

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	2
1 L'ASPECT REGLEMENTAIRE	4
1.1 LA REGLEMENTATION	4
1.2 LES PRINCIPALES DEMARCHES QUALITE DANS LE SECTEUR DU BATIMENT EN FRANCE	7
1.3 LES DOCUMENTS TECHNIQUES UNIFIES (DTU)	11
2 L'ASPECT TECHNIQUE.....	14
2.1 NOTION DE BASES DE CONFORT THERMIQUE	14
2.2 CALCUL DE DEPERDITION.....	15
2.3 LES DIFFERENTES METHODES D'ISOLATION	17
2.4 LES DIFFERENTS TYPES D'ISOLANTS.....	18
3 L'ASPECT FINANCIER : QUELLES ECONOMIES ?	20
3.1 L'ISOLATION THERMIQUE : UNE ECONOMIE ENERGETIQUE	20
3.2 LA SOLUTION AUX DEPERDITIONS THERMIQUES DANS UN BATIMENT INDUSTRIEL : LES DESTRATIFICATEURS	27
3.3 LA GESTION DE L'ENERGIE : UNE DES QUATORZE CIBLES DE LA DEMARCHE HQE	28
CONCLUSION	29
ABREVIATIONS.....	30
GLOSSAIRE	31
BIBLIOGRAPHIE.....	35
ANNEXES	36

INTRODUCTION

La conception des bâtiments en général et ceux dédiés au travail en particulier, relève d'un exercice complexe. De nombreux domaines de compétences sont mis en œuvre qui nécessairement interagissent entre eux.

La concertation entre les différents intervenants dans l'acte de bâtir est la condition « sine qua non » de la réussite et de l'aboutissement d'un projet. Des études préalables de faisabilité, jusqu'à la phase (transitoire) de la réalisation et la mise en service de l'édifice qui en est issu, s'engage ainsi un long processus.

Cela se traduit par un dialogue permanent tout au long de son déroulement, entre les différents acteurs impliqués dans l'opération ; maître d'ouvrage, concepteurs, maître d'œuvre, bureaux d'études spécialisés, économiste de la construction, bureau de contrôle, exploitant, utilisateurs, coordonnateur de sécurité et de protection de la santé (qui « intègre » le projet dès la phase d'avant projet sommaire), les entreprises pressenties puis désignées pour l'exécution des travaux et enfin celles qui seront en charge des opérations de maintenance.

La définition du projet est du ressort du maître d'ouvrage, qui après les études préalables, rédige un document « programme » permettant de définir le projet dans ses grandes lignes, en terme de besoins et d'exigences. Il le traduit, pour qu'il soit utilisable par les concepteurs, en objectifs précis, clarifiant le rôle de chacun des acteurs, intégrant les différentes données : le lieu choisi et ses contraintes de toutes natures, l'organisation de l'espace en fonction de la destination des locaux (atelier, bureau etc...), les attentes des futurs utilisateurs en regard de la sécurité, des conditions de travail, des impératifs de la production...

Ce document est essentiel, le négliger est préjudiciable à la qualité du projet et à son adéquation à la politique « industrielle » et sociale de l'entreprise, dans une perspective de développement durable. Les « concepteurs », vont dès lors élaborer sous le sceau de la concertation (parfois houleuse...), les études d'esquisses, d'avant projet sommaire, d'avant projet définitif et enfin de projet, avant de passer à la phase de réalisation. A chaque nouvelle étape, des options seront prises, des choix validés définitivement qui engageront l'avenir de façon quasi irréversible. En effet, modifier un bâtiment neuf (ou le réhabiliter) ultérieurement à sa construction, car mal adapté à ce qu'on attend de lui, confine à l'absurde tant au plan économique, fonctionnel ou environnemental et on risque fort de mettre en péril l'équilibre (fragile) de l'entreprise ; surtout s'il s'agit d'une P.M.E. ou d'une T.P.E.

Il n'existe pas de cas général, chaque projet est unique, un projet est une entité à part entière, il possède sa propre identité; il est et restera, s'il est bien conduit, une belle œuvre collective.

Objet de la présente étude ; l'isolation d'un bâtiment, partie intégrante de celui ci, sous quelque forme qu'elle revête, sera pensée, évaluée, définie, choisie, mise en œuvre, en corrélation avec les autres composantes de l'édifice projeté ; en tenant compte de ses contraintes propres et de celles de ces dernières, qui doivent par nécessité absolue s'accorder au mieux. Dans le respect de l'esprit des lois, règlements, normes, bonnes pratiques qui s'appliquent aujourd'hui à la « construction ».

Partie 1:

L'aspect réglementaire

1 L'ASPECT REGLEMENTAIRE

Le bon sens et la réglementation thermique nous impose aujourd'hui de prendre en compte le problème de l'isolation en contrôlant les déperditions thermiques pour réduire les coûts d'énergie de 40% dans le secteur tertiaire. Lors de la construction (ou d'une réhabilitation) d'un bâtiment, les maîtres d'ouvrage doivent tenir compte de l'ensemble des réglementations en vigueur. Cette réglementation varie selon la région et la zone dans laquelle le projet est implanté : région sismique, région de neige et de vent, zone rurale, zone industrielle, zone urbaine, zone artisanale...

1.1 La réglementation

1.1.1 Le code du travail (ambiance thermique)

✓ L'article L. 230-2

« Le chef d'établissement prend les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs de l'établissement, y compris les travailleurs temporaires. Ces mesures comprennent des actions de prévention des risques professionnels, d'information et de formation ainsi que la mise en place d'une organisation et de moyens adaptés. Il veille à l'adaptation de ces mesures pour tenir compte du changement des circonstances et tendre à l'amélioration des situations existantes ».

✓ L'article R. 230-1

« L'employeur transcrit et met à jour dans un document unique les résultats de l'évaluation des risques pour la sécurité et la santé des travailleurs à laquelle il doit procéder en application du paragraphe III (a) de l'article L. 230-2. Cette évaluation comporte un inventaire des risques identifiés dans chaque unité de travail de l'entreprise ou de l'établissement ».

✓ L'article R. 232-6

« Les locaux fermés affectés au travail doivent être chauffés pendant la saison froide. Le chauffage doit être assuré de telle façon qu'il maintienne une température convenable et ne donne lieu à aucune émanation délétère ».

✓ L'article R. 232-6-1

« La température des locaux annexes, tels que locaux de restauration, locaux de repos, locaux pour le personnel en service de permanence, locaux sanitaires et locaux de premiers secours, doit répondre à la destination spécifique de ces locaux ».

✓ L'article R. 235-2-9

« Les équipements et caractéristiques des locaux de travail doivent permettre d'adapter la température à l'organisme humain pendant le temps de travail, compte tenu des méthodes de travail et des contraintes physiques supportées par les travailleurs, sans préjudice des dispositions du code de la construction et de l'habitation relative aux caractéristiques des bâtiments autres que d'habitation ».

✓ L'article R. 235-2-10

« Les équipements et caractéristiques des locaux annexes, et notamment des locaux sanitaires, des locaux de restauration et des locaux médicaux, doivent permettre d'adapter la température à la destination spécifique des locaux, sans préjudice des dispositions du code de la construction et de l'habitation mentionnées à l'article R.235-2-9 ».

1.1.2 Le code de l'urbanisme (aspect extérieur)

✓ **Les articles R. 111-21 à R. 111-24** fixent les règles générales de l'urbanisme relatives à l'aspect extérieur des constructions.

Les 5 titres du Plan Local d'Urbanisme (PLU) :

- Titre 1 : les dispositions générales
- Titre 2 : les dispositions applicables aux zones urbaines
- Titre 3 : les dispositions applicables à urbaniser
- Titre 4 : les dispositions applicables aux zones agricoles
- Titre 5 : les dispositions applicables aux zones naturelles

reprennent **l'article R. 111-21 du code de l'urbanisme** :

« Le permis de construire peut être refusé ou n'être accordé que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales si les constructions, par leur situation, leur architecture, leurs dimensions ou l'aspect extérieur des bâtiments ou ouvrages à édifier ou à modifier, sont de nature à porter atteinte au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinants, aux sites, aux paysages naturels ou urbains ainsi qu'à la conservation des perspectives monumentales ».

« Toute autorisation de construire ne sera accordée que si les constructions par leur situation, leur dimension ou l'aspect extérieur des bâtiments ouvrage à édifier ou à modifier, ne sont pas de nature à porter atteinte au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinants, au site et au paysage naturel ou urbain. Les constructions devront s'harmoniser entre elles, d'où l'intérêt de se renseigner en mairie sur les projets voisins. Les choix de teinte et de matériaux (toiture, façade...) devront faire l'objet d'un agrément préalablement par les services de la commune ayant tout dépôt de permis de construire ou d'autorisation de travaux ».

1.1.3 Le code de la construction et de l'habitat (caractéristiques thermiques)

✓ **L'article R. 111-20**

« Les bâtiments nouveaux et parties nouvelles de bâtiments doivent être construits et aménagés de telle sorte qu'ils respectent des caractéristiques thermiques minimales et les conditions suivantes :

- la consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et, pour certains types de bâtiments, l'éclairage des locaux, est inférieure ou égale à la consommation conventionnelle d'énergie de référence de ce bâtiment,
- dans le cas d'un bâtiment non climatisé, la température intérieure conventionnelle atteinte en été est inférieure ou égale à la température intérieure conventionnelle de référence ».

✓ **L'article R.111-21**

« Les règles du code de la construction et de l'habitation exigent un isolement minimum des parois des locaux, des lors qu'il est prévu de chauffer ces locaux à plus de 14°C ».

