coût de l'énergie est la plus marquée.

Les conditions du développement, en Autriche, des procédés d'isolation à haute performance thermique (PIHPT) peuvent être résumées comme suit :

- Des régions en zone alpine (environ 80%) avec des hivers longs,
- Une grande différence entre les régions rurales et urbaines : pour le rural, le chauffage est individuel et essentiellement au fioul avec une forte sensibilité au coût de l'énergie. Pour l'urbain, le chauffage est essentiellement fourni par des chaudières gaz ou des réseaux de chaleur alimentés par des chaudières d'incinération de déchets.
- Une sensibilisation à la dépendance par rapport à l'approvisionnement : par exemple, les difficultés récemment rencontrées pour l'acheminement du gaz de la Russie,
- Une forte dépendance à l'énergie fossile importée (fioul, gaz),
- Le refus du nucléaire : en effet, l'Autriche est le seul pays à avoir construit une centrale nucléaire qui n'a jamais été mis en service et qui ne peut pas développer l'hydraulique (barrages) à cause de l'opposition de la population à la défiguration du paysage.
- Un coût élevé de l'énergie : surcoût du transport pour le rural et surcoût lié aux réseaux et à leur maintenance pour les zones urbaines,
- Une forte sensibilisation de la population aux questions environnementales qui, en l'absence d'alternatives, se focalisent sur les bâtiments à faibles consommations énergétiques et le recours aux énergies renouvelables,
- Un code du bâtiment peu descriptif et très ouvert à l'innovation : durant les dernières années, les critères d'attributions des aides à la pierre en Autriche ont évolué rapidement en exigeant une faible consommation énergétique (inférieure à 45 kWh/m².an), voire moins dans certaines régions pour le neuf. Les bâtiments de référence sont les maisons passives avec aujourd'hui un objectif de 20% de part du marché d'ici 5 ans.
- Une sensibilisation au niveau des autorités : Programme national pour la R&D pour la conception et la durabilité des bâtiments mais aussi pour l'environnement. Au niveau local, certaines actions sont menées pour combiner l'efficacité énergétique et les aspects écologiques. Les budgets dédiés à ces activités restent très significatifs à l'échelle de la taille du pays.
- Un aspect réglementaire : la certification des performances énergétiques dans le cadre de la Directive Européenne sur les Performances Energétiques du Bâtiment est entrée en vigueur en 2006.

Les instituts de recherche qui ont contribué au développement des procédés sont principalement des établissements privés mais aussi des organismes publics, fortement impliqués comme l'OIB (Organisme Autrichien de la Construction).

Danemark

Les principales caractéristiques du contexte national et local qui ont favorisé le développement des procédés d'isolation à haute performance thermique (PIHPT), sont les suivantes :

- Incitation au développement et à l'usage des PIHPT par la R&D et les taxes sur l'énergie,
- Exigences du code du bâtiment pour l'utilisation des PIHPT.

Le transfert de ces procédés de la R&D au développement industriel résulte de recommandations d'instituts de recherche ou de centre d'information ainsi que d'une coopération directe entre R&D et industrie de la construction.

Les caractéristiques du contexte de développement de ces procédés peuvent s'expliquer par différents facteurs :

- Un climat relativement froid vu la situation géographique du pays, avec 3000 degrés jours.
- Le Danemark produit actuellement plus de pétrole et de gaz qu'il n'en consomme mais il devra à nouveau dans le futur importer de l'énergie d'origine fossile.
- Le Danemark s'est engagé de réduire de 21 % les émissions à effet de serre.
- Les contraintes sociétales se traduisent par des exigences renforcées dans le code du bâtiment
- Les sociétés qui produisent les isolants constituent un lobby important (Rockwool ...).
- Le coût de l'Énergie du chauffage pour les bâtiments de 0,1 euro par kWh (fioul ou gaz, taxe comprises)
- Parmi les conditions favorables, on peut citer les règles de construction qui sont basées sur des performances à atteindre et sur des descriptions de techniques et de solutions.
- Dès les années 60, le code du bâtiment a mis en place des exigences sur les performances thermiques pour l'enveloppe des bâtiments neufs.
- Politiques : actuellement l'incitation aux économies d'énergie est prise en charge par les compagnies de distribution d'énergie qui financent cette activité en ajoutant un léger surcoût au prix de l'énergie.
- Au niveau local, certains groupes ont convaincu des collectivités locales à mettre en place des exigences spéciales pour des bâtiments qui sont réalisés sur le foncier vendu par la collectivité locale ; ceux-ci doivent avoir des performances énergétiques supérieures à celles qui sont exigées par le code du bâtiment.
- Recherche : certains programmes de recherche ont financés le développement de maisons à hautes performances énergétiques.

Allemagne

En Allemagne, la période de chauffe dure environ 6 mois, de novembre à avril. Le pays est autonome pour sa consommation en électricité mais le chauffage électrique est quasiment inexistant. Néanmoins, pour le chauffage, l'Allemagne est complètement dépendante d'autres pays (gaz, fioul, essentiellement). Le charbon est encore un peu employé.

La conscience écologique des habitants est relativement développée ce qui conduit à une politique volontariste de l'Etat pour atteindre les objectifs fixés par le protocole de Kyoto.

Les règles de construction sont favorables, la première Réglementation Thermique, visant à économiser de l'énergie date de 1985. La réglementation actuelle ne fixe pas d'objectifs pour les éléments pris séparément, mais un seuil pour le bilan énergétique de l'ensemble de la construction. De plus, l'étanchéité à l'air de la construction est également imposée (volume d'air échangé $\leq 1,5$ fois le volume total du bâtiment pour une différence de pression de 50 Pa; pour une construction avec VMC, ou ≤ 3 fois le volume total pour une construction sans VMC).

Les incitations financières sont régionales et différentes d'un Lander à l'autre.

ANTERIORITES ET ORIGINES DES PROCEDES D'ISOLATION DE HAUTE PERFORMANCE THERMIQUE APPLIQUES AU MUR OPAQUE D'UN BATIMENT.

Autriche

Les premières maisons passives ont été construites en 1995 à des fins de démonstration. Ces premières maisons passives sont décrites avec des informations sur les détails de construction dans les catalogues industriels d'isolation en 1998.

Les acteurs pionniers pour développer les maisons passives ont tout d'abord été un petit groupe d'une vingtaine d'architectes et d'experts qui ont débuté leur action en 1993 par des séminaires.

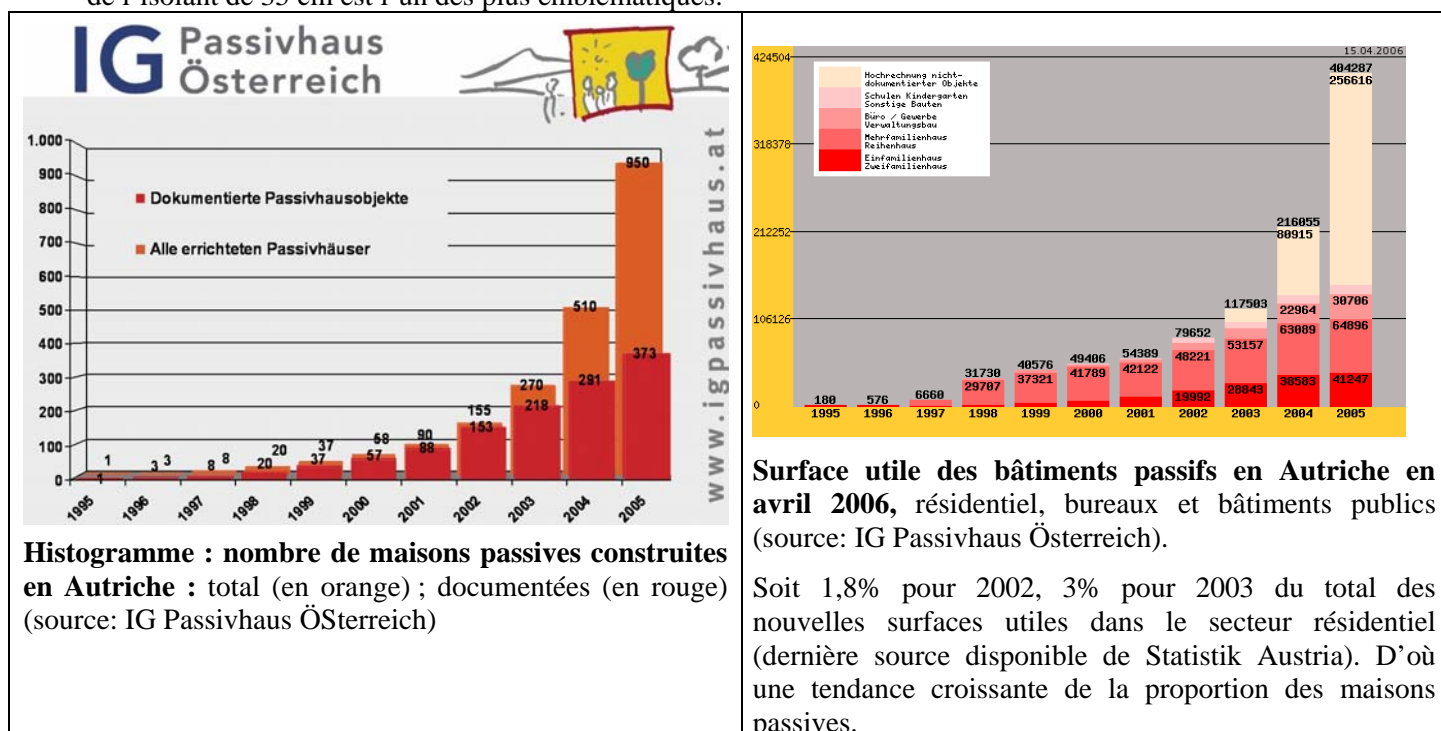
Parallèlement, les fabricants de matériaux d'isolation ont créé une organisation pour promouvoir une meilleure qualité thermique du bâtiment afin d'atteindre les objectifs du Kyoto et développer l'emploi dans le secteur de la construction. Une étude réalisée en 1994 a constitué un outil important pour convaincre les gouvernements fédéraux et régionaux d'engager des actions pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. Cela a même débouché sur émulation entre les régions, voire une compétition.

De 1998 à 2001, 84 maisons individuelles et appartements ont été construites, évaluées et documentées. Ces réalisations ont contribué à la diffusion efficace de l'information sur l'intérêt du sujet.

Par la suite, une action importante a été lancée avec un programme fédéral nommé "Haus der Zukunft – Maison du Futur" par le ministère pour l'innovation et la technologie.

Actuellement, 151 projets de R&D associant économie d'énergie et écologie sont achevés et parmi ceux-ci, 35 bâtiments démonstratifs jouent un rôle important pour la prise de conscience collective.

Ces projets ont permis le développement de produits et labels actuels associés au concept des maisons passives ou bâtiment à faible consommation énergétique. Parmi les paramètres adoptés, l'épaisseur minimale de l'isolant de 35 cm est l'un des plus emblématiques.



Danemark

Rappel historique : Au sein de l'université technique du Danemark (DTU), le laboratoire d'isolation thermique a été créé en 1959. Il a eu un rôle précurseur dans la recherche et le développement sur les économies d'énergie des bâtiments neufs et existants, avec une spécialisation sur l'amélioration de l'isolation des bâtiments. Dans les années 60, un important projet expérimental a démontré la possibilité, sans risque de développement des moisissures, de remplir les cavités de parois avec les matériaux d'isolation et de contribuer ainsi à une amélioration significative des performances thermiques des parois.

Après la crise pétrolière de 1973, une maison à consommation énergétique zéro, avec une enveloppe à forte isolation, a été développée et construite en 1975 sur le campus pour démontrer la possibilité de résoudre le problème de l'approvisionnement énergétiques par les économies d'énergie.

Ce projet s'est poursuivi par un projet de R & D sur la période 1976-1984 où 7 maisons individuelles ont été développées, construites et évaluées. La consommation annuelle pour le chauffage et l'eau chaude a été de 5000 kWh environ (pour des surfaces de sol de 140 m², soit 36 kWh/m²). Les épaisseurs d'isolants étaient de 20 à 50 cm avec des coefficients U de 0,20 à 0,10 W/(m²K). Les constructions ont été réalisées en utilisant à la fois des techniques traditionnelles et de nouveaux systèmes d'ossatures porteuses en bois.

Bien que les bâtiments expérimentaux atteignaient les performances attendues et étaient attractifs pour le marché, ces exigences n'ont pas été intégralement transposées dans les mises à jour du code de la construction. En effet, le code de 1985 avait seulement une exigence de 0,35 W/m²K pour les murs en briques.

La raison de cette application lente des résultats de R & D dans le code du bâtiment résultait en général du conservatisme du secteur du bâtiment et d'une focalisation sur les nouveaux systèmes de production énergétiques (charbon, cogénération, réseaux de chaleur, production nationale du gaz et du pétrole) dans le programme énergétique national des années 80.

En 1990, un nouveau programme national a été lancé avec le but de réduire la charge de chauffage pour les bâtiments neufs de 50% par des exigences dans le code du bâtiment de 1995 (25%) et de 2005 (25%). Les activités de R & D ont été financées pour préparer les bases techniques afin d'introduire les exigences dans le code du bâtiment.

De 1995 à 2005: le coefficient de transmission thermique U d'environ 0,20 W/m²K a été introduit dans les exigences thermiques du code du bâtiment.

Parallèlement, la Directive Européenne pour la Performance Énergétique du Bâtiment a été mise en place au Danemark et les performances énergétiques sont donc exprimées sur la base de la consommation énergétique globale du bâtiment. En même temps, les exigences sont devenues plus strictes et des coefficients plus faibles sont fréquemment utilisés.

Dans le code de 1995, les exigences sur la valeur U pour l'enveloppe du bâtiment était de 0,20 W/m²K, 0,30 W/m²K pour des parois lourdes (murs) et 0,15 W/(m²K) pour les toitures inclinées (rampants).

En se basant respectivement sur les activités R & D réalisées de 1995 à 2005, et sur les coopérations entre les instituts de recherche et le secteur de la construction (fabricants de matériaux et composants de procédés à faibles consommation d'énergie et différents constructeurs de maisons) un programme de réduction du chauffage a été introduit dans le code de 2006. Les exigences pour le neuf sont exprimées par un cadre énergétique.

Pour les bâtiments neufs ou les rénovations lourdes, les exigences sur le coefficient U sont les suivantes :

	U W/m ² K
Murs (lourds et légers)	0,20
Planchers	0,15
Planchers avec planchers chauffants	0,12
Toitures	0,15

Coefficients U au Danemark

Ces valeurs recommandées ne sont pas exigées dans les bâtiments neufs mais elles peuvent être utilisées comme indicateurs pour les valeurs U à atteindre sur une base volontaire. On peut remarquer que ces valeurs sont équivalentes, voire supérieures à celles exigées par le label suisse Minergie.

En plus des valeurs requises, le code définit deux classes pour les maisons à basse consommation énergétique avec un coefficient de consommation énergétique réduit de 25% et 50%. Ces exigences sont volontaires mais sont programmées par le gouvernement pour devenir obligatoire d'ici 2010 et 2015. L'idée est d'une part, d'encourager la construction de bâtiments plus performants que ceux qui respectent la réglementation et d'autre part développer la prise de conscience du secteur de la construction pour qu'il se prépare au changement dans les délais requis.

A l'avenir, des valeurs de U encore plus faibles, proche de 0,1 W/(m²K) vont devenir des valeurs types dont le but d'économiser l'énergie dans le bâtiment.

La base de développement des enveloppes à hautes isolation a été réalisé par les industriels de la construction, les fabricants de matériaux d'isolants et de composants qui ont mis sur le marché leur produits ou par le biais de projets RD financé par des fonds publiques..

Les acteurs clés ont été les grandes entreprises, les centres de recherche et les PME qui ont contribué d'une manière importante en tant que contractants pour la mise en œuvre.

La mise en œuvre des PIHPT est de même nature que la construction traditionnelle avec des épaisseurs plus importantes, l'isolation par l'extérieur étant courante au Danemark. Le processus de conception des PIHPT est identique à celui utilisé par les industriels pour développer de nouveaux produits en améliorant leurs performances. Dans certains cas, les projets de recherche et de développement ont été les catalyseurs du processus.

Allemagne

Les initiateurs des premières constructions allemandes du type maisons passives qui apparaissent au milieu des années 90, sont issus des milieux écologistes et du domaine de la construction. Parmi ces pionniers, il y avait des fabricants d'isolants alternatifs (fibres de cellulose ...) et ce sont des initiatives privés qui ont portés les premières constructions. Beaucoup de réalisations sont localisées dans la région de Springe-Eldachsen.

Des membres de ce collectif étaient déjà à l'origine de la réglementation imposant de construire "étanche à l'air" (1985). C'est également ce groupe qui a par la suite développé la théorie des systèmes constructifs "ouverts à la diffusion de la vapeur d'eau" qui est généralement traduite à tort comme "murs respirants". C'est aussi à Springe Eldachsen que des formations ont été lancées dans le domaine de l'étanchéité à l'air notamment pour le test de la porte soufflante (Blower Door)

Pour élargir le marché des isolants en fibres de cellulose par exemple, au départ limité à l'isolation dite écologique, les fabricants ont modifié leur stratégie de marketing et se sont orientés vers le marché traditionnel de l'isolation, ne mettant plus en avant les propriétés dites "écologiques" du matériaux, mais plutôt ses propriétés d'isolant thermique (avec une amélioration d'environ 20% sur la performance thermique). Les isolations réalisées en ouate de cellulose ont fait alors l'objet d'études expérimentales (suivies par exemple par le Fraunhofer Institut), de manières à en améliorer la qualité (meilleure conductivité thermique, moins de risques de tassement, une densité plus faible...) et pour en observer le comportement (caractère hygroscopique entre autre...).

Les acteurs moteurs qui ont porté l'innovation dans le domaine des maisons «passives», sont les industriels et les maîtres d'ouvrage privés ; l'obstacle principal étant le coût de la construction.

MOTIVATION DES ACTEURS

Autriche

Il n'y a pas eu de développements importants de nouveaux procédés mais plutôt une motivation des industriels de l'isolation à promouvoir des solutions plus performantes simplement avec des épaisseurs plus importantes ... ce qui permet de tripler le volume de vente et de faire des remises !

Les fabricants de fenêtre et de systèmes de ventilation étaient également très motivés par ce nouveau marché. Une première étape importante a été la renaissance des structures en bois (construction jusqu'à 4 étages) avec des coûts relativement faibles et des solutions techniques permettant de réduire les pertes énergétiques. Ces techniques sont souvent combinées avec d'autres techniques d'isolation en utilisant par exemple de la ouate de cellulose pour le remplissage des cavités de parois.

En ce qui concerne les nouveaux produits d'isolation sous vide (VIP) qui sont développés en Allemagne, certaines applications pour les murs et les toitures terrasses ont été brevetées par des PME, architectes et bureau d'études.

Jusqu'à présent, les sociétés gestionnaires de logements, qui réalisent jusqu'à 50 % du volume de la construction, n'avaient pas réellement demandé des produits innovants à des prix abordables. Cette situation a évolué au cours des dernières années à cause d'une part du coût de l'énergie qui est devenue une question d'intérêt national et d'autre part les consommateurs sont demandeurs de solutions innovantes, en particulier pour la rénovation.

Danemark

Les acteurs clés sont les instituts de R&D et les industriels ; tout particulièrement les fabricants de matériaux (isolants ...) et composants (fenêtres ...), mais aussi des fabricants d'autres matériaux pour l'enveloppe du bâtiment (membranes ...). Les actions clés sont la recherche et le développement de produits.

L'intégration de ces procédés dans l'enveloppe des bâtiments a été réalisée par les concepteurs et l'ingénierie aux plans techniques, architecturaux et économiques.

La commercialisation des procédés et sa diffusion sont assurées par le secteur industriel de la construction.

Ces développements sont portés par des réseaux d'acteurs existants.

Acteurs clés

En Autriche :

- un certain nombre d'institution comme l'OIB et depuis quelques années, quelques promoteurs à but non lucratif, qui ont développés un projet pilote pour établir un standard de maison passive.
- Le ministère de l'innovation et de la technologie qui avait lancé un programme de bâtiment durable avec des résultats très significatifs.
- L'état et les régions qui ont promu aussi l'efficacité énergétique dans les bâtiments au travers des aides à la pierre.

Au Danemark, les décideurs clés sont le gouvernement avec son programme d'économie d'énergie, l'agence gouvernementale chargé de la mise au point du code du bâtiment, en coopération avec le secteur du bâtiment d'une manière générale.

Acteurs moteurs

En Autriche, les industriels ont réalisé de la R&D pour améliorer la conductivité thermique des isolants. Par exemple, la conductivité thermique du polystyrène expansé PSE est passée de 38 mW/mK à 32, voire 30. Par ailleurs, pour réduire les ponts thermiques des rupteurs spécifiques ont été développés.

Les programmistes, concepteurs et architectes constituent les principales forces motrices tandis que les propriétaires de logement conscient des questions énergétiques demeurent des prescripteurs essentiels.

Enfin, un nombre limité de journalistes essaient aussi de promouvoir le thème des économies d'énergie.

Au Danemark, les acteurs moteurs sont issus du domaine de la R & D , principalement des industriels, mais aussi des centres techniques, constructeurs, prescripteurs, entrepreneurs, consommateurs ou utilisateurs, architectes, autorités locales,....

Acteurs résistants

Autriche

Une partie limitée de la R&D au sens large, y compris chez les fabricants, qui ont été parfois réticentes au développement des parois à haute performance.

En ce qui concerne les architectes et les BE (ingénierie) ; on constate l'existence de deux communautés bien séparées : une qui s'intéresse aux questions du développement durable et l'autre principalement préoccupée par la conception esthétique formelle avec très peu de lien entre les deux approches.

Les propriétaires institutionnels et les promoteurs ne font pas encore la promotion du concept de bâtiment performant sur le plan énergétique hormis quelques opérations exemplaires.

Les collectivités locales n'adressent pas avec suffisamment d'attention, l'impact des politiques d'utilisation du sol sur l'efficacité énergétique.

Les codes de la construction ont en moyenne un mauvais standard sur l'efficacité énergétique parce qu'ils ne sont pas concernés par l'aide à la pierre comme pour le logement.