1.1.4 Les décrets

✓ **Le décret n°88-355 du 12 avril 1988** fixe les caractéristiques thermiques des bâtiments.

✓ **Le décret n°2000-1153 du 29 novembre 2000** relatif aux caractéristiques thermiques des constructions en application de la loi 96-1 236 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie.

« L'isolation thermique dans la conception et la réalisation des locaux de travail »

COULOMB Philippe / HERRMANN Guillaume / SARLIN Sophie

1.1.5 La circulaire

✓ **La circulaire DRT n°95-07 du 14 avril 1995** a apporté des précisions concernant les locaux fermés : « La température des locaux de travail doit pouvoir être adaptée à l'organisme humain ». Ces conditions de température peuvent être obtenues par des équipements de chauffage, de ventilation, de conditionnement d'air, mais les caractéristiques des locaux doivent être également prises en compte, car l'isolement des parois, filtrage et les protections solaires sont des éléments importants pour les ambiances climatiques des locaux.

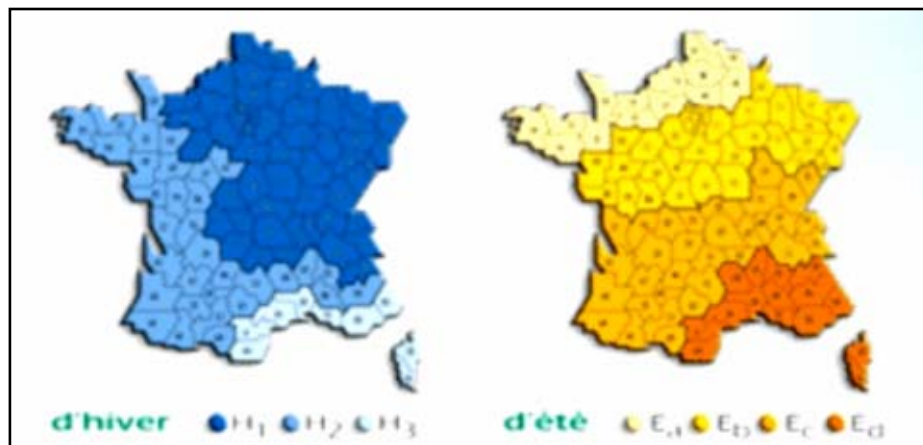
1.1.6 Les arrêtés

✓ **Les arrêtés du 13 avril 1988**, pour les bâtiments à usage de bureaux ou de commerce et les bâtiments à usage industriel, relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments à usage industriel, classe les bâtiments ou parties de bâtiment « chauffés » en deux catégories :

- sont de catégorie D et dits « à occupation discontinue » les locaux dont la destination est telle qu'on puisse chaque jour cesser de maintenir la température normale d'occupation pendant une période continue d'au moins dix heures, dont cinq heures au moins entre 0 heure et 7 heures.
- sont de catégorie C et dits « à occupation continue » les autres locaux.

Les locaux visés par le présent arrêté sont généralement de catégorie D.

Le territoire métropolitain est divisé en trois zones climatiques d'hiver H1, H2 et H3. Ces zones ont été établies en fonction de la température moyenne que subit chaque zone afin d'établir une isolation thermique adaptée. Ainsi, un local à Lille ne subit pas les mêmes températures qu'un local situé à Marseille, les techniques d'isolation seront en conséquence différentes. Le coefficient « Ubât », relatif aux déperditions des locaux s'appuie sur la définition de ces zones.



Les 3 zones climatiques d'hiver H1, H2 et H3 et les 4 zones climatiques d'été

✓ **L'arrêté du 29 novembre 2000** relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.

✓ **L'arrêté du 22 décembre 2003** portant modification de l'arrêté du 29 novembre 2000 complété par l'arrêté du 9 novembre 2001.

✓ **L'arrêté du 22 janvier 2004** qui modifie les règles de calcul Th-C (les consommations conventionnelles) et Th-E (la thermique d'été).

✓ **L'arrêté de "réversibilité"**, non encore publié, dont le but est de permettre qu'un bâtiment puisse changer d'énergie de chauffage au fil des ans. Cette disposition remet en cause les différences entre l'électricité et les autres énergies.

✓ **L'arrêté "affichage"**, non encore publié, qui porte obligation d'indiquer le montant des frais annuels d'exploitation en énergie des bâtiments neufs ou anciens lors des transactions (vente ou location).

1.2 Les principales démarches qualité dans le secteur du bâtiment en France

1.2.1 La qualité des organisations

✓ **Les normes ISO (International Standard Organisation)**

NF ISO 6946 : traite des composants et des parois des bâtiments, de la résistance thermique et du coefficient de transmission thermique et énonce ensuite les méthodes de calculs.

NF ISO 7243 : relative à l'évaluation simplifiée des contraintes thermiques des lieux de travail par l'indice WBGT (Wet Bulb Globe Température).

NF ISO 12241 : traite de l'isolation thermique des équipements du bâtiment et des installations industrielles.

NF ISO 13731 : relative à l'ergonomie des ambiances thermiques et aux définitions, aux symboles et aux unités.

1.2.2 La qualité des produits

✓ **La marque NF (Norme Française)**

La marque NF est une certification basée sur le **volontariat** qui garantit la qualité, la sécurité, la fiabilité et les performances d'un produit ou d'un service, vérifiés par un organisme indépendant. La marque NF va donc au-delà de la réglementation. Développé depuis plusieurs années, le marquage NF a fait son apparition sur le marché de la maison individuelle.

Les normes relatives à l'isolation thermique :

NF X35-203 de décembre 1981 : relative au confort thermique, précise des fourchettes de températures acceptables en fonction du type d'activité des personnes.

NF X35-204 de décembre 1982 : relative à la détermination analytique de la contrainte thermique.

NF X35-20 mars 1984 : relative à l'évaluation simplifiée des contraintes thermiques des lieux de travail par l'indice WBGT (Wet Bulb Globe Température).

NF P75-101 : définit les isolants thermiques destinés aux bâtiments.

NF P75-102 : fixe le vocabulaire relatif aux isolants thermiques destinés aux bâtiments, notamment pour l'humidité.

NF P75-401-1 de mai 1993 : remplacée par la partie 1 du DTU (Documents Techniques Unifiés) 45.1.

NF P75-401-2 de mai 1993 : remplacée par la partie 2 du DTU (Documents Techniques Unifiés) 45.1.

Les normes de conception :

NF P06-006 : Les règles NV65 (neige et vent) ont pour objet de fixer les valeurs des surcharges climatiques et de donner des méthodes d'évaluation des efforts correspondant sur l'ensemble d'une construction ou sur ses différentes parties.

Voir annexe 1 : les normes de conceptions (Neige et Vent 65)

NF P06-013 : La norme PS92 énonce les règles parasismiques de conception et de vérification de projets de bâtiment en complément des règles relatives aux différents types de construction en béton, en acier, en bois, en maçonnerie, etc. La sismicité de la France, comme celle de tout le bassin méditerranéen, résulte de la convergence des plaques africaines et eurasiennes. Le territoire métropolitain est divisé en 5 zones de 0 à III. Les départements de Guadeloupe et de Martinique, concernés par une sismicité forte, sont situés en zone III.

Voir annexe 1 : les normes de conceptions (Para Sismique 92)

NF P22-701 : Les règles CM66 (Constructions métalliques) ont pour but de codifier les méthodes de calcul applicables à l'étude des projets de constructions en acier.

Les nouvelles normes sur les produits isolants thermiques :

NF P75-405-A1 de septembre 2004 : produits isolants thermiques pour le bâtiment (polystyrène extrudé XPS)

NF P75-405-A1 de septembre 2004 : produits isolants thermiques pour le bâtiment (polyuréthane PUR)

NF P75-407-A1 de septembre 2004 : produits isolants thermiques pour le bâtiment (phénolique PF)

NF P75-408-A1 de septembre 2004 : produits isolants thermiques pour le bâtiment (verre cellulaire CG)

NF P75-409-A1 de septembre 2004 : produits isolants thermiques pour le bâtiment (laine de bois WW)

NF P75-410-A1 de septembre 2004 : produits isolants thermiques pour le bâtiment (perlite expansée EPB)

NF P75-412-A1 de septembre 2004 : produits isolants thermiques pour le bâtiment (fibres de bois WF)

✓ **Le marquage CE**

Le marquage CE est un dispositif réglementaire européen **obligatoire** portant seulement sur la sécurité des produits, des biens et des services. Ce marquage indique uniquement que le produit remplit les conditions minimales réglementaires nécessaires à son entrée sur le territoire européen.

✓ **La certification ACERMI (Associations pour la CERTification des Matériaux Isolants)**

La certification ACERMI va au-delà du marquage CE. Elle a été mise en place afin de faciliter le choix du bon isolant pour une application donnée. L'ACERMI permet de comparer sur des bases objectives et fiables les performances thermiques des produits, soit R la résistance thermique du produit. L'ACERMI garantit les performances annoncées pour les produits considérés.

L'ACERMI est le résultat d'un double engagement :

- celui du fabricant qui s'engage à mettre en place un système qualité et les moyens nécessaires pour contrôler la qualité de ses produits et le maintien de cette qualité dans le temps.
- celui du certificateur, organisme indépendant, compétent et reconnu, dont le rôle est de garantir la véracité des caractéristiques annoncées et de les réévaluer périodiquement.

L'ACERMI s'appuie sur une procédure bien définie :

- vérification du niveau du système de qualité du fabricant
- prélèvement de produits en usine deux fois par an
- contrôle des produits prélevés par les laboratoires CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) du certificateur.

Au terme de cet audit et de ces essais, le fabricant obtient un droit d'apposer sur les produits concernés, le certificat ACERMI.

1.2.3 La qualité des locaux et économie d'énergie qualité environnementale

✓ **Qualitel**

Le label Qualitel constitue le label le plus complet en ce qui concerne les aspects techniques de la construction : la qualité acoustique, le confort thermique, l'équipement en plomberie, sanitaire, électricité, la durée de vie et la qualité des façades extérieures et des toitures. C'est une démarche basée sur le **volontariat**.

✓ **Promotelec**

Promotelec, géré par un organisme indépendant présent sous forme d'une association à but non lucratif, délivre un **label** certifiant la conformité des installations aux normes de sécurité électrique et contrôle l'isolation, la ventilation....

✓ **Vivrélec**

Développé par EDF (Electricité De France) et visant à optimiser le chauffage électrique grâce à une amélioration de l'isolation de l'habitat, la mise en place d'une ventilation mécanique et des appareils de chauffage de qualité.

✓ **Réglementation Thermique RT 2000**

Après plusieurs années de travail et de concertation avec les professionnels, la réglementation thermique est entrée en vigueur pour tous les permis de construire déposés à partir du 2 juin 2001.

La Réglementation Thermique 2000, qui porte à la fois sur les bâtiments neufs résidentiels et tertiaires, vise à réduire la consommation d'énergie par la mise en place de seuils d'isolation, conformément aux orientations du programme national de lutte contre le changement climatique.

Elle envisage de manière détaillée les consommations de chauffage et l'eau chaude sanitaire, la ventilation, l'éclairage du tertiaire et bientôt la climatisation. Elle vise également à limiter l'inconfort d'été dans les locaux non climatisés.

Elle s'exprime sous forme de performances à atteindre pour laisser toute liberté de conception aux architectes et aux bureaux d'études afin de favoriser l'innovation technologique et l'optimisation de leurs projets.

Elle impose trois exigences à satisfaire :

- La consommation d'énergie doit être inférieure à une consommation de référence,
- La température atteinte en été doit être inférieure à une température de référence,
- Des performances minimales sont requises pour une série de composants (isolation, ventilation, système de chauffage...).

Les enjeux de la réglementation thermique 2000 :

- *Environnemental* : Cette nouvelle réglementation répond à la volonté du Gouvernement de réduire les consommations d'énergie des bâtiments contribuant à la production des gaz à effet de serre, conformément aux accords de Rio et de Kyoto.
- *Social* : La maîtrise des coûts et la diminution des loyers ont guidé l'élaboration de la réglementation thermique 2000, pour favoriser la solvabilité des ménages. Les récentes évolutions tarifaires des différentes énergies nécessitent de limiter les consommations par un nouveau renforcement des performances thermiques des logements.
- *Economique* : La réglementation thermique 2000 s'appuie sur des méthodes de calculs et des caractéristiques de produits largement définies dans des normes européennes. C'est un plus pour la compétitivité de l'ingénierie, des techniques et produits français sur les marchés à l'exportation.

La diversité des projets de construction et des acteurs impliqués a conduit à prévoir deux méthodes d'application pour permettre à chacun de trouver une approche bien adaptée à ses conditions de travail : des logiciels de calculs et des solutions techniques.

Voir annexe 2 : Compléments sur la RT 2000

✓ **La nouvelle réglementation RT 2005**

La RT 2005 est un durcissement de la réglementation thermique RT 2000 qui s'appuie sur une méthode de calcul globale applicable aux bâtiments neufs.

Les compléments à apporter par rapport à la RT 2000 :

- Intégrer des énergies renouvelables,
- Prendre en compte des consommations de climatisation,
- Favoriser la conception bioclimatique.

Les 3 dispositions dans les prochaines étapes réglementaires :

- Un diagnostic de performance énergétique fourni à la construction,
- Une étude de faisabilité de solutions alternatives d'approvisionnement en énergie,
- L'obligation d'en tenir compte avant le début de la construction.

De plus un renforcement de ces exigences tous les 5 ans et un objectif de diminution d'au moins 10% de la consommation moyenne d'une construction neuve.

La parution des textes est prévue pour le dernier trimestre 2005 pour une application courant du mois de juin 2006.

✓ **Haute Qualité Environnementale**

La démarche "Haute Qualité Environnementale" n'est ni une norme, ni un label reconnu, ni une réglementation mais une **démarche volontaire**, engagée par des entrepreneurs soucieux du respect de l'environnement et de leur image de marque.

La démarche "Haute Qualité Environnementale" appliquée à un projet de bâtiment consiste à prendre en compte des critères environnementaux (diminution des consommations d'énergie et d'eau, intégration de la gestion des déchets, maîtrise des coûts et préservation des ressources naturelles) en plus des critères classiques, lors de la conception, de la réalisation, de la maintenance, de l'adaptation et de la destruction.

Les objectifs sont de maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur et de créer un environnement intérieur confortable et sain. Cela revêt des aspects techniques, architecturaux et organisationnels. La plupart des règles sont des règles de bon sens.

Outre la satisfaction de donner l'exemple en réduisant les pollutions, les projets de construction écologique HQE permettent de :

- réduire les coûts pour le maître d'ouvrage et pour le gestionnaire (l'employeur),
- garantir la qualité d'usage,
- valoriser le projet de construction (image).

La HQE répertorie 14 cibles environnementales dont 4 concernent directement ou indirectement l'isolation thermique des locaux :

- *la cible 2* : le choix des procédés et produits de construction (les matériaux d'isolation)
- *la cible 6* : la gestion de l'énergie (il s'agit ici de renforcer l'isolation de l'enveloppe afin de récupérer la chaleur et ainsi d'économiser l'énergie indispensable pour chauffer les locaux).
- *la cible 8* : le confort hygrothermique (la conception architecturale est l'élément principal de la cible « Confort »).
- *la cible 12* : les conditions sanitaires de l'eau (ayant un rapport direct avec l'hygiène et la santé, ensoleillement, la ventilation, l'hygrométrie, l'isolation...)

Voir annexe 3 : Compléments sur la démarche HQE

Malgré les aides financières de l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), le surcoût de telle construction reste un frein. L'ADEME a donc lancé un appel d'offre pour élaborer une certification d'ici deux ans.

1.3 Les Documents Techniques Unifiés (DTU)

Les DTU sont des documents applicables aux marchés de travaux du bâtiment. Edités sous forme de Cahier des Clauses Techniques (CCT), ils indiquent les conditions techniques que doivent respecter les entreprises sur le choix et la mise en œuvre des matériaux lors de l'exécution des travaux des différents corps d'état. Les CCT sont accompagnés des cahiers des clauses spéciales CCS précisant les obligations de l'entreprise par rapport aux corps d'états voisins.

Les DTU abordent également les règles de calcul permettant de dimensionner les ouvrages selon les conditions d'exploitations :

- Le bâti Th-Bât
- Les déperditions Th-U (remplace le niveau d'isolation Th-K)
- Les consommations conventionnelles Th-C
- La thermique d'été Th-E
- L'inertie thermique Th-I
- La solarisation Th-S

Les DTU sont des textes fondamentaux qui régissent la mise en œuvre des matériaux des bâtiments dits traditionnels et les **règles de construction mais qui ne font pas office de loi**. Les DTU ont pour vocation d'éviter les désordres dus aux mises en œuvre non conformes. La plupart des DTU sont devenus des **normes homologuées**.

Les DTU faisant référence à l'isolation thermique sont les suivantes :

- **DTU 20.12** paragraphe 5.4 : Disposition du gros œuvre vis-à-vis des sollicitations d'origine thermique en partie courante.
- **DTU 45.1 (NF P 75-401-2) : Isolation thermique des locaux et des bâtiments frigorifiques**
- **DTU 67.1** : Isolation thermique des circuits frigorifiques

Il ne faut pas oublier que lors de la construction d'un bâtiment, le choix d'un isolant est souvent l'objet d'un compromis entre l'isolation thermique, l'isolation phonique et la tenue au feu. Le choix esthétique des matériaux de toiture et de façade (vitrée...) est également très important selon la zone d'implantation de la nouvelle construction.

Partie 2:

L'aspect technique

2 L'ASPECT TECHNIQUE

2.1 Notion de bases de confort thermique

L'homme est « homéotherme », sa température centrale est stabilisée à 37°C malgré les variations de température du milieu dans lequel il se trouve. Pour que les performances biologiques, mentales et physiques soient optimales, il faut qu'il y ait équilibre entre la thermogenèse (production de chaleur) et la thermolyse (perte de chaleur).

- La thermogenèse représente la somme des « chaleurs » produites par le métabolisme de base, l'exercice musculaire et les métabolismes ajoutés (par exemple la digestion).
- La thermolyse correspond aux échanges de chaleur entre l'organisme et l'environnement. Des mécanismes permettent à l'organisme de réguler sa température en évacuant la chaleur excédentaire lorsque les conditions le permettent. Parmi ceux-ci, notons : la conduction, la convection, le rayonnement et l'évaporation (ventilation pulmonaire, sudation).

Le corps réagit et lutte en permanence contre les ambiances chaudes ou froides. En situation de travail, l'idéal pour l'homme serait de se trouver dans une zone de neutralité thermique (ou de s'en approcher), ne mobilisant pas ainsi de mécanismes de lutte contre le froid et le chaud.