Danemark

Les acteurs les plus résistants (voire opposés) au développement des PIHPT sont principalement les architectes et les entrepreneurs qui souhaitent conserver les solutions traditionnelles. Au début, certains fabricants de blocs (briques et béton) ont été réticents mais aujourd'hui leur position est plutôt positive car ils ont développé des solutions techniques à haute performance pour économiser l'énergie (particulièrement pour le mur).

C.2.2 CONTENU DE L'INNOVATION

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

Concepts du système

Autriche

Les deux principaux types de constructions utilisés sont les suivantes :

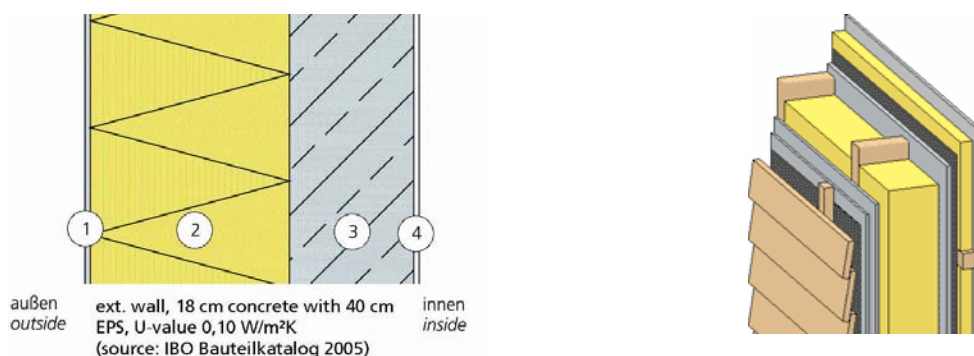
- Parois lourdes : béton, blocs béton, briques ...
- Parois légères : ossatures en bois,

Les deux approches sont utilisées pour réaliser des maisons passives et le choix dépend principalement de la culture des investisseurs, de leurs préférences ou ce qu'ils pensent être les préférences des consommateurs (what does he like or think that the consumer likes) ainsi que de l'utilisation du bâtiment et du nombre d'étage. Par exemple, tous les bureaux et logements collectifs sont construits avec des parois lourdes. Néanmoins, il faut noter qu'en 2005, un premier bâtiment de 4 étages a été réalisé en associant parois lourdes et ossatures bois.

Deux exemples de parois représentatives des techniques de mise en œuvre sont présentés ci-après :

- Une paroi lourde : 18 cm de béton avec une isolation extérieure de 40 cm de polystyrène expansé, coefficient U de 0,1 W/m²K
- Une paroi légère en bois avec un coefficient U de 0,13 W/m²K

Comme l'indique les valeurs des coefficients U, la différence essentielle entre ces deux types de paroi n'est pas leur pouvoir isolant mais leur inertie thermique (capacité à déphaser la sollicitation radiative ou thermique et à stocker de l'énergie) qui sera très différente. La paroi lourde et épaisse jouera un rôle très favorable, en été, pour éviter les surchauffes.



Exemple de deux systèmes développés pour répondre à des contraintes architecturales, techniques et de mise en œuvre. (www.ibo.at)

Le problème majeur des solutions avec parois lourdes est la perte de surface utile qui est de l'ordre de 5% par rapport aux standards des bâtiments courants. Bien sûr, cet aspect n'est pas du tout apprécié par les investisseurs. Les isolants sous vide (PIV Panneaux Isolants sous Vide ou VIP – Vacuum Insulation Panels) pourraient résoudre ce problème mais ils sont encore trop onéreux pour constituer une réelle alternative dans le neuf mais pourraient trouver des applications intéressantes dans l'ancien.

Les bâtiments de faibles hauteurs, avec moins de 3 à 4 étages, avec une ossature bois ou avec des parois préfabriquées en bois peuvent aussi permettre résoudre ce problème d'épaisseur car ils intègrent l'isolation

entre la structure porteuse et fournissent une surface utile satisfaisante avec une excellente performance thermique. Ces constructions nécessitent une très grande attention tout au long du processus de construction, de la conception à la réalisation sur chantier. Souvent l'absence de savoir faire pour la mise en oeuvre sur site amène les promoteurs et les entreprises de bâtiment à se retirer des maisons passives.

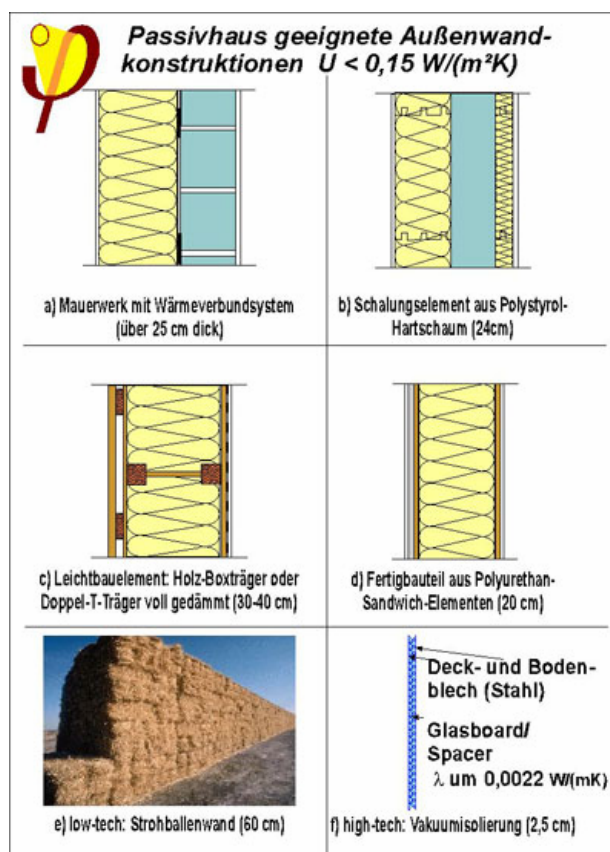
La forte isolation des murs et planchers n'a de sens que si elle est intégrée dans une solution globale de chauffage, de rafraîchissement et de ventilation à basse énergie, par conséquent le concept doit être planifié dès le début du projet (voir la brique "architecture globale"). Dans ce cas, un haut niveau de confort avec des coûts énergétiques très bas et des coûts d'investissement acceptables peut être garanti. La culture traditionnelle des concepteurs en Autriche est généralement opposée à cette nouvelle démarche globale. De plus, l'ingénierie du chauffage, du rafraîchissement et de la ventilation est généralement impliquée trop tardivement dans les projets.

Au début, il y a eu de fortes interrogations de la part des architectes pour traiter la très faible charge de chauffage dans les maisons passives. En effet, une maison passive se traduisait souvent par des murs très épais avec de petites fenêtres (PassivHaus = BlockHaus). Depuis, la forme des bâtiments est mieux prise en compte et la qualité des fenêtres (voir brique parois transparentes) permet de concevoir des espaces intérieurs qui peuvent bénéficier largement de l'éclairage naturel. De même, il y avait au départ de vraies difficultés techniques pour concevoir et réaliser des bâtiments absolument étanches à l'air. Depuis, la plupart des problèmes de joints et de fuite ont été résolus et des tests ont été mis au point tel que le test de perméabilité à l'air (blower-door/porte soufflante) qui constitue un outil pratique et raisonnable pour vérifier l'étanchéité à différents stades de réalisation du bâtiment ou des ajustements peuvent encore être aisément réalisables : le test est fait généralement avant la mise en place de l'isolation par l'extérieur.

Danemark

Les principales techniques utilisées pour les parois à haute performance thermique sont basées essentiellement sur l'utilisation d'isolants en fortes épaisseurs, la réduction des ponts thermiques et l'augmentation de l'étanchéité à l'air.

Les systèmes développés pour assurer l'aptitude à l'emploi des produits sont basés sur des analyses détaillées des ponts thermiques, en utilisant des documents techniques (tableaux, normes) de construction ou en faisant des calculs avec des outils de modélisation 2-D. Des tests in situ de mesure de la perméabilité à l'air (par la mise en pression ou dépression - test de la fausse porte ou porte soufflante – blower-door) et la visualisation des déperditions énergétiques par caméra infra rouge sont aussi effectués.



Exemple de systèmes qui répondent aux exigences des maisons passive : $U < 0.01 \text{ W}/\text{mK}$

De la botte de paille à l'isolant sous-vide.

(Source : Guerriat, A. *La maison passive : Introduction pour les architectes et futurs maîtres de l'ouvrage*, édité par l'auteur, Thuin, septembre 2006, 162 pages)

Technologies représentatives

Autriche

Il est nécessaire de distinguer les parois lourdes avec des procédés composites et les constructions à ossature bois. Les procédés d'isolation les plus utilisés sont les panneaux de polystyrène expansé ou en laine minérale pour les parois lourdes alors que la laine minérale en rouleaux est utilisée dans les constructions en bois. Le remplissage avec de la ouate de cellulose des cavités dans les structure en bois est aussi une solution utilisé. Le liège est très rarement employé. Très exceptionnellement on a recours à des VIP pour des applications très spéciales où une très forte isolation d'épaisseur faible est nécessaire. Ces VIP peuvent être associés à des panneaux de façades en aluminium par exemple pour les protégés.

Les structures types sont les suivantes :

- béton dans les zones urbaines et pour les bâtiments et logement collectifs à plusieurs étages
- briquettes jusqu'à 5 étages, souvent associées avec une structure béton, comme matériaux de remplissage,
- briques dans les maisons individuelles,
- ossature bois avec des panneaux massifs en bois porteur de 10 cm dans les petits projets de logements, jusqu'à 3 - 4 étages,

Les systèmes de fixation :

- fixation des panneaux de polystyrène expansé et de fibres minérale avec un mortier adhésif et des fixations en métal ou PVC selon la stabilité nécessaire,
- dans les structures en bois, l'isolant est inséré dans les cavités ou maintenu par des tasseaux ou liteaux,

Les systèmes de protection extérieure :

- principalement pour les panneaux de polystyrène expansé, avec une couche décorative de 2 à 3 mm ou une alternative écologique avec un plâtre inorganique de 10 mm,
- panneaux de revêtement en bois ou en fibre de ciment pour l'ossature bois,
- quelques exemples intéressants sur l'utilisation des panneaux solaires comme solution pour le bardage,

Les méthodes utilisées pour éliminer les ponts thermiques :

- fixations non métalliques, des structures de balcon séparées du bâtiment par des rupteurs de ponts thermiques
- dans le cas de liaison, celle-ci doit être ponctuelle avec une très faible conductivité thermique,

Les méthodes utilisées pour assurer l'étanchéité à l'air :

- pour les structures massives, l'étanchéité est plus facile à traiter mais la principale question reste la jonction mur-fenêtre qui doit être traitée avec des membranes spécifiques,
- les constructions en bois utilisent une séquence précise d'épaisseurs d'isolants auxquelles sont associés le pare vapeur et le pare vent (ou pare air) qui ont une importance spéciale. Ces membranes sont du type feuilles d'aluminium, membranes tissées ou synthétiques,
- les installations électriques nécessitent des solutions pour le calfeutrement des orifices en utilisant des mastics car la mousse n'est pas suffisamment étanche.

Danemark

Les principaux procédés utilisés peuvent être caractérisés de la façon suivante :

- les produits isolants utilisés sont des produits traditionnels en laine minérale (de verre et de roche), polystyrène expansé ou extrudé, argile expansée, béton allégé. Les autres produits isolants tels que les produits naturels représentent une part de marché encore marginale et les produits super isolants (VIP) ne sont pas encore utilisés.
- les principaux systèmes utilisés pour une intégration au cadre bâti : isolation intérieure, extérieure, réparties ...
- les supports et structures porteuses : béton, brique, ossature bois ou acier mais aussi du béton avec des agrégats en argile expansée et du béton allégé.
- le système de fixation de l'isolation : pour le cas des murs construits en briques, le mortier colle utilisé pour maintenir les isolants est installé de telle façon qu'il n'existe pas de lame d'air entre le mur intérieur et l'isolant. Dans le cas de mur à ossature bois, une enveloppe (membrane) est utilisée pour maintenir l'isolant mais aussi pour le protéger contre tout mouvement d'air dû à l'effet du vent (réduction de la perméabilité à l'air).
- les revêtements extérieurs de protection : enduits, bardages, vêtements ...
- les modalités de traitement des ponts thermiques : une bonne conception et l'utilisation de matériaux porteurs isolants comme les blocs béton avec des agrégats d'argile expansée en fondation et planchers.
- les modalités de traitement de l'étanchéité à l'air : deux ou plusieurs couches d'isolation avec traitement des jonctions entre lés (en pose croisée), des films ou membranes d'étanchéité à l'air, des panneaux de fibres de bois et des plaques de plâtre.

DESCRIPTION DES PRODUITS ET MODALITES D'INTEGRATION ARCHITECTURALE

Les principaux matériaux utilisés sont le polystyrène expansé et la laine minérale. Le polystyrène expansé présente des avantages coût-bénéfice mais aussi des inconvénients par rapport à la sécurité incendie qui doit être prise en compte en mettant en place des barrières de protection comme par exemple de la laine minérale. La transmission de la vapeur doit être aussi prise en compte avec beaucoup d'attention et les pare-vapeur côté intérieur doivent être mis en œuvre avec beaucoup de soin.

Les laines minérales ont l'avantage d'être plus souples pour traiter les surfaces irrégulières. De plus, ce matériau facilite la diffusion de vapeur (souvent appelé à tort "respiration") dans le bâtiment.

A noter que l'isolation renforcée par l'extérieur est la plus répandue pour les bâtiments importants (immeubles). Cependant, les entrepreneurs rencontrent des difficultés pour intégrer ces procédés dans leurs processus de construction sur chantier compte tenu des compétences de la main d'œuvre.

HORIZON TEMPOREL

Autriche

Quelques recherches ont été mises en place pour réduire l'épaisseur de l'isolation, mais aujourd'hui, on peut dire que les solutions matures, comme précédemment mentionné, sont le polystyrène expansé (PSE) et la laine minérale. Les solutions émergentes sont des procédés spéciaux comme les isolants sous vide.

Les solutions en cours de développement en Autriche sont les matériaux dits "écologiques" comme les fibres de bois, laine de coton, chanvre, fibres végétales... D'autres matériaux d'origine agricole, comme la paille sont en cours d'expérimentation mais ne sont pas encore industrialisés à grande échelle.

Danemark

Le développement des procédés d'isolation à haute performance thermique résulte de la réglementation et des révisions du code du bâtiment. Les perspectives sont d'ajuster les nouvelles exigences tous les 5 ans.

Les systèmes ayant un coefficient U inférieur à 0,20 W/m²K sont considérés comme des procédés d'isolation traditionnels et performants. Les systèmes avec un U inférieur à 0,10 W/(m²K) sont considérés comme des nouvelles solutions mais déjà dans une phase mature.

Innovation "mature" (un peu chère encore !)

Autriche

Les techniques d'isolation éprouvées sont les suivantes :

- pour les parois lourdes, le polystyrène expansé est le plus utilisé tandis que la laine minérale est utilisée pour les grands bâtiments (de hauteur inférieure à 26 m),
- pour les constructions à ossatures bois, la ouate de cellulose est la plus utilisée devant la laine minérale.

Le polystyrène expansé et la laine minérale sont les produits les plus souvent mis en œuvre.

Pour ces solutions, il n'y a pas de difficultés techniques majeures. Les fabricants d'isolants offrent des formations et des sites d'informations. Les problèmes techniques liés aux fortes épaisseurs d'isolants sont rares, les entreprises de construction maîtrisent pour la plupart le savoir faire. Les difficultés sont liées principalement à la perte de surface, en raison de l'insuffisante évolution des règlements d'urbanisme qui ne permettent pas toujours une densification plus importante pour les bâtiments durables.

En ce qui concerne la durabilité des performances, le polystyrène expansé présente quelques risques d'endommagement lorsqu'il est mis à l'extérieur: dégradation de revêtements de façade en soubassement. En générale, les solutions à fortes épaisseurs ne bénéficient pas encore d'un recul suffisant pour apprécier la durabilité de leurs performances.

Danemark

Les technologies éprouvées sont toutes mises en œuvre avec des produits isolants traditionnels dont l'épaisseur est supérieure à 25 cm. Les procédés d'épaisseur supérieure à 50 cm ne sont pas encore répandus mais viennent d'être introduits pour les planchers et plafonds dans les bâtiments à faible consommation énergétique. Les produits isolants classiques sont le plus souvent utilisés.

Les difficultés liées au coût des produits, à leur commercialisation, à leur durabilité et au savoir-faire pour la mise en œuvre, ne constituent pas de réelles barrières pour une large diffusion de l'isolation à haute performance thermique. Les difficultés rencontrées sont essentiellement dues aux exigences du code du bâtiment et au «conservatisme» des compagnies du secteur de construction.

Il n'y a pas de problèmes particuliers sur la durabilité de performances de ces procédés.

Innovation « émergente » (expérimentation)

Autriche

Les solutions en cours d'expérimentation :

- Le développement de la laine minérale pour son utilisation en une seule couche épaisse au lieu de deux.
- La paille est en voie de développement mais de manière marginale en zone rurale,
- Une faible augmentation des procédés à base de liège, de fibres végétales, de noix de coco, de coton, et de laine de mouton,
- Les panneaux avec de fortes épaisseurs pour les solutions éprouvées,

Les acteurs supports :

- ISOCELL et CPH pour la cellulose,
- ISOVER ou HERAKLITH pour le chanvre ou des produits à base de fibres végétales,
- STO pour les panneaux en laine minérale,
- ISOLENA ou WOLIN pour la laine de mouton en rouleau ou en vrac.

Les barrières ou difficultés à franchir pour que ces solutions émergentes deviennent matures sont dues au fait que le marché est déjà occupé par les produits standards distribués par les grands industriels fabricants d'isolants. Les fabricants de solutions alternatives avec un impact plus faible sur l'environnement n'ont pas les ressources financières suffisantes pour mettre en place des chaînes de fabrication et assurer la distribution ; néanmoins, il y a un marché pour ces solutions alternatives.

Danemark

Les solutions émergentes, telles que les produits naturels avec de fortes épaisseurs, ont fait l'objet d'activités de R & D pour la plus part des solutions possibles mais elles n'ont pas intéressé les acteurs d'une manière générale.

Les résultats de recherche sur les performances sont documentés mais ne montrent pas de réels avantages par rapport aux techniques conventionnelles. Dans la plus part des cas, elles présentent plutôt des désavantages notamment pour le temps nécessaire à leur mise en œuvre (ces produits nécessitent beaucoup plus d'attention à la pose que les produits traditionnels). En conclusion, pour le Danemark, ces matériaux dits "écologiques" ne sont pas la solution aux problèmes de développement de maisons à basse consommation.

Innovation "à l'horizon" (recherche)

Autriche

Les solutions futures

- les supers isolants VIP (ou panneaux isolants sous vide) sont intéressants par leurs faibles épaisseurs et par le gain en surface utile lors de la mise en oeuvre,
- les panneaux en polystyrène expansé ont semble-t-il encore un potentiel de développement pour réduire la conductivité thermique,
- les produits à base de paille peuvent se développer pour devenir une des solutions standards en zone rurale,

Les difficultés rencontrées pour développer ces solutions résultent du fait que le marché Autrichien est petit et que les entrepreneurs restent par nature encore très prudents. Mais on peut aussi noter une absence de liens entre une petite communauté de concepteurs "verts" innovants, les PME et les grands acteurs du marché du domaine du bâtiment.

Danemark

La recherche et le développement de nouvelles technologies telles que les supers isolants, ou isolants sous vide ne sont pas réellement développés au Danemark sauf pour les pare-vapeur de fonctionnalités avancés et les aérogels pour les isolants transparents dans le domaine du vitrage. La mise en œuvre de parois à haute performance thermique avec des coefficients U inférieurs à 0,1 W/m²K passe donc généralement par l'augmentation des épaisseurs. Ce procédé peut être largement diffusé sur le marché.

La R&D doit se focaliser dans le futur sur le développement de nouveaux produits et la conception globale en prenant en compte toutes les performances (acoustiques, environnementale ...) et pas uniquement les performances énergétiques, mais les financements sont insuffisants.

CHAMP D'APPLICATION

Résidentiel (individuel/collectif)

Neuf ou Rénovation (interventions lourdes)

Autriche

Les projets en cours sont basés sur les standards des maisons passives établis pour des maisons individuelles mais qui démarrent aussi pour les constructions sociales (petits collectifs ...). Il semble qu'il y ait un potentiel pour que ces constructions deviennent de nouveaux standards dans le bâtiment.

Comme précédemment mentionné, les principaux PIHPT utilisés sont les panneaux de polystyrène expansé (devant la laine minérale) pour les parois lourdes et la cellulose (devant la laine minérale) pour la construction légère en bois.

L'isolation par l'intérieur est inexistante pour les nouvelles constructions.

Les constructions à ossatures métalliques porteuses sont quasiment inexistantes pour l'habitation.

Les acteurs clés sont les propriétaires de maisons individuelles incités par les critères d'attribution des aides à la pierre. Durant les trois dernières années les promoteurs ne se sont pas réellement saisis de la demande et des potentialités des bâtiments à basse consommation d'énergie.

Les acteurs moteurs sont quelques PME, des groupes de lobbying et des programmistes ainsi que quelques bailleurs sociaux.

Les plus résistants sont le grand public, principalement pour des raisons économiques : le développement futur nécessite donc d'établir des définitions claires des avantages pour le grand public lorsque l'on utilise les procédés à basse consommation énergétique.

Danemark

Projets et applications en cours : des logements collectifs construits dans les années 1960 avec des éléments sandwichs préfabriqués et des bâtiments plus anciens construits avec des blocs en briques ont besoin d'être rénovés surtout les façades qui présentent des dégradations et par conséquent, des problèmes de déperditions thermiques et l'apparition de moisissures. Pour combiner rénovation et économie d'énergie, on a recours à

l'isolation par l'extérieur protégée par des écrans pare-pluie. Cette technique permet de réduire les effets de ponts thermiques. Des systèmes avec ou sans ossatures en bois ou métallique sont aussi utilisés.

Il y a quelques années, la surface estimée de l'isolation de façades au Danemark en rénovation, était d'environ 100.000 m² par an. Les épaisseurs d'isolants les plus utilisées varient entre 10 et 15 cm.