Des pathologies sont associées aux ambiances chaudes (coup de chaleur, vertiges, nausées, brûlures) et aux ambiances froides (hypothermie, vasoconstriction entraînant perte de dextérité et de sensibilité des extrémités ou des risques d'accidents cardiaques). Il convient donc d'éliminer (voire de réduire au maximum) les risques pour la santé des travailleurs que représentent les contraintes thermiques (chaudes ou froides) auxquelles ils peuvent être exposés dans les locaux où s'exercent leurs activités.

Evaluer les contraintes thermiques, déborde du cadre de cette étude. Pour mémoire une norme les définit et permet de mettre en œuvre des méthodes d'analyse : la norme NF X35-204. Nous ne retiendrons que la notion (subjective) de confort thermique (ou d'ambiance thermique), objet de la norme NF X35-203 qui en précisant que la température des locaux de travail doit être adapté à l'organisme humain, préconise des fourchettes de température acceptables en fonction du type d'activité des personnes.

A savoir :

Pour un travail intellectuel : 18 à 24°C.

Pour un travail debout à moyenne sollicitation physique : 17 à 22°C.

Pour un travail dur à forte sollicitation physique : 15 à 18°C.

Pour un travail à très forte sollicitation physique : 12 à 18°C.

Ces températures peuvent être obtenues, en corrigeant en tant que besoin certains paramètres déterminants tels : le chauffage, la ventilation, le rafraîchissement et l'assainissement de l'air dans les locaux concernés ; qui doivent sous peine de graves inconvénients*, être soigneusement étudiés lors de leur conception quand à leur isolation thermique.

*voir l'aspect réglementaire et financier...

2.2 Calcul de déperdition

Il est indispensable de calibrer les modes d'isolation qui vont permettre d'assurer une ambiance thermique satisfaisante et adaptée au type de travail à effectuer. A ce stade le projet doit être suffisamment avancé en ce qui concerne la définition des locaux (en conformité avec la réglementation). Cette approche permettra ensuite de dimensionner les moyens nécessaires en chauffage et rafraîchissement, en terme de puissance thermique à fournir au bâtiment.

Un bâtiment est conforme à la réglementation, lorsque sa consommation d'énergie **C bât** est inférieure à la consommation de référence **C ref**. Les performances minimales d'isolation de chaque paroi sont respectées **U maxi** et la température atteinte en été **T ic** est inférieure à la température de référence **T ic ref**.

Un bilan thermique sera réalisé qui intégrera dans un calcul complexe différents paramètres dont le coefficient volumique de déperditions thermiques, par transmission à travers les paroi, **Ubât**.

Le coefficient **Ubât** d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment est égal aux déperditions thermiques par les parois de celui-ci ou celle-ci, pour un degré d'écart de température entre l'extérieur et l'intérieur, divisé par le volume intérieur déduction faite des murs, des planchers, des cloisons, des gaines et des ébrasements de portes et de fenêtres. Le coefficient **Ubât** est exprimé en Watt par mètre cube et par degrés Celcius.

Le calcul s'opère en additionnant toutes les déperditions par transmission à travers les parois du bâtiment qui sont en contact avec l'extérieur, les vides sanitaires, le sol et les locaux adjacents. Le calcul doit tenir compte de plusieurs facteurs : les caractéristiques thermiques moyennes des matériaux mis en œuvre, les ponts thermiques, la protection des vitrage, l'exposition au vent, la présence éventuelle d'éléments, chauffants en paroi.

Pour l'isolation, les déperditions se calculent selon de nouvelles règles **Th-U** issues de la RT 2000. Le coefficient **U bât** se définit comme le coefficient de transmission surfacique moyen de l'enveloppe séparant l'intérieur du bâtiment considéré de l'extérieur, d'un local non chauffé ou du sol. Le coefficient **Ubât** s'exprime en watt /mètre carré.

Calcul du coefficient U bât de référence :

$$U \text{ bât ref} = \frac{(a1.A1+a2.A2+a3.A3+a4.A4+a5.A5+a6.A6+a7.A7+a8.L8+a9.L9+a10.L10)}{(A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7)}$$

Avec :

- A1: surface des parois verticales opaques
- A2: surface des planchers sous combles
- A3: surface des toitures sous terrasse
- A4: surface des planchers bas
- A5: surface des portes
- A6: surface des fenêtres sans fermetures
- A7: surface des fenêtres avec fermeture
- L8: linéaire du pourtour du plancher bas
- L9: linéaire du pourtour des planchers intermédiaires
- L10: linéaire du pourtour des toitures terrasses

Les coefficients a1 à a10 sont fonction de la zone climatique où se situe le bâtiment, H1,H2 ou H3.

Calcul du coefficient de transmission thermique d'une paroi : K

$$\frac{1}{K} = \varepsilon \frac{e_i}{\lambda_i} + 0,2$$

Avec :

- e_i** : épaisseur des matériaux constitutifs de la paroi en (mètre)
- λ_i** : coefficient de conductivité de chaque matériau (en watt/m°C)
- 0,2** : estimation de la contribution des échanges convectifs

Plus la valeur de λ d'un matériau est petite, plus il est isolant.

Quelques valeurs de λ à titre indicatif :

- Béton plein : 1,75 W/m°C
- Béton cellulaire : 0,16 à 0,24 W/m°C
- Chanvre en vrac : 0,05 à 0,07 W/m°C
- Laine de roche : 0,038 à 0,047 W/m°C
- Polystyrène expansé : 0,04 W/m°C
- Polyuréthane : 0,025 W/m°C

Calcul de la résistance thermique d'une paroi :

La qualité isolante d'une paroi est mesurée par sa résistance thermique : le coefficient **R**.

Si la paroi est constituée d'un seul matériau, on a la relation $R = \text{épaisseur} / \lambda$.

Si la paroi est multiple, le calcul est plus compliqué **R** est exprimé en m².°C/W.

Plus R est grand, plus la qualité isolante de la paroi est grande.

Quelques valeurs de **R** à titre indicatif :

- Agglos de béton 20 cm : 0,22
- Brique ordinaire 20 cm : 0,46
- Brique ordinaire 25 cm : 0,63
- Béton cellulaire 27cm : 2,53
- Carrelage 20 mm : 0,017
- Moquette standard 5 mm : 0,08
- Parquet résineux ep 2 cm : 0,133
- Laine de roche comprimée ep 6 cm : 1,70

Ces coefficients caractérisent le pouvoir isolant de tel ou tel matériau, les valeurs de λ données plus haut, peuvent nous séduire pour des produits de type polyuréthane. Cependant, il ne faut pas oublier que c'est un matériau qui consomme beaucoup d'énergie tout au long de son cycle de vie, qu'il se dégrade rapidement et qu'il peut se révéler dangereux pour la santé. Cela donne à réfléchir...

Le classement des isolants par rapport au feu est un autre élément à prendre en compte.

2.3 Les différentes méthodes d'isolation

2.3.1 Quelques généralités

Pour appréhender correctement la question de l'environnement thermique dans une construction, il est nécessaire de rappeler les différents modes de diffusion de la chaleur :

- Conduction
- Convection
- Rayonnement

Ces modes sont spécifiques d'une paroi et donc des matériaux qui la composent. Isoler c'est arrêter à la fois, la conduction, la convection et le rayonnement. L'effet recherché étant de limiter les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur, pour éviter que la chaleur ne parte au dehors en hiver et que la construction ne devienne une fournaise en hiver. C'est là toute la problématique de l'isolation thermique.

Le confort thermique est au centre de la question de l'isolation. Toutefois, bien isoler ne signifie pas se calfeutrer et le confort thermique n'est pas une simple question de température de l'air. L'hygrométrie, la température des murs, le mode de diffusion de la chaleur à l'intérieur des locaux sont autant de facteurs à prendre en compte. Mais ne limitons pas les vertus de l'isolation au simple confort thermique. Bien isoler, c'est économiser de l'énergie, des ressources et de l'argent.

Une bonne isolation doit être pensée dans sa globalité, du choix des matériaux jusqu'à sa mise en œuvre, en respectant les principes incontournables de l'intégration de la sécurité dans les bâtiments.

2.3.2 L'isolation par l'extérieur

L'isolation par l'extérieur offre un certain nombre d'avantages : elle permet de profiter de l'inertie thermique des murs pour réguler la température des locaux. Elle permet également d'éviter les ponts thermiques notamment au niveau des liaisons murs plancher. Enfin, choisir ce mode d'isolation permet de conserver au mur une température proche de l'air dans les locaux.

2.3.3 L'isolation par l'intérieur

L'isolation par l'intérieur présente aussi certains avantages : elle ne modifie pas l'aspect extérieur de la construction, elle permet un réchauffement rapide des locaux, elle est plus simple à mettre en œuvre elle est moins coûteuse.

Dans certains cas de figures une combinaison d'isolation par l'extérieur et par l'intérieur est utilisée.

2.3.4 L'isolation sans éléments rapportés

La structure porteuse du bâtiment peut être réalisée avec un matériau qui possède outre les caractéristiques mécaniques requises des qualités isolantes avérées. Le béton cellulaire permet ce type d'isolation. Les toitures métalliques « sèches » par l'utilisation de complexes dits « double peau » qui consiste à prendre en sandwich un isolant entre deux tôles nervurées, peuvent être traitée suivant ce principe, qui présente de nombreux avantages.

2.4 Les différents types d'isolants

2.4.1 Les isolants minéraux

Les laines de verre et laine de roche sont aujourd'hui, les isolants les plus utilisés. Ce sont des fibres artificielles de la famille des silicates. Leurs performances d'isolation sont bonnes, toutefois leur tenue dans le temps est loin d'être excellente.