Les principaux acteurs moteurs pour la rénovation sont les propriétaires de patrimoines immobiliers qui souhaitent améliorer l'état des bâtiments (moisissures, dégradation de façades, ...).

Les évolutions futures consistent à développer des solutions pour l'isolation par l'extérieur dans le but de mettre l'existant au même niveau que les maisons à faible consommation énergétique mais actuellement l'amélioration du niveau d'isolation en utilisant l'isolation par l'extérieur reste très coûteuse.

Il y a donc un besoin de développement des procédés d'isolation par l'extérieur performant (isolation + pare-pluie) pour des bâtiments démonstrateurs avec une esthétique acceptable et facile à entretenir.

Par exemple, de nouveaux bardages (dimensions et aspects différents) pourraient être conçues et ainsi remplacer les briques traditionnelles utilisées en paroi extérieure.

Réhabilitation, Amélioration de l'existant (interventions limitées)

Autriche

Actuellement, plusieurs projets de réhabilitation de maisons individuelles en appliquant la norme maison passive sont en cours. Les PIHPT les plus utilisés sont ceux utilisés dans la construction neuve, mais avec d'avantage de laine minérale (plus souple) en raison de l'état des parois anciennes.

Il y a un grand potentiel d'économie d'énergie dans les bâtiments existants (stock) construits au 19^{ème} et 20^{ème} siècle. Environ 50% ont de mauvaises performances thermiques (en moyenne 150 kWh/m²a).

Jusqu'à présent, les acteurs clés sont les concepteurs et les programmistes, ainsi que le lobbying de la communauté des maisons passives.

Le développement futur dépend du budget des Länders et des critères d'attribution des aides à la pierre pour la réhabilitation

Danemark

Projets et applications en cours : les vides d'air dans les anciens murs (cavity wall) en briques sont remplis par de la laine minérale en vrac. Cette technologie, développée et décrite dans les années 50, été utilisée à grande échelle mais certaines vieilles maisons n'ont toujours pas d'isolation dans les cavités de murs (cavity wall).

Les principaux systèmes utilisés sont des procédés d'isolation des combles, en utilisant des isolants avec 20 à 30cm et des murs avec 7 cm d'isolation. Les principales actions sont à l'initiative des propriétaires.

Les évolutions pour l'avenir s'orientent vers le développement de systèmes complets pour la rénovation de l'enveloppe qui sont utilisables par les bricoleurs et les professionnels. Un ensemble de matériaux et d'instruction d'installation avec une documentation sur les performances et leur durabilité peuvent être utiles pour aider à adopter ces systèmes.

Non Résidentiel (Bureaux, Enseignement, Santé, Commerces, Hébergement/Restauration, Industriels, Agricoles)

Neuf ou Rénovation (interventions lourdes)

Projets en cours en Autriche : à la fin de 2005, 31 bâtiments de bureaux, 7 bâtiments publics (écoles et logement du gardien) et 6 autres (commerce, tourisme) ont été réalisés, sur la base du standard maison passive, et documentés. Parmi les types de construction on trouve :

- 11 bâtiments avec des parois lourdes (briques, béton),
- 10 avec une structure mixte (béton allégé), panneaux pleins préfabriqués en bois,
- 24 en structure bois avec une épaisseur d'isolation supérieure à 30cm.

Au total, la surface est estimée à 29500m².

Danemark

Des études récentes sur la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre indiquent que la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel au Danemark peut être réduite de 80% sur les 40 prochaines années en généralisant dans l'existant les mesures prises pour réduire la consommation énergétique en construction neuve. En particulier, en utilisant des systèmes énergétiques à faible consommation énergétique ou en utilisant uniquement des énergies renouvelables on pourrait aboutir à un arrêt complet des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le secteur du bâtiment. En effet, la principale source de GES est la combustion d'énergies d'origine fossile.

La conception de nouveaux bâtiments en ayant recours aux PIHPT, source d'économie d'énergie, bénéficierait d'un processus de prise de décision plus rationnel qui permettrait de définir des solutions plus performantes à moindre coût. Cette approche est également nécessaire aux différentes phases de construction, exploitation, démolition et réutilisation.

Pour l'amélioration du patrimoine existant, l'utilisation des PIHPT dans la rénovation des bâtiments doit conduire à la diminution de la consommation énergétique, améliorer le confort et augmenter la durabilité des bâtiments. Dans certains cas l'architecture extérieure doit être préservée mais ce n'est pas le cas pour la majorité d'entre eux.

Non Résidentiel (Bureaux, Enseignement, Santé, Commerces, Hébergement/Restauration, Industriels, Agricoles)

Les hôtels représentent un grand potentiel parce que les coûts de l'énergie et le confort sont des points clés pour le succès du tourisme dans l'avenir.

Pour les bâtiments de bureaux, le marché décidera si les locataires deviendront sensibles au coût de l'énergie ou si les propriétaires et/ou gestionnaires introduiront des loyers toutes charges comprises pour des bâtiments à faible consommation d'énergie.

Pour les hôpitaux et les maisons de retraite en Autriche, plusieurs exemples de bâtiments montrent un grand potentiel avec quelques points particuliers : besoin de températures élevées dans les chambres, besoin d'air frais et propre pour des raisons d'hygiène, explosion du prix de l'énergie).

C.2.3 MISE EN ŒUVRE

FIABILITE DE LA MISE EN ŒUVRE SUR CHANTIER

Conception des éléments constituant les procédés de haute performance d'isolation thermique adaptés au chantier

Les composants utilisés pour les bâtiments neufs, mais aussi dans l'existant, sont les produits industrialisés (isolant en panneaux, en rouleaux, etc). Ils font l'objet de procédures d'évaluation ou de normes et répondent aux besoins des chantiers.

En Autriche, le nombre de bâtiments réalisés selon le concept des maisons passives apportent dès maintenant une expérience suffisante pour développer ce type de bâtiments.

L'implémentation et l'intégration des PIHPT dans les bâtiments ne posent pas de réelles difficultés dans le cas du neuf, hormis la nécessité de nouveaux développements de l'enveloppe des bâtiments et des optimisations économiques. En ce qui concerne l'existant, de nombreux problèmes mineurs sont rencontrés mais généralement résolus.

Quelques exemples de difficultés rencontrées :

- Pour l'isolation par l'intérieur : contraintes d'espace et problèmes potentiels de moisissures dues à l'humidité où les parois vapeur ne sont pas toujours complètement étanches (jonctions, déchirures ...). L'isolation par l'intérieur est une méthode qui n'est pas recommandée en raison des exigences sur les surfaces utiles.
- Pour l'isolation par l'extérieur : problèmes dus à la liaison fenêtres-murs et toiture-murs qui sont généralement résolus en utilisant des solutions combinées.

Acceptabilité par les entreprises de construction

Avantages et inconvénients des techniques

- L'utilisation du standard des maisons passives qui exige une qualité de mise en œuvre supérieure permet de réduire les dommages ultérieurs et les frais qui en découlent,
- Techniques de pose et outillages : on peut considérer que les mêmes techniques et outils sont utilisées pour la mise en œuvre des fortes ou faibles épaisseurs d'isolants dans ces pays où l'isolation par l'extérieur domine. Des dispositifs de fixation non-métallique des isolants épais sur les murs extérieurs, ont du être développés afin d'éviter la création de ponts thermiques, ainsi que des rupteurs thermiques, notamment pour les fondations.
- Gestion des délais de mise en œuvre : des investissements pour la formation des artisans et des coûts supplémentaires de supervision de chantier sont nécessaires, mais ces besoins disparaîtront lorsque le standard sera établi.
- Productivité et rentabilité sur chantier : certains entrepreneurs du bâtiment se focalisent sur le standard des maisons passives comme argument de vente, mais la majorité des entrepreneurs n'aiment pas l'isolation épaisse car elle nécessite des ouvriers plus qualifiés donc mieux rémunérés, plus de supervision du chantier alors que le critère du prix est l'élément déterminant dans la construction.
- Délais de livraison des produits : plus élevé dans les structures bois pour les panneaux préfabriqués.
- Il n'y a pas de problèmes particuliers liés au stockage, à la manutention ou à la fragilité (rouleaux compressés de laine minérale, ...)

Bien entendu, tout changement dans le travail réalisé par les entreprises va créer des problèmes d'adaptation.

Il y a aussi la nécessité de distinguer les gagnants potentiels comme les entreprises de maçonnerie et de gros œuvre qui peuvent se diversifier dans l'isolation par l'extérieur et les perdants probables comme les chauffagistes et les plaquistes.

Compétences des poseurs - installateurs

Les procédés nécessitent des compétences particulières notamment pour maîtriser tous les détails ou points singuliers de mise en œuvre tels que les jonctions mur-sol, les liaisons mur-fenêtre ou le jointement des lès d'isolants. Une attention toute particulière doit être apportée aux détails de mise en œuvre qui présentent une importance cruciale pour atteindre les performances attendues !

Professions concernées

En Autriche, l'isolation est habituellement réalisée par des entreprises de bâtiment, des façadiers, des charpentiers. Il n'y a pas de nouvelles professions dérivées.

Enfin, il y a des offres de formation sur la mise en œuvre, et plus particulièrement pour les points de détails (ponts thermique, étanchéité à l'air ...), proposées par les fabricants d'isolants et certaines organisations à but non lucratif soutenues par l'administration dans le domaine du bâtiment, les autorités locales et certains groupes de lobby.

Apparition de Professions Nouvelles

Aucune nouvelle profession n'a été créée mais de nouvelles formations qui portent sur l'isolation à haute performance, l'étanchéité à l'air, la régulation de l'air intérieur. Ce savoir-faire est apporté par de nouveaux instructeurs pendant une période plus ou moins longue jusqu'à la diffusion du savoir-faire à l'ensemble du marché.

Les formations de qualifications ont été assurées dans le cadre de séminaires organisés pour les programmistes et les superviseurs de chantier et aussi au cours d'ateliers pour les ouvriers et artisans.

SPECIFICITE DE MISE EN ŒUVRE

Pour chaque secteur de construction (résidentiel/tertiaire), les spécificités de mises en œuvre peuvent être caractérisées par un certain niveau de difficulté.

En Autriche, pour les premiers bâtiments (jusqu'en 2000 environ), il y avait de nombreux problèmes dans la mise en œuvre du standard des maisons passives. Mais le retour d'expérience a permis d'acquérir un savoir faire important et les structures à ossature ont fait parallèlement un grand bond en avant en termes de conception, fabrication et mises en œuvre.

Des catalogues décrivant les détails des solutions éprouvées et des spécifications ont été mis à disposition avec des procédures et des règles de mise en œuvre détaillées.

Résidentiel (individuel/collectif)

Tout d'abord, il est nécessaire de mieux connaître le stock des bâtiments existants, les types et différentes générations de bâtiments construits (19^{ème} siècle, avant et après la 2^{ème} guerre mondiale, années 60, 70, 80), notamment sur le plan de la physique du bâtiment, pour maîtriser leur réhabilitation avec un objectif de haute performance thermique.

Actuellement en Autriche, la réflexion est focalisée sur les grands complexes résidentiels des années 70, ce qui permet d'avoir un grand impact moyennant l'élaboration d'un standard de solutions applicables à grand échelle.

Au Danemark, pour le neuf, la mise en œuvre doit respecter le code du bâtiment notamment celui de 2006. Pour la réhabilitation, les difficultés dépendent du type d'ouvrage : par exemple, il y a moins de difficultés en comble qu'en mur. En revanche, la documentation technique n'est pas suffisante.

En ce qui concerne la réglementation, le code du bâtiment de 2006 stipule que lorsque la toiture ou le mur nécessite un changement ou l'introduction d'un pare pluie, il est demandé d'isoler l'ouvrage en respectant les nouvelles exigences si c'est économiquement acceptable.

MODALITES DE GESTION, D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

Aujourd'hui, il n'y a pas de maintenance spécifique ; les bâtiments sont récents, moins de 8 ans. La finition et la protection des façades sont gérées de la même façon que dans le cas des solutions traditionnelles.

En ce qui concerne la durabilité des procédés,

- elle est estimée de la même façon que les enveloppes standards de bâtiments neufs,
- au début, des problèmes avec la cellulose et la laine minérale en rouleaux ont été identifiées tel que le phénomène du tassement.

INCITATIONS REGLEMENTAIRES, FISCALES, MODALITES DE FINANCEMENT

Autriche

- Incitations réglementaires : aides à la pierre pour la construction de bâtiments d'habitation mais pas pour les autres types de bâtiments.
- Pas d'incitations fiscales.
- Modalités de financement et prêts préférentiels : des prêts à pratiquement 0% provenant des fonds de l'état fédéral pour le logement et distribués par les Länder.
- Retour d'investissement : le standard de la maison passive permet d'économiser dès le premier jour grâce aux coûts extrêmement réduits des consommations d'énergie : soit par exemple pour 100 m², 20 € par an.

Danemark

- Incitations réglementaires : code du bâtiment,
- Incitations fiscales : taxes sur l'énergie d'origine fossile pour augmenter l'incitation économique privée aux économies d'énergie. Les taxes sur l'énergie d'origine fossile qui sont d'environ 100% sont payées par les consommateurs privés. Les réductions ainsi réalisées sont collectées par des compagnies commerciales et remboursées à l'état.
- Financement : pas de problème, sauf pour les bâtiments de l'état et des collectivités locales,
- Lors de l'évaluation des performances énergétiques d'un bâtiment, l'évaluateur peut recommander des améliorations.

Allemagne

La réglementation thermique allemande Enev n'exige pas des constructions du type "maison passive", mais impose un certain degré d'étanchéité à l'air.

Il existe de nombreuses procédures d'incitation pour construire avec une isolation renforcée, chaque "Bundesland" ayant ses propres programmes.

- Par exemple, une subvention peut être accordée pour l'achat d'isolant à partir de matière renouvelable, lors d'une opération de construction neuve ou de rénovation, à hauteur de 25€ à 35 € du m³ d'isolant selon la région.
- En ce qui concerne la construction des "maisons passives" ou lors de rénovations de logements, l'Etat a débloqué 160 Millions d'Euros. Pour obtenir une subvention, il faut prouver, en utilisant le logiciel de calcul fourni, que la consommation d'énergie de chauffage est inférieure à 15 kWh/m².an) par an et que la consommation totale est inférieure à 40 kWh/m².an. Le Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) gère ces subventions qui se traduisent par un crédit de 50 000€ à taux réduit (sur 20 ans, sans remboursement les 3 premières années, avec un taux nominal de 3,1%, ce qui revient à une subvention de 8000 € (source - info KfW).

C.2.4 EVALUATION DES RESULTATS PRATIQUES DANS LES PAYS CONCERNES

L'institut le plus important pour l'évaluation est le "Passivhaus Institut" de Darmstadt en Allemagne qui a une grande réputation et ses certificats sont acceptés et utilisés.

En Autriche, l'OIB est aussi agréé pour établir les certificats du standard "maison passive".

De plus, le IG Passivhaus (Syndicat des Concepteurs et Constructeurs de Maisons Passives), assure aussi une gestion de la qualité en vérifiant le standard "maison passive" lors de la programmation et la construction.

Au Danemark, un dispositif de label est mis en place depuis plusieurs années. Les procédures ont été révisées en 2006 en liaison avec la mise en place de la Directive sur la Performance Energétique des Bâtiments. Les bâtiments importants font l'objet d'une évaluation de leur performance énergétique. Les nouvelles constructions doivent avoir un certificat basé sur leur évaluation déclarée par rapport à la conformité selon le code du bâtiment. Les bâtiments et appartements existants doivent faire l'objet d'une évaluation à l'occasion d'une vente.

Les acteurs permettant cette évaluation sont des professionnels qualifiés dans le domaine du bâtiment et des systèmes énergétiques. Ils sont indépendants et autorisés à pratiquer le contrôle après formation et examen et leur qualification qui est contrôlée par les instituts de l'état.

Les résultats de ces évaluations sont traduits par l'établissement de documents sur les performances énergétique des constructions actuelles mais fournissent aussi des recommandations pour des économies d'énergie complémentaires.

Cela permet d'apporter une information objective sur la performance énergétique des bâtiments en relation avec la détermination de leur prix. Les propriétaires sont par conséquent amenés à réaliser des économies d'énergie. Le coût d'évaluation d'une maison familiale est limité.

LES PERFORMANCES

Autriche

Les procédures d'évaluation sont faites dans le cadre du standard de maison passive ou autres labels comparables par des laboratoires indépendants (universités technologiques) et des autorités locales comme la municipalité de Vienne qui dispose de ses propres laboratoires publics sur les composants du bâtiment.

L'évaluation des performances est réalisée principalement par simulations et calculs.

Pour l'évaluation in-situ, les deux principaux tests sont l'étanchéité à l'air (mesure de la perméabilité à l'air suivant la norme "Blower Door") à un stade où l'enveloppe est estimée étanche et le test par caméra infra rouge.

Les demandeurs de l'évaluation sont principalement les clients mais cela dépend de l'offre.

Les acteurs qui réalisent l'évaluation sont des experts indépendants

L'évaluation est assez facile mais parfois il est difficile de localiser les fuites d'air.

Les résultats sont des données simples. La maison passive doit être étanche à l'air en utilisant le test de la fausse porte (par aspiration ou par pression d'air) : la valeur requise pour le taux n_{50} de fuite d'air est de $0,6 \text{ h}^{-1}$ pour les maisons passives.

Danemark

D'une manière générale, les méthodes et procédures d'évaluation utilisées sont basées essentiellement sur des inspections visuelles, des calculs sur la performance énergétique, des données de mesures pour les bâtiments importants et des documentations sur les nouveaux matériaux. Les outils d'évaluation expérimentale, tels que les tests de perméabilité à l'air ou l'utilisation de la caméra infra rouge peuvent être utilisés mais ne sont pas encore devenus des outils courants.

Les principales références utilisées pour le neuf sont celles du code du bâtiment. Pour l'existant les références sont encore en phase d'implémentation et sont actuellement mal définies.

Les principaux acteurs à l'initiative de ces évaluations sont les propriétaires.

Actuellement, il manque un retour d'expérience pour pouvoir évaluer les difficultés ainsi rencontrées. En revanche, les résultats de ces premières évaluations ont permis d'avoir une attestation sur la performance énergétique et une liste de recommandations pour l'amélioration des caractéristiques énergétiques.

Allemagne

Pour l'obtention d'un permis de construire d'un bâtiment neuf, le demandeur est obligé de transmettre le calcul d'un bureau d'études (structure ou bilan thermique) prouvant que le projet est conforme à la réglementation thermique (Enev).

Les isolants employés doivent être titulaires de l'agrément allemand (Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung).

L'architecte ou le maître d'ouvrage peut faire contrôler l'étanchéité à l'air de la construction par un test de perméabilité à l'air (Blower Door) par un bureau d'études ou une entreprise habilitée.

Les performances réelles des bâtiments sont mesurées, par exemple, par thermographie infra rouge et par analyse de la consommation d'énergie, sur demande du propriétaire.

L'impact de cette évaluation est observé sur différents thèmes:

Energie

Pour la maison passive, en Autriche, la consommation énergétique doit être inférieure à $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (pour le climat de l'Europe centrale) avec des charges de chauffages inférieures à 10 W/m^2 (en surface habitable) ce qui peut concerner en moyenne 10% des bâtiments existants.

Stabilité, Sismique, Feu

Les mêmes niveaux que les solutions traditionnelles.

Confort Hygrothermique, Acoustique, Eclairage

Avec les maisons passives, l'amélioration est constatée au niveau de toutes les surfaces intérieures (parois et fenêtres, pas d'effet de surfaces froides) et il n'y a plus de problèmes de moisissures au niveau des points singuliers tels que par exemple dans les angles ou les rebords de fenêtres.

Le niveau acoustique est également amélioré dans le cadre du standard de maison passive car même en maintenant les fenêtres fermées, le système de ventilation mécanique permanent permet d'avoir de l'air neuf en provenance de l'extérieur.

L'isolation épaisse n'affecte pas l'éclairage naturel une fois que les solutions convenables sont détaillées et appliquées.

L'isolation épaisse augmente le déphasage en été et apporte de l'inertie thermique (masse plus importante).

Sanitaire et Environnementale

La ventilation cause toujours des pertes d'énergie mais les pollens, l'air pollué et la poussière sont filtrés et restent à l'extérieur. Pour réduire les pertes d'énergie une récupération d'énergie est nécessaire.

Risques de dégradation des performances après mise en œuvre

En ce qui concerne le système de ventilation, les filtres doivent être changés tous les ans.

Compatibilité entre performances

Pour le confort d'été, l'isolation performante peut devenir un problème pour les étés très chauds si les protections solaires (naturelles ou artificielles) ne sont pas planifiées préalablement et convenablement. La ventilation nocturne joue aussi un rôle important.

De plus, parmi les exigences de la maison passive figurent des équipements à base consommation car c'est la consommation énergétique globale qui est prise en compte.

LES COÛTS REELS

L'évaluation des coûts, demandée par les propriétaires, les investisseurs et les entrepreneurs, est basée sur des calculs normalisés pour les ouvrages et les composants du bâtiment par les architectes et les programmistes à tous les stades d'un projet, de l'estimation aux coûts observés.

On constate que les coûts varient en fonction des saisons, de la région et du marché. Actuellement la maison passive représente un surcoût d'environ 5 à 15 % par rapport à un bâtiment neuf standard.

D'autre part, le coût opérationnel et de maintenance concerne essentiellement le changement des filtres d'aération qui sont facilement changeables par l'habitant. Dans le bâtiment non résidentiel, il n'y a pas de coût supplémentaire.

Le retour d'investissement est estimé en moyenne entre 5 à 7 ans en moyenne mais cela dépend de la taille ou surface des bâtiments et des coûts d'investissement.

LE VECU DES UTILISATEURS – AVIS DES ACTEURS ET DU PUBLIC

Quelques études ont été réalisées par des instituts de recherche indépendants, en associant interviews des habitants de maisons passives et mesures in-situ. Ces enquêtes ont été financées en grande partie par l'état fédéral ou ont été réalisées dans le cadre de programmes de recherche de l'Union Européen pour le développement durable des bâtiments.