Au niveau sanitaire, elles contiennent des liants à base de résine urée-formol ou phénol-formol et des inhibiteurs de poussières dont les effets chroniques sont difficilement appréciables.

Au niveau environnemental, leur coût énergétique est élevé.

La vermiculite exfoliée, c'est un minéral de la famille des micas, assez gourmands en énergie lors de sa fabrication. Matériau incombustible, imputrescible et non toxique, il peut être utilisé soit en vrac soit en panneaux.

La perlite exfoliée, ce matériau a des qualités voisines de celles de la vermiculite.

L'argile expansée, il s'agit d'argile séchée réduite en poudre et reconstituée en billes expansées par traitement thermique au four. Ses utilisations sont comparables à celles de la perlite.

2.4.2 Les isolants synthétiques

Les polystyrènes expansés ou extrudés et les mousses de polyuréthanes sont fabriqués à partir du pétrole. Leur coût énergétique est très important. Très combustibles, ils dégagent, en cas d'incendie, des fumées denses contenant des gaz toxiques et asphyxiants. Devenus déchet on ne sait qu'en faire. Les reproches sont nombreux à l'égard de ces produits dont le seul avantage est d'être des isolants thermiques (mais pas acoustiques) efficaces.

2.4.3 Les isolants végétaux

Cette catégorie d'isolant a devant elle un bel avenir en répondant aux principaux critères d'écoconstruction, elle s'inscrit tout à fait dans la philosophie HQE. Peu énergivores au moment de leur fabrication, biodégradables, ces matériaux se présentent sous diverses formes : vrac, laine, conglomérat, rouleaux, panneaux. Leur coût encore élevé devrait sous la demande constante des prescripteurs avoir tendance à baisser sérieusement à moyen terme.

Citons pour mémoire :

- Le chanvre
- La ouate de cellulose
- Les panneaux en fibres de bois
- Le liège expansé
- Le lin
- La laine de mouton
- Les fibres de coco
- Les panneaux composites, cellulose et fibres végétales

Partie 3:

L'aspect financier : quelles économies ?

3 L'ASPECT FINANCIER : QUELLES ECONOMIES ?

Avec l'augmentation régulière des coûts de l'énergie, la part des dépenses de chauffage devient de plus en plus préoccupante. Pour chacun d'entre nous, à titre individuel mais plus encore pour les entreprises, notamment, les syndicats, auprès desquels les copropriétaires se plaignent ou s'étonnent de découvrir de grosses différences de chauffage d'un immeuble à l'autre.

Egalement, les gestionnaires d'usines, d'ateliers, d'immeubles de bureaux, de commerces, d'hôtels ou de cliniques, qui voient les dépenses improductives grever de plus en plus leur budget.

Il existe des solutions pour pallier à ces problèmes : tout d'abord effectuer un diagnostic thermique du bâtiment considéré afin de déterminer ses « performances » thermiques, en réponse et selon le niveau d'isolation souhaité à fortiori, il sera nécessaire de choisir en adéquation avec celui-ci, le ou les matériaux isolants qui conviennent le mieux aux spécificités du bâtiment. Le négoce offre un très large panel de matériaux, permettant de résoudre ce genre de problème.

Dans cette partie du rapport, nous aborderons plus particulièrement les solutions économiques existantes en matière d'isolation et de déperdition thermique.

3.1 L'isolation thermique : une économie énergétique

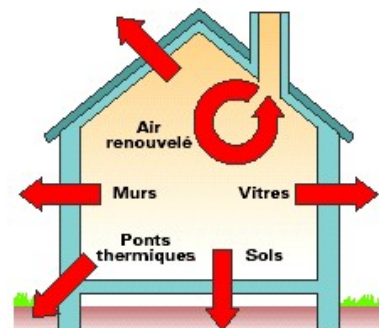
L'isolement thermique permet de réduire les déperditions de chaleur c'est donc un moyen très efficace pour bénéficier d'économies d'énergie et d'accroître la performance énergétique d'un bâtiment.

Il faut savoir que 80% de l'énergie d'une construction indépendante est consacrée au chauffage. Une isolation thermique efficace peut réduire les besoins en énergie de plus de 60%.

Pour maintenir à bon niveau la température intérieure des locaux pendant les périodes froides, il faut chauffer le bâtiment et compenser les pertes de chaleur au travers de l'enveloppe de la construction.

Un édifice laisse fuir la chaleur comme le montre la répartition des pertes par éléments de bâtiment :

- Toiture : 30%
- Murs : 16%
- Planchers : 16%
- Ponts thermiques : 3%
- Renouvellement d'air : 20%



Dans une construction, certains matériaux conducteurs laissent passer les calories vers l'extérieur : tuiles, ardoises, pierres, briques, béton ou bois, les métaux, cuivre ou acier des tuyaux de canalisations, les menuiseries, et les simples vitrages. En isolant ces composants, on augmente leurs résistances thermiques et on diminue donc les pertes de chaleur vers l'extérieur.

L'isolation thermique contribuera à réduire les besoins en énergie et fera baisser les factures de chauffage. En effet, entre une construction faiblement isolée et une autre très bien isolée, le coût du chauffage **peut être divisé par 3 ou 4**, sachant que le coût d'une isolation est généralement amorti entre 3 et 5 ans.

Pour ne pas reprendre la description des notions de confort thermique (cf. partie précédente du rapport : coefficient thermique, matière...), nous allons prendre certains exemples concrets d'isolement thermique en y associant les prix.

3.1.1 Quelques rappels : les qualités d'un bon isolant

Qualité	Effets recherchés	Type d'isolant à éviter de ce point de vue (ne possédant pas cette qualité)
Faible coefficient de conductivité thermique lambda (λ)	Freiner l'échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur.	Aujourd'hui, tous les matériaux isolants ont un bon λ . Par contre, les <i>isolants minces</i> , du fait de leur faible épaisseur, ont une mauvaise résistance thermique.
Forte densité, Bonne aptitude à accumuler la chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • Amortir l'onde de variation de la température extérieure sur le cycle de 24 heures (pour rester au frais l'été) • Retarder la propagation du feu en cas d'incendie • Offrir une bonne isolation phonique. 	Polystyrènes, polyuréthane et laines de densité inférieure à 50 kg/m ³
Perméabilité à la vapeur d'eau	Permet de laisser respirer la maison	Laine en rouleau/ plaques
Longévité	Absence de tassement, pas d'apparition de "jours" aux raccords.	Polystyrènes, polyuréthane
Absence de nocivité	Pas d'émanation toxique due à des additifs chimiques, pas de microfibres irritantes.	Polystyrènes, polyuréthane et dans une très moindre mesure laines minérales.
Isolation préservée en cas d'humidité.	Efficacité préservée de l'isolant par grand froid.	Aucun matériau à éviter mais frein-vapeur obligatoire sur la face intérieure de tous les isolants fibreux.

3.1.2 L'épaisseur minimale conseillée et prix indicatif au m² des matériaux isolants les plus courants

Isolant	densité (masse volumique)	épaisseur mini conseillée	prix €/m ²	confort hiver obtenu	confort été obtenu
Ouate de cellulose	55 kg/m ³	25 cm	14	16/20 ■■■■□	13/20 ■■■□□
Laine de roche en vrac	25 kg/m ³	36 cm	18	20/20 ■■■■■	13/20 ■■■□□
Perlite expansée	90 kg/m ³	25 cm	30	15/20 ■■■■□	13/20 ■■■□□
Polystyrène expansé	18 kg/m ³	35 cm	28	20/20 ■■■■■	13/20 ■■■□□
Laine verre ou roche en rouleau	18 kg/m ³	42 cm	34	20/20 ■■■■■	13/20 ■■■□□
Laine verre ou roche semi-lourde	70 kg/m ³	21 cm	36	18/20 ■■■■■	13/20 ■■■□□
Laine de chanvre en rouleau	25 kg/m ³	32 cm	41	20/20 ■■■■■	13/20 ■■■□□
Polystyrène extrudé	35 kg/m ³	25 cm	49	20/20 ■■■■■	13/20 ■■■□□
Laine de bois	150 kg/m ³	18 cm	50	13/20 ■■■□□	20/20 ■■■■■
Laine de roche pour sol	130 kg/m ³	19 cm	54	15/20 ■■■■□	13/20 ■■■□□
Polyurethane	35 kg/m ³	26 cm	106	20/20 ■■■■■	13/20 ■■■□□

- l'épaisseur minimale (indiquée en cm) conseillée correspond à une note minimale de 13/20 et en été et en hiver selon le classement précédent.
- les laines minérales en flocon, indiquées ici correspondent aux produits à insuffler mécaniquement.
- le prix indicatif au m² correspond à une moyenne constatée en 2004 (fourniture seule et pour l'épaisseur conseillée).
- les matériaux des premières lignes sur fond clair sont conseillés pour les combles perdus, les suivants pour les combles habités.

Cette comparaison montre nettement que le confort d'été n'est pas pris en compte dans la réglementation actuelle et de facto par les isolants courants. La densité des isolants, pourtant essentielle en été, n'est pas connue de la plupart des revendeurs et n'apparaît presque jamais dans les documentations « grand public ».

Les isolants les plus couramment utilisés pour les combles (isolants synthétiques, laines

minérales légères) sont peu performants pour se prémunir de la chaleur estivale, ce qui conduit à obtenir un bon confort à de très fortes épaisseurs (42 cm pour du polystyrène, impossible à placer entre chevrons), et/ou à des prix prohibitifs (106 €/m² pour le polyuréthane).