L'interprétation dépend beaucoup de la durée d'analyse car il n'est pas possible de suivre 24h sur 24 pendant 365 jours les occupants des maisons passives, (24 heures et 365 jours). Néanmoins, d'après l'avis des experts et des enquêtes d'opinions réalisées soit dans le cas du projet européen CEPHEUS ou par l'association Minergie, les habitants ont plutôt un avis positif et ne souhaitent pas quitter leurs maisons passives ou basse consommation, principalement pour le confort apporté par l'isolation (pas d'effet "parois froides") et la qualité de l'air ("ventilation permanente").

VITESSE DE DIFFUSION DANS LE PAYS

Le Marché – Commercialisation

En Autriche, sur les 10 dernières années, le volume de diffusion des maisons passives est estimé à environ 5%.

Au Danemark, si l'on définit la performance de l'enveloppe du bâtiment avec un coefficient $U < 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, on peut affirmer qu'une pénétration sur le marché quasiment équivalente à 100% a été atteinte dans les bâtiments neufs et dans les bâtiments existants en cours de rénovation en raison des exigences du code du bâtiment.

Nature et efficacité des incitations

En Autriche, l'évolution des dispositifs ou outils d'incitation pour la diffusion des solutions à haute performance thermique s'effectue au travers de l'évolution des critères d'attribution des aides à la pierre pour la construction neuve et la réhabilitation des logements. De nouvelles incitations sont envisagées par le biais de la réglementation dans le bâtiment, L'origine des incitations provient des Länder et de l'état fédéral, Les incitations ainsi évaluées, sont traduites par une décroissance de la consommation énergétique nationale et de l'émission du CO2. L'efficacité de ces incitations a été démontrée par des études économiques.

Au Danemark, pendant longtemps, il n'y a pas eu d'incitations financières. En revanche, les taxes sur les énergies suscitent des économies d'énergie volontaire et le code du bâtiment définit un niveau minimum de performances énergétiques.

L'incitation aux économies d'énergie s'appuie sur deux politiques parallèles:

- Les exigences du code du bâtiment,
- Les actions volontaires d'économie d'énergie suscitées par les compagnies de distribution d'énergie. Les compagnies de distribution d'énergie doivent aussi prouver qu'elles peuvent atteindre les objectifs qu'elles se sont fixés

D'une manière générale, la nature des incitations est plutôt d'ordre réglementaire au Danemark.

Actions de diffusion et de sensibilisation

En Autriche les principaux supports de valorisation, en termes de publicité, sont les médias traditionnels et la télévision. Les acteurs les plus dynamiques dans la diffusion et la sensibilisation sont des petits groupes de lobbying, au total estimé à 500 personnes environ.

Concernant les actions de diffusion et de sensibilisation, des activités ont été menées par les compagnies de distribution d'énergie pour le secteur du bâtiment, mais peu d'activités se sont focalisées sur l'enveloppe des bâtiments mais cela devrait évoluer dans le futur.

En Allemagne, l'augmentation croît avec la sensibilisation de la population aux problèmes de l'environnement. Par ailleurs, le marché des isolants naturels ou à base de matériaux naturels est en constante augmentation en Allemagne et tout particulièrement la cellulose.

Volonté d'exportation

Parmi les actions significatives visant à exporter les produits et le savoir-faire, on peut citer les congrès ou salons sur les maisons passives ou basse consommation.

Tous les pays voisins de l'Allemagne, de l'Autriche et de la Suisse (Belgique, Pays-Bas, Danemark, Slovaquie, Tchéquie, Pologne, Slovénie, Italie ...) sont des cibles à l'exportation, entre particulier vers les pays de l'est où les besoins de rénovations sont considérables. Néanmoins, le concept est trop très récent pour des conclusions.

L'exportation des procédés ou du savoir-faire devrait être traitée directement par les fabricants de matériaux dont l'intérêt des acteurs cibles est fonction de chaque firme.

C.2.5 REFLEXION CRITIQUE DU CSTB ET DE SES PARTENAIRES SUR LES QUATRE DIMENSIONS ETUDIÉES : CONTEXTE, CONTENU, MISE EN ŒUVRE, EVALUATION

POINTS FORTS, POINTS FAIBLES DE L'INNOVATION (METHODE SWOT)

Forces (S : Strength)

Les solutions techniques sont déjà disponibles et accessibles, pour le neuf et la rénovation lourde. Ces solutions permettent de répondre avec un bon rapport coût/bénéfice à l'augmentation du coût de l'énergie et à la diminution des ressources.

Faiblesses (W : Weakness)

L'isolation par l'intérieur ou l'extérieur utilisant de fortes épaisseurs en neuf comme en rénovation peut se traduire par une réduction des surfaces utiles commercialisables. La majorité des entrepreneurs sont encore réticents, et les maîtres d'ouvrages publics et privés initiateurs très peu nombreux

Un manque de ressources au niveau de la recherche et du développement pour développer des solutions améliorées peut constituer une faiblesse. Le gouvernement Danois a l'intention de stimuler les activités de R&D mais pas dans ce domaine.

Des formations initiales et continues de qualification de toute la chaîne d'intervenants, notamment sur les points singuliers de mise en œuvre sont indispensables, ce qui nécessite des investissements supplémentaires.

L'architecture intérieure et extérieure et la conception intégrée des bâtiments doit être prise en compte dès la première phase du projet. L'architecture des maisons passives en Autriche fait l'objet de critiques en raison de la forte compacité et de la faible diversité architecturale.

Opportunités- (O : Opportunities)

Si les technologies ou produits associés à ces procédés présentent des avantages pour développer des bâtiments durables, une opportunité pourrait se présenter pour mettre au point, différents procédés compétitifs à long terme et en faire une activité profitable en élevant les exigences du marché et la valeur ajoutée du secteur.

Il existe une opportunité de développement de nouveaux matériaux, nouveaux procédés et donc de nouvelles unités de fabrication (fixations, super-isolants).

Il y a des perspectives d'élargissement du champ d'intervention et de la valeur ajoutée des entreprises de maçonnerie et de gros œuvre si elles s'ouvrent à l'isolation par l'extérieur.

D'autres opportunités peuvent être listées :

- Le développement du marché de la maison à ossature en bois ou à ossature métallique.
- La mise en place d'une réglementation thermique pour l'existant,
- Les technologies d'isolation haute performance permettent une réduction importante des ponts thermiques,
- La formation du personnel, le développement de nouvelles qualifications et de l'emploi.
- L'évolution des règles d'urbanisme pour favoriser la surdensité des bâtiments à haute performance énergétique afin de plus que compenser les pertes de surface constructible et de surface utile .
- Il y a une opportunité pour les industriels de la ventilation qui pourraient aussi devenir des acteurs du chauffage et du rafraîchissement.

Menaces (T : Threats)

Dans l'objectif des bâtiments durables, si des technologies d'économie d'énergie ne sont pas développées maintenant, en raison des lobbyings de compagnies de distribution d'énergie qui préfèrent se focaliser sur l'offre d'énergie plutôt que sur l'économie d'énergie, le problème énergétique sera résolu plus tard à un coût plus élevé avec des risques de sécurité de l'approvisionnement en énergie du pays.

Le renforcement de l'isolation entraîne une réduction de la surface constructible (SHON), habitable ou utile.

Il y a un risque de mauvaise intégration des solutions par les constructeurs et les entreprises qui devront être capables de s'adapter aux nouvelles solutions.

La recherche d'une compacité maximale peut déboucher sur une homogénéité et banalité architecturale.

Il peut y avoir une forte résistance de certains acteurs, notamment des perdants les chauffagistes, plaquistes et autres spécialistes de l'isolation par l'intérieur.

Les promoteurs peuvent être réticents compte tenu de la solvabilité limitée de leurs clients.

Une fraction importante de la population est insolvable et risque d'être exclue.

La "surchauffe" actuelle de la construction n'invite pas certains acteurs, au développement des bâtiments à faible consommation.

POINTS SINGULIERS AU CONTEXTE DU PAYS

La production nationale au Danemark en pétrole et en gaz risque de s'affaiblir fortement dans les 15 prochaines années et il y a ainsi un risque réel d'importer toute l'énergie à base de fossile dans l'avenir. Actuellement, aucun fond n'a été créé pour épargner les recettes pétrolières mais il est question d'établir un fonds sur les connaissances de la manière d'éviter les besoins en énergie fossile pour développer les bâtiments durables.

Les maisons basse-consommation sont apparues et se développent dans les pays de l'Europe centrale et du Nord (Suède, Allemagne, Autriche, Suisse ...). Le pilier de ces maisons est la forte réduction des besoins de chauffage et donc la prise en compte du confort d'hiver.

C.2.6 CONDITIONS DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

LES CHANCES DE LA TRANSPOSITION EN FRANCE

Du point de vue technique, on peut supposer par exemple que le niveau d'isolation thermique exigé est plus faible en France qu'au Danemark, d'où un potentiel d'économie d'énergie plus important permettant d'atteindre des résultats plus élevés.

Les technologies de construction actuelles doivent s'adapter aux techniques de pose des isolants plus épais notamment lorsqu'il s'agit de l'isolation par l'extérieur. Certains aspects devront être respectés tels que l'architecture, l'environnement intérieur et extérieur, la maintenance et les performances (qualité de l'air intérieur, économie d'énergie et équilibres économiques).

Par exemple la technique de pose par soufflage de fibres minérales, ou par projection humide est connue en France¹. Les techniques et compétences existent en France ou peuvent s'acquérir rapidement car le système de formation existe.

Il est important de sensibiliser les milieux professionnels du bâtiment, et principalement les architectes et les ingénieurs (Maîtres d'œuvre) qui sont les conseils directs des maîtres d'ouvrage.

Il est à noter que ces techniques sont déjà pratiquées en France à titre volontaire pour un certain nombre limité de maisons individuelles en utilisant le concept de la maison passive (forte épaisseur, enveloppe étanche).

Il est important de prendre conscience que les changements significatifs nécessitent une génération pour qu'ils soient diffusés et assumés au quotidien par l'ensemble des acteurs de la construction

La généralisation de l'isolation par l'extérieur nécessite une véritable révolution culturelle au sein des acteurs de la construction, qui est totalement sous estimée.

Enfin, un des piliers des maisons basse-consommation est le renforcement de l'isolation thermique (toiture, planchers, murs, fenêtres) pour réduire les besoins de chauffage, plus important dans les pays d'Europe du nord et centrale.

Le transfert de ces principes vers les pays du sud de l'Europe (Sud de la France, Italie, Espagne, Grèce ...) n'est pas possible directement.

Pour les climats des pays du Sud, les objectifs de consommation peuvent être maintenus mais les solutions retenues devront être adaptées pour prendre en compte les exigences du confort d'été.

Par exemple, les solutions pour le confort d'hiver pourront certainement être modifiées : réduction des épaisseurs d'isolation, double-vitrage basse émissivité+argon au lieu de triple vitrage ... mais il faudra introduire des exigences supplémentaires comme les protections solaires (masques, stores, brises soleil ...), l'inertie thermique et la ventilation (naturelle, nocturne, assistée, puits provençal ...).

¹ Pour la cellulose, une difficulté réside dans le coût d'achat des machines pour insuffler la cellulose (il semble que les machines actuellement fabriquées en France, et utilisées pour les fibres minérales ne soient pas facilement réglables pour la cellulose). En comparaison avec l'Allemagne, le prix de la cellulose en France est plus élevé, en partie à cause des coûts de transport (actuellement, il n'y a aucune usine en France pour ce produit).