Les épaisseurs minimales obtenues le sont pour les isolants les plus homogènes dans leurs performances hiver/été :

- la Perlite
- la laine de bois
- l'ouate de cellulose
- les laines minérales denses (> 70 kg/m³) c'est à dire celles qui sont utilisées habituellement pour les planchers!

✓ Quelques conseils d'isolation (origine : www.ideesmaison.com) :

- *Quel que soit le mode d'isolation choisi, le fait d'utiliser une isolation renforcée permettra de diminuer votre consommation de chauffage, sa facture et les rejets associés.*
- *N'oubliez pas de juger votre isolant sur son efficacité en hiver et en été.*
- *Nous vous déconseillons les isolants en flocons pour les combles perdus s'ils ne sont pas agglomérés, car ils se déplacent avec le vent.*
- *Nous vous déconseillons les isolants en rouleaux qui se tassent progressivement et perdent en 20 ans la majeure partie de leur efficacité.*
- *Si vous optez pour des matériaux naturels (ou plus généralement pour une construction qui sort du cadre des matériaux distribués largement), choisissez un professionnel spécialisé. Faire réaliser une prestation à un professionnel qui n'a pas l'habitude de manipuler les matériaux que vous exigez pourra conduire à un travail mal réalisé.*
- *Si vous optez pour des matériaux courants, optez pour le moins mauvais de ces isolants, à savoir la laine de verre ou de roche (pas de barrière étanche pour l'humidité, pas de libération de gaz douteux) et choisissez les de forte densité.*
- *Si vous êtes disponible, réalisez par vous-même l'isolation de votre maison. Vous pourrez ainsi réaliser un travail très soigné aux angles et aux entourages de fenêtres, ce qui permettra de limiter les ponts thermiques.*

3.1.3 Un exemple d'une isolation thermique mise en œuvre pour la rénovation d'un bâtiment (source : Mieux Vivre Votre Argent 2004)

➤ Le toit

Environ 30% des déperditions thermiques d'une construction se font par le toit. L'isolation des combles est donc prioritaire.

Matière isolante	Epaisseur	Coût correspondant
laine minérale	180 mm	5 €/m ²
laine minérale avec ossature métallique et plaques de plâtre	180 mm	14 €/m ²

➤ Les murs

Les pertes de calories par les murs sont estimées à plus ou moins 16%, selon la nature des matériaux. Si l'isolation réduit sensiblement la surface intérieure de la construction, elle supprime l'effet de "paroi froide" et les phénomènes de condensation.

Pour un confort maximal, la mise en œuvre d'une cloison acoustique est à privilégier. Les murs de séparation entre un local non chauffé et non isolé et les locaux dévolus au travail nécessitent la même épaisseur d'isolant qu'un mur extérieur.

Sur des murs irréguliers, on utilise la technique de la contre-cloison sur ossature métallique ou maçonnerie. Technique à réserver à l'artisan (43 €/m² environ, fourni et posé).

Matière isolante	Epaisseur	Coût correspondant
complexes en polystyrène expansé	90 mm	8 €/m ²
polystyrène extrudé et la mousse de polyuréthane	80 mm	13 €/m ²
matériaux thermo-acoustiques (complexes de laine minérale ou de polystyrène expansé élastifié)	90 mm	10 à 13 €/m ² (hors pose)

➤ Les planchers

Au rez-de-chaussée, lorsqu'on envisage une réfection importante ou la pose d'un plancher chauffant, il est intéressant de l'isoler avec une chape flottante. Un isolant insensible à l'humidité et résistant à la compression (polystyrène expansé, extrudé ou polyuréthane) de 30 à 50 mm d'épaisseur est posé sur le sol et recouvert d'une chape de béton de 4 à 5 cm d'épaisseur.

Sur un plancher d'étage, à priori, aucune isolation thermique n'est requise, sauf s'il s'agit de combles perdus. Entre deux étages, on privilégie une isolation acoustique.

Matière isolante	Epaisseur	Coût correspondant
chape flottante	de 30 à 50 mm	5 à 6 €/m ² (hors béton et pose)
panneaux en laine de roche ou en PSE dB	15 à 40 mm	7 à 10 €/m ²
sous-couches résiliantes	de 3 à 5 mm	2 à 5 €/m ²

➤ Les fenêtres

En supprimant les effets de paroi froide, une fenêtre isolante contribue à maintenir une atmosphère agréable dans toute la pièce et réduit la condensation sur les vitres. Par ailleurs, les bruits extérieurs sont atténués et les tentatives d'effractions rendues plus difficiles. Contre le froid, un double vitrage, 4-12-4, soit 20 mm d'épaisseur totale, est le minimum à rechercher.

Ces performances sont sensiblement augmentées avec un vitrage peu émissif, dit vitrage à isolation renforcée (VIR). Pour accroître les performances, on peut remplacer la lame d'air d'un double vitrage peu émissif par des gaz rares beaucoup plus isolants. Contre le bruit, un double vitrage avec une vitre extérieure plus épaisse réduit les nuisances sonores. On atteint un très bon niveau thermo-acoustique avec un vitrage feuilleté acoustique et de sécurité de 9 mm (10-12-9 par exemple).

Combien ça coûte?

→ Isolation par collage de panneaux de plâtre et polystyrène expansé sur tous les murs extérieurs d'une maison de 5 pièces : **coût = 2 500 €HT** (pose comprise).

→ Isolation de 100 m² en combles aménagés : **coût = environ 3 000 €HT** (fourniture et pose sur chevron de laine de verre de 180 mm d'épaisseur, recouverte de plaques de plâtre).

→ Isolation d'un plancher de comble perdu de 60 m² par de la laine de verre de 100 mm d'épaisseur : **coût = 1 000 €HT**.

Combien ça rapporte ?

L'isolation thermique d'une construction est parfaitement justifiée sur un plan budgétaire, puisque les économies d'énergie qu'elle apporte permettent d'amortir l'investissement en quatre ou cinq ans.

Exemple :

Construction faiblement isolée de 120 m² —————> Facture annuelle de chauffage : entre 1 100 et 3 000 €(selon l'énergie qu'elle utilise)

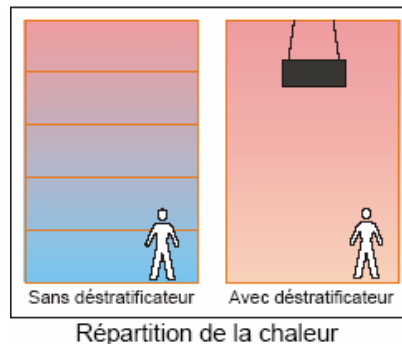


De 50 % à 70%
d'économies

La même construction très bien isolée —————> Facture annuelle de chauffage : entre 460 et 900 €

3.2 La solution aux déperditions thermiques dans un bâtiment industriel : les déstratificateurs

- Haut rendement et grande portée pour locaux de grande hauteur.
- Hauteur d'installation de 4 à 8 mètres voire 18 mètres.



3.2.1 Le domaine d'application

Les déstratificateurs de « BUSH NELSON » sont conçus afin de récupérer des calories accumulées en partie haute des bâtiments à usage commercial ou industriel, équipés de systèmes de chauffage à air chaud (aérothermes, générateurs d'air chaud, etc...). L'économie d'énergie réalisée ainsi pouvant aller jusqu'à 30%.

Les déstratificateurs redescendent vers le sol l'air chaud montée contre le toit (ou au plafond), celui-ci étant inutile à cet endroit. En diminuant d'une manière significative la température au niveau du toit, la déperdition thermique d'un bâtiment est également diminuée. Un gain financier au niveau du coût d'exploitation du chauffage et donc du bâtiment en découle.

En été, les déstratificateurs sont également très utiles. En effet, l'air chaud « bloquée » au toit, descend par « couches » (strates) à un niveau proche du sol. Une sensation de « lourdeur » de l'air en est le résultat. La destratification par brassage d'air, évite ce phénomène et le niveau de confort est amélioré.

3.2.2 Les caractéristiques

- Carrosserie robuste en tôle d'acier d'une épaisseur de 1 mm, revêtue d'époxy polyester.
- Grille de protection au dos.
- Boîtier de connexion monté sur l'appareil.
- Thermostat d'ambiance avec sonde, plage de réglage : 10-30°C, sur l'appareil.

- Grande précision du flux d'air grâce à 2 rangées perpendiculaires de déflecteurs orientables individuellement.
- Deux tailles disponibles selon la spécification du bâtiment : DFF 23T et DFF 47T (cf. site Internet de BUSH NELSON : <http://www.bushnelson.co.uk/fr/products/f10.php>)
- Prix : DFF 23T → 1 160 €HT
DFF 47T → 1 346 €HT



Le modèle DFF

3.3 La gestion de l'énergie : une des quatorze cibles de la démarche HQE

L'explication du label HQE étant faite par un autre groupe dans un autre rapport, nous allons mentionner uniquement l'aspect de l'éco-gestion d'une politique de Haute qualité Environnementale.

L'éco-gestion, c'est la gestion :

- de l'énergie
- de l'eau
- des déchets d'activités
- de l'entretien et de la maintenance

Une opération HQE peut amener de 30 à 50 % d'économie d'énergie grâce à :

- une conception judicieuse du bâtiment (orientation, forme, optimisation de l'éclairage naturel et des parois vitrées, protections solaires...)
- des technologies de construction performantes : isolation renforcée des façades, volets isolants, vitrage faiblement émissif, surventilation nocturne...
- des équipements performants : chaudière à haut rendement, moteurs à vitesse variable, lampes et équipements à basse consommation, thermostat et robinets thermostatiques...
- un mode de gestion efficace : comptage, gestion technique

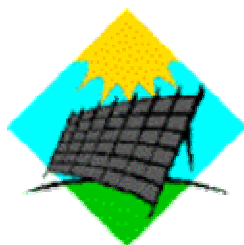
CONCLUSION

Lors de la réalisation d'un projet d'isolation thermique d'un bâtiment, le maître d'œuvre doit prendre en compte plusieurs paramètres :

- **La réglementation** en matière d'ambiance thermique présente dans de nombreux textes (le code du travail, le code de l'urbanisme, le code de la construction et de l'habitat, les décrets, les circulaires, les arrêtés), les démarches qualité (normes ISO, normes NF, le marquage CE, la certification ACERMI, la RT 2000, le label HQE...) et les Documents Techniques Unifiés.
- **L'aspect technique** englobe :
 - Le choix de la méthode d'isolation (l'isolation par l'intérieur, l'isolation par l'extérieur, l'isolation sans éléments rapportés...)
 - Le choix du matériel isolant (fonction de l'isolation souhaitée et des déperditions thermiques)
- **La recherche d'économie d'énergie** à long terme (diminution nette des factures de chauffage)

La tendance actuelle est à l'utilisation de matériel recyclable et naturel pour permettre d'améliorer la qualité de l'environnement tout en respectant le confort thermique.

Ceci montre bien la complexité liée à l'isolation thermique d'un bâtiment, sachant que d'autres facteurs interviennent notamment l'aspect acoustique et l'aspect protection incendie.



ABREVIATIONS

ACERMI : ..Association de CERtification des Matériaux Isolants
ADEME :Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AFNOR :Association Française de NORmalisation
CCS :Cahiers des Clauses Spéciales
CCT :Cahier des Clauses Techniques
CSTB :Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DTU :Documents Techniques Unifiés
HQE :Haute Qualité Environnemental
ISO :International Standard Organisation
NF :Normalisation Française
PLU :Plan Local d'Urbanisme
PME :Petite Moyenne Entreprise
RT 2000 :Réglementation Thermique 2000
RT 2005 :Réglementation Thermique 2005
Règle Th-U : Règle Thermique sur les déperditions
Règle Th-K : Règle Thermique sur le niveau d'isolation
Règle Th-C : Règle Thermique sur les consommations conventionnelles
Règle Th-E : Règle Thermique sur le confort d'été
Règle Th-I : Règle Thermique sur l'inertie thermique
Règles Th-S : Règle Thermique sur la solarisation
TPE :Très Petite Entreprise
WBGT :Wet Bulb Globe Température

GLOSSAIRE

ARCHITECTURE : Art de concevoir, de bâtir ou de restaurer des édifices, se conjugue avec l'art de l'ingénieur... Mais aussi, « jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous lumière » (Le Corbusier).

BARDAGE : Il peut être en bois, en métal, associé ou non à un matériau isolant, en polycarbonate translucide ou non. Le bardage est un élément incontournable du vocabulaire architectural, répondant de façon magistrale à certaines exigences techniques, économiques, esthétiques du traitement des façades.

BETON CELLULAIRE : Béton constitué de chaux, sable et ciment, allégé par un procédé physico-chimique, possédant à la fois, résistance mécanique et performances isolantes certaine. Il se décline en différents produits prêts à l'emploi, en réponse aux diverses applications possibles lors de la construction d'un bâtiment.

BIOCLIMATIQUE : Architecture qui utilise de façon judicieuse toutes les ressources de l'environnement dans le but d'obtenir un meilleur confort et d'économiser l'énergie. S'inscrit tout à fait dans la démarche HQE..

BOIS : D'un usage universellement répandu depuis des temps immémoriaux, cette matière première naturelle et bon marché, présente d'innombrables possibilités d'emploi dans le bâtiment. Sous forme de poteaux et de poutres pour les structures, d'éléments de charpente et de matériaux de couverture pour les toitures, de panneaux et de lames de bardage pour les revêtements de façade extérieurs et de lambris pour l'intérieur, de lames ou de panneau pour les planchers et parquets . Isolant de qualité, le bois est un excellent régulateur hygroscopique. Ce matériau utilisé en éléments de sections importantes, possède une bonne tenue au feu.

CLOISON : Toute paroi verticale de distribution des locaux et de séparation verticale entre les volumes intérieurs d'un bâtiment, à l'exception des murs de refend. Le mur est porteur, la cloison ne l'est pas. La cloison peut être aussi plaquée à l'intérieur du mur de façade aux fins d'isolation, elle est dite alors cloison de doublage. On distingue deux catégories de cloisons. La cloison pleine : constituée généralement d'éléments manufacturés à enduire (carreaux de plâtre, briques, agglomérées de béton). La cloison sèche : composite elle possède un corps central en matériau homogène ou alvéolaire associé sur chaque face à un panneau rigide .

CONDENSATION : Transformation de la vapeur d'eau en gouttes d'eau (brouillard, rosée)

COUVERTURE : On appelle ainsi la toiture d'un édifice. Elle peut être « sèche » c'est à dire plus ou moins pentue ou « humide » de type toit terrasse. Les matériaux employés pour sa construction sont dit de couverture. Parmi ceux-ci : la tôle « bac » utilisée seule ou sous forme de complexe composé de deux peaux et d'un matériaux isolant intercalé ; le verre ou le polycarbonate utilisés à bon escient permettent des éclairages zénithaux, citons encore la tuile de terre cuite ou de béton... Les matériaux de couverture doivent posséder une résistance intrinsèque permettant de faire face aux assauts du vent, de la neige, mais aussi de supporter le poids des ouvriers chargés des travaux de maintenance. Dans certains cas, plaques translucides, Fibrociment, verre, etc., des dispositions doivent être prises pour ne pas prendre appui directement sur ces matériaux.

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment ; le CSTB effectue les essais sur les produits industriels mis en œuvre dans le bâtiment, pour lesquels un avis technique est donné.

DALLE SUR TERRE PLAIN : Dalle en béton constituant le sol d'un bâtiment, coulée à même le sol (sur un hérisson). Ce mode constructif est économique.

DIUO : Dossier des Interventions Ultérieures sur l'Ouvrage. Il est initié par le coordonnateur de sécurité et de protection de la santé (missionné par le maître d'ouvrage) lors de la phase d'avant projet sommaire d'un projet de construction, réhabilitation, réaffectation ou de reconstruction de bâtiment. L'intérêt du DIUO est de constituer tout au long de la vie de l'ouvrage une mémoire technique obligatoirement tenue à jour, faisant état entre autre, de toute modification quelle qu'elle soit pouvant avoir des effets sur la santé des travailleurs résidents, de ceux chargés des travaux de maintenance ou d'autre nature et bien entendu sur l'environnement.

DTU : Document Technique Unifié ; les produits utilisés en construction se répartissent en famille de produits : ex couverture, isolation, vitrages, menuiseries et fermetures, installations techniques, revêtements etc.

EFFET DE PAROI FROIDE : Impression subjective d'un être humain qui placé devant une paroi ressent une sensation de froid non expliquée par le thermomètre. Inconfort physiologique.

FAUX PLAFOND : il est constitué très souvent de plaques de matériaux légers aux caractéristiques acoustiques intéressantes, doublées d'un isolant thermique (laine

minérale compressée etc.). Ces plaques sont supportées par une structure métallique accrochée à la sous face du plancher par des suspentes.

HQE : Haute Qualité Environnementale. Le concept HQE est avant tout une démarche qualité, en effet il faut satisfaire l'utilisateur. Le bâtiment doit être confortable, sain, répondre aux exigences légitimes d'une meilleure sécurité et qualité de vie, qui ne sont pas sans incidence sur la qualité de la production et l'image de marque de l'entreprise. Le E de environnementale, renvoie aux voisins, aux riverains, aux chantiers, qui peuvent être synonymes de toutes sortes de nuisances, mais aussi à l'effet de serre, à l'impact d'une construction.

La HQE est au cœur du développement durable. Des bâtiments conçus et réalisés selon cette optique offrent de facto un cadre de vie favorable aux personnes tout en respectant l'environnement et en ayant des conséquences économiques intéressantes. Cependant il n'existe pas de bâtiment « type » HQE, un bâtiment vit, même bien conçu celui-ci peut se dégrader. De même la HQE vit en tant que démarche et état d'esprit inscrite dans le continuum de la vie de l'édifice, de sa conception à sa déconstruction raisonnée.

La HQE est une excellence vers laquelle on tend en permanence. Ce sera dans un futur proche un label.

HYGROSCOPIQUE : Caractérise un matériau capable d'absorber et donc de restituer l'eau à l'état de vapeur ou liquide.

INERTE : Qualifie un corps qui n'a pas d'action physico-chimique sur son environnement.

LAMBDA : Coefficient de conductivité thermique. Il exprime la quantité de chaleur traversant en 1 seconde, 1 mètre de matériau homogène pour un écart de température de 1 degré entre ses deux faces. Lambda s'exprime en W/m. °C.

MUR RIDEAU : Paroi vitrée ne jouant à « priori » aucun rôle porteur dans la structure d'un bâtiment. Elle peut être élevée sur tout ou partie des façades de celui-ci. L'emploi de tel mode constructif en l'absence d'études approfondies, sacrifiant le confort à des recherches esthétiques, a produit bon nombre de lieux où le bien « vivre et travailler » relève parfois de l'impossible. Le mur rideau est cependant une solution idéale pour apporter transparence, isolation et confort à la condition que les glaces qui le composent soient adaptées à l'environnement.

MUR : Paroi verticale, relativement épaisse par opposition à la cloison. Les murs désignent le pourtour des parois porteuses : on distingue les murs de fondation ou de soubassement (infrastructure), de façades (superstructure), de refend, de soutènement.