COMPATIBILITE AVEC LE CADRE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF FRANÇAIS

La Directive européenne sur la performance énergétique du bâtiment est une base importante pour que le travail sur les économies d'énergie soit compatible avec le cadre réglementaire et normatif français.

Les nouvelles solutions techniques vont dans le même sens que l'exigence croissante de la réglementation : par exemple, suppression des ponts thermique en 2010 et la mise en place d'une réglementation dans l'existant.

En ce qui concerne le cadre normatif, la France est dotée d'un système de certification et de description de mise en œuvre (DTU : Documents Technique Unifiés, Avis Techniques, CPT : Cahiers de prescriptions Techniques) connu des acteurs de la construction. Les nouvelles solutions seront ainsi documentées pour être compatibles avec les ouvrages du bâtiment. En plus, certains produits sont évalués d'une façon commune à tous les pays européens tels que l'agrément technique européen.

QUELLE DYNAMIQUE D'ACTEURS NECESSAIRE

Les acteurs nécessaires sont principalement le gouvernement, l'éducation nationale, les agences publiques, les centres techniques, les constructeurs, les industriels, les négociants distributeurs, les artisans, les propriétaires, les installateurs ou entreprises du bâtiment, les architectes, les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre, les gestionnaires et les utilisateurs des bâtiments en service. En bref tout le tissu complexe et diversifié des acteurs de la construction doit être mobilisé.

Il est important de disposer d'un secteur de démonstration, couvrant les principaux types de bâtiments (logement, bureaux, collèges, lycées, universités, hôpitaux, bâtiments publics, etc.) à une échelle consistante et avec une couverture géographique significative.

En ce qui concerne la conception architecturale et l'ingénierie intégrée très en amont il est nécessaire de disposer d'un portefeuille de concepts de bâtiments couvrant les principaux types de bâtiments.

Les acteurs de la construction ont besoin de "thermomètres partagés", bases de données partagées (et non propriétaires à tel ou tel type d'acteurs) sur les performances et les coûts, les postes de dépenses qui se compensent (plus d'isolation/moins ou pas de chauffage), les surcoûts indéniables, les coûts d'exploitation maintenance, les temps de retour sur investissement des solutions disponibles selon des scénarii d'évolution des prix de l'énergie.

Il nous semble important de ne pas seulement raisonner construction neuve et bâtiments existants, mais aussi amélioration continue et progressive pour mobiliser les gestionnaires de bâtiments et patrimoine immobilier.

En ce qui concerne la formation, le contenu des programmes d'enseignement doit évoluer qu'il s'agisse de la formation initiale (BEP, CAP, BAC PRO, BTS, écoles d'ingénieurs et d'architecture, économistes de la construction etc.), de la formation professionnelle continue (GFC, AREF, etc.), formations dispensées par les industriels ou les négociants, sans oublier les ingénieurs territoriaux de France. Il faut inventer de nouvelles compétences et qualifications reconnues, notamment avec les professionnels et le CNED, Centre national d'éducation à distance

Au niveau des entreprises de bâtiments et constructeurs de maisons individuelles, les actions doivent impliquer les responsables d'études de prix, les ingénieurs qui préparent les plans d'exécution, l'encadrement de chantier (chef de chantier et conducteurs de travaux), les chefs d'équipe et les compagnons.

Face au foisonnement d'initiatives décentralisées, la mise en réseau, la fédération, la capitalisation, le partage et le retour d'expérience sont essentiels pour accélérer la diffusion des bonnes pratiques, mettre en garde contre les "contre performances", partager les bases de données sur les solutions, leur durée de vie et leur coût. Il y a une forte opportunité pour promouvoir le raisonnement en coût global, basé sur des données réelles,

Il y a besoin d'un dispositif de suivi et d'évaluation en continu, indépendant, des expériences exemplaires.

Pour la maison individuelle, mais pas uniquement, il ne faut pas oublier l'importance du rôle des "pionniers" ou "précurseurs" qui souhaitent construire, au-delà de la réglementation. Dans ce cas, le problème n'est pas généralement financier mais vient plutôt d'une part, d'une absence d'offre de la part des architectes et constructeurs de maisons individuelles, et d'autre part d'un manque de sensibilisation information du grand public, voire des maires et techniciens municipaux qui délivrent les permis de construire.

Il est aussi nécessaire d'inventer de nouveaux modes d'implication et de sensibilisation des médias.

Il y a de formidables opportunités pour les acteurs de la construction d'élévation du niveau d'exigence du marché, d'augmentation de la valeur ajoutée du secteur, de création d'emplois et de compétences nouvelles.

Mais s'il faut s'appuyer sur les gagnants potentiels, il faut aussi ménager les perdants potentiels et les aider à se convertir.

DISPONIBILITE EN FRANCE DES TECHNIQUES CONCERNEES ET DES COMPETENCES DE POSE.

L'utilisation des procédés avec de fortes épaisseurs d'isolants est une technique validée au niveau de certains pays européens, Suisse (Marque MINERGIE) et Allemagne (Label PASSIVHAUS)).

En France, la mise en œuvre des nouveaux procédés d'isolation nécessite une certaine connaissance technique notamment pour les points singuliers de mise en œuvre : étanchéité à l'air, jointement entre lés, liaison mur-toitures, murs-fondations, parois-fenêtre lorsqu'il s'agit, par exemple, de doubler, voire tripler les couches d'isolation.

L'aspect mécanique des ouvrages et de durabilité doit être pris en compte. Les techniques de pose en double ou triple ossature support d'isolants sont abordables mais nécessitent la connaissance de certaines règles de mise en œuvre afin de respecter la stabilité mécanique des parois.

La question essentielle qu'il faut se poser c'est quels seront les acteurs et professions support sur lesquels il faut s'appuyer pour diffuser les meilleures solutions techniques disponibles et maîtriser les détails de mise en œuvre.

Les techniques de mise en œuvre d'une enveloppe étanche sont délicates et des tests d'évaluation de l'étanchéité à l'air devront accompagner les chantiers pour permettre les ajustements nécessaires en cours de réalisation en utilisant le test de la "fausse porte" (mise en pression ou dépression) ou par caméra infra rouge : des surcoûts supplémentaires seront donc à prévoir. Ils peuvent être rédhibitoires dans le cas de la maison individuelle. Il y a un vrai enjeu de développement de test à faible coût.

QUELS TYPES D'INCITATIONS ENVISAGER

Réglementation Technique

Parallèlement aux évolutions de la Réglementation Thermique en 2010 et 2015 avec l'objectif d'amélioration de 15% tous les cinq ans, il conviendrait de développer une politique de labels qui jouent un rôle moteur et exemplaire pour le développement des nouvelles technologies. Ces labels plus identifiables pourraient être basés sur la RT et ses options HPE et THPE, voire au-delà (Effinergie)

Fiscalité, financement et soutien des Collectivités locales

Des aides sont déjà mise en place par les régions (prêts bonifiés, à taux zéro, subventions), et l'Etat (déductions fiscales) pour encourager la réalisation de solutions permettant de réduire la consommation énergétique et le respect de l'environnement. Mais elles sont encore restrictives, les déductions fiscales ne portent que sur l'achat d'équipements et de composants et ne prennent pas en compte les coûts de mise en œuvre.

Ces aides pourraient être proposées d'une manière plus importante et plus générale, surtout pour l'existant, afin de mieux inciter les acteurs et en particulier les propriétaires à adopter les nouvelles solutions, notamment les plus démunis.

En Autriche, par exemple, les aides à la pierre attribuées sur des critères basés sur le concept des maisons passives et le non recours aux énergies fossiles sont très encourageantes.

Initiatives Privées

Des démarches, à titre privé et en nombre très réduit sont déjà entamées en France pour adopter le modèle de maisons passive pour les maisons individuelles.

Ces démarches doivent être encouragées et fiabilisées par une mise en réseau afin de partager les difficultés rencontrées (trouver un architecte, un BET, un constructeur, un artisan, obtenir le permis de construire, le financement) ... et les solutions trouvées, leur temps de retour sur investissement.

Dans ce cadre, les actions de communications jouent un rôle très important pour la diffusion des technologies sont parfois organisées en France (par exemple salon de la maison MINERGIE à Strasbourg en Mars 2006)

C.2.7 ANNEXE : SOURCES D'INFORMATION

A. RÉFÉRENCES

- 1 : CEPHEUS – Cost Efficient Passive Houses as European Standards - Measurement results from more than 100 dwelling units in passive houses
ECEEE 2003 Summer Studay – Time to turn down energy demand
- 2 : CEPHEUS – Project information No. 36 - Final Technical Report - July 2001
Project supported by the Thermie-Program of EU (BU/0127/97)
- 3 : Enquête MINERGIE - Analyse détaillée de 52 bâtiments d'habitation construits.
Enquête de satisfaction et de consommation de 506 bâtiments d'habitation.
Réalisée par Silvia Gemperle, spécialiste MINERGIE, FHS et Severin Lenel, professeur, FHS
www.minergie.ch

Voir aussi les références listées dans le Chapitre Recensement des Briques

B. EXPERTS

Autriche

Fritz Oetll : pos architekten ZT KEG
A-1080 Wien _ Maria Treu Gasse 3 - Autriche
www.pos-architekten.at
Robert Schild
Saint-Gobain Insulation
Thermal, Acoustic and Fire Marketing Manager
18 avenue d'Alsace
La Défense 3 - 92400 COURBEVOIE
Phone : +33 (0)1 47 62 40 24
Fax : +33 (0)1 47 62 50 48
Mobil : +33 (0) 608 21 54 28
e-mail : robert.schild@saint-gobain.com

Danemark

Svend Svendsen : DTU – Danish Technical University
Department of Civil Engineering
Technical University of Denmark
www.byg.dtu.dk

Susanne Dyrbøl
Rockwool International A/S
Phone: + 45 46560300
Fax: + 45 46563311
Direct dial: +45 46558095
Mobil Phone: + 45 2428 9345
e-mail: susanne.dyrboel@rockwool.com
www.rockwool.com

Allemagne

Amélie BRACKMANN
DÄMMSTAT W.E.R.F. GmbH
<mailto:a.brackmann@daemmstatt.de>

Jürgen Schnieders

Passive House Institute
Rheinstr. 44/46
D-64283 Darmstadt
juergen.schnieders@passiv.de

C. ASSOCIATIONS

ACERMI : Association pour la CERtification des Matériaux Isolants <http://acermi.cstb.fr>

EOTA : European Organisation for Technical Approvals www.eota.be

UEATC : Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction
www.ueatc.com

KEY-MARK <http://www.key-mark.org/English/index.html>

Syndicat National des Fabricants d'Isolants en Laines Minérales Manufacturées www.filmm.fr

Association PROMO PSE : principaux acteurs de la chaîne de fabrication du polystyrène expansé (PSE)
www.promo-pse.com

Association Isolons la Terre www.isolonslaterre.org

European Insulation Manufacturer Association www.eurima.org

D. INDUSTRIELS

British Plaster Board www.bpbplaco.fr

Eurocoustic www.eurocoustic.com

EFISOL www.efisol.fr

Isover www.isover.fr

Knauf www.knaufinsulation.fr

KP1 www.kp1.fr

Lafarge www.lafarge-platres.fr

www.lafarge-couverture.fr

URSA www.ursa.fr