NORME : Document qui précise un ensemble de spécifications techniques. C'est le cas notamment des Documents Techniques Unifiés (DTU) élaborés en coopération avec le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

PLANCHER : Paroi horizontale porteuse, composant le sol d'un étage.

PLENUM : Espace situé entre la sous-face d'un plancher et un faux plafond disposé en contrebas. Le plenum est d'une utilité avérée pour faire passer câbles électriques, gaines de ventilation, réseau sprinkler etc.

POINT DE ROSEE : Pour une pression donnée...c'est la température à laquelle l'eau atmosphérique sous forme de vapeur commence à se condenser en gouttelettes d'eau.

PONT THERMIQUE : Partie d'une construction présentant un défaut significatif d'isolation, provoquant ainsi à l'endroit considéré une déperdition de chaleur.

PORTEE : Distance séparant deux appuis sur lesquels repose par exemple : une poutre, en bois, en béton, en métal. La section d'une poutre est fonction de la nature et des caractéristiques mécaniques du matériau employé, des contraintes qui lui seront appliquées et de sa portée.

R : Coefficient de résistance thermique d'un matériau, plus **R** est élevé plus le matériau est isolant.

TEMPERATURE DE CONFORT : Température pour laquelle le métabolisme de l'homme est inactif (confort physiologique).

VIDE SANITAIRE : Espace généralement excavé, limité par le sol naturel, les murs de fondation, et le plancher du RDC d'un bâtiment. Il joue un rôle de tampon et permet de faire circuler à bon compte canalisations diverses et variées.

VITRAGE : Le terme « vitrage » regroupe l'ensemble des parois vitrées d'un bâtiment, baie, verrière, mur rideau etc.. Les fonctions dévolues au vitrage sont les suivantes :

- isolant thermique, il devra apporter confort et éviter toute perte calorifique
- protéger des intempéries (étanchéité) et du soleil avec film réfléchissant
- réduire les nuisances phoniques, c'est l'épaisseur et la masse qui permettent d'atténuer ces problèmes
- sécuriser contre les infractions

le vitrage permet aujourd'hui d'accomplir des prouesses architecturales indéniables

BIBLIOGRAPHIE

© CD ROM :

CD permanent : éditions législatives sécurité et conditions de travail (mise à jour juillet 2004)

CD permanent : éditions législatives environnement et nuisances (mise à jour juillet 2004)

📖 DOCUMENTATION :

Documentation INRS : Prévention des risques professionnels « Les ambiances thermiques »

Documentation INRS : Conception des lieux de travail (obligation des maîtres d'ouvrage, réglementation)

Documentation INRS : Conception des lieux de travail (démarche, méthodes et connaissances techniques)

@ SITES INTERNET :

<http://www.anact.fr> : Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail

<http://www.legifrance.gouv.fr> : Site répertoriant toute la législation

<http://www.inrs.fr> : Institut Nationale de la Recherche Scientifique

<http://www.cstb.fr> : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

<http://www.cyberarchi.tm.fr/utile/normes>

<http://www.promo-pse.com/particulier/reglement>

<http://www.rt2000.net/documents/textes> : la Réglementation Thermique de 2000

<http://www.confort-et-renovation.com>

<http://www.batiactu.com/data>

<http://www.bdi.fr/pages>

<http://www.bienconstruire.com>

<http://www.ideesmaison.com>

<http://www.promotelec.com>

<http://www.qualitel.org>

<http://www.acermi.com>

<http://www.marque-nf.com>

<http://www.unidek.be>

<http://www.icba.fr/guide>

<http://www.rockwool.fr/sw155.asp>

<http://www.kdb-isolation.com/>

<http://www.rockfon.fr/sw7648.asp>

ANNEXES

Annexe 1 : Les normes de conception

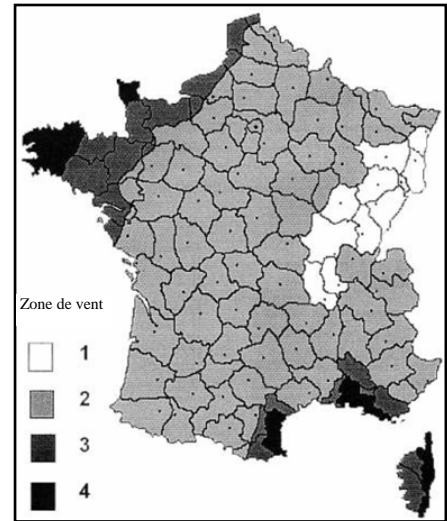
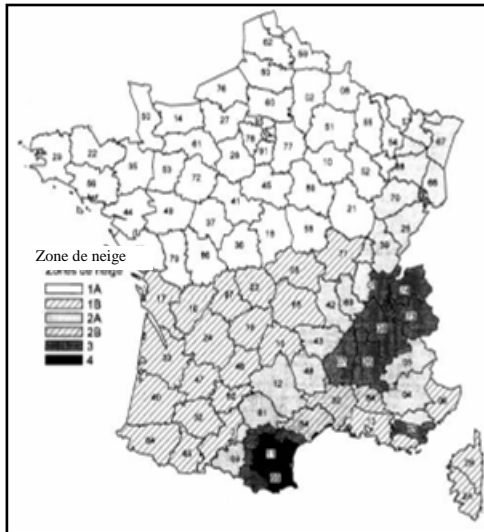
Annexe 2 : Compléments sur la RT 2000

Annexe 3 : Compléments sur la démarche HQE

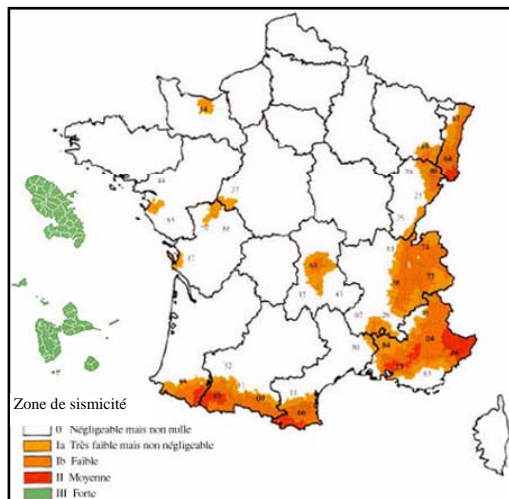
ANNEXE 1

LES NORMES DE CONCEPTION

Neige Vent 65 :



Para Sismique 92 :



ANNEXE 2

COMPLEMENTS SUR LA RT 2000

Six raisons majeures ont conduit à l'adoption de la RT 2000 :

- Jusqu'à présent, il existait deux réglementations thermiques datant de 1988 : l'une pour l'habitat et l'autre pour le tertiaire, beaucoup moins exigeante. Il était devenu nécessaire d'homogénéiser les deux secteurs.
- La réglementation de 1988 apparaissait comme trop compliquée avec de multiples options. Il fallait la simplifier.
- Il fallait satisfaire à une demande croissante de confort thermique d'été, que la réglementation de 1988 ne traitait pas. De plus, en réglementant le confort d'été, on se donnait les moyens d'éviter les constructions aberrantes que même la climatisation ne pouvait pas « récupérer ».
- La logique commandait d'étendre au tertiaire le coefficient global de consommation d'énergie, qui figurait dans la réglementation "résidentiel" de 1988, afin de mieux prendre en compte d'autres usages qui constituent des postes importants.
- Il fallait mettre la réglementation thermique française en conformité avec les normes européennes.

Comment s'assurer du respect de la RT 2000 ?

- Opter pour des solutions durables en traitant en priorité l'isolation thermique de l'enveloppe,
- Choisir une résistance thermique R élevée permet de mieux répondre aux exigences,
- Utiliser des produits certifiés ACERMI pour une performance thermique garantie et pérenne,
- Limiter les ponts thermiques structurels, notamment ceux liés aux liaisons entre les parois, permet d'améliorer le $U_{bât}$ ou G1 (déperdition totale du bâtiment),
- Isoler les tuyauteries d'eau chaude sanitaire, de climatisation et les conduits de ventilation.

ANNEXE 3

COMPLEMENTS SUR LA DEMARCHE HQE

La démarche HQE prend en compte 14 cibles :

- l'intégration harmonieuse des bâtiments dans leur environnement
- le choix intégré des procédés et des produits de construction
- les chantiers à faibles nuisances
- la gestion des déchets d'activité
- la gestion de l'eau
- la gestion de l'énergie
- la gestion de l'entretien et de la maintenance
- le confort hygrothermique
- le confort acoustique
- le confort visuel
- le confort olfactif
- la qualité sanitaire de l'air
- les conditions sanitaires des espaces
- la qualité sanitaire de l'eau

Quels matériaux isolants choisir lors d'un projet HQE ?

Outre les critères classiques s'ajoutent aujourd'hui des critères de respect de l'environnement. Ainsi, on pourra citer les nouveaux critères suivants :

- la toxicité pour l'environnement,
- la préservation des ressources naturelles sensibles,
- l'énergie mobilisée,
- le bilan CO₂,
- la recyclabilité.

Il reste aujourd'hui difficile de faire un choix entre les différents matériaux existants. Les raisons sont le manque d'information sur les produits, leurs procédés de fabrication, leur recyclabilité effective. D'autre part, plusieurs critères entrent en jeu, ce qui rend les comparaisons délicates. Le choix final résulte alors d'un compromis.

La démarche HQE a cependant permis, grâce à son évolution, une reconnaissance des performances des matériaux isolants naturels.