



L'ÉNERGIE AU FIL DES SIÈCLES

FICHE
TECHNIQUE N°1

DEFINITION

L'énergie, étymologiquement, est une « force en action ». C'est ce que l'on doit dépenser pour transformer quelque chose : le chauffer, le déplacer, le briser, le dissoudre, etc. L'énergie se mesure en joules (J). Un joule, c'est l'énergie qu'il faut pour soulever une pomme à un mètre de haut. C'est peu ! Notre corps, par exemple, consomme environ 10 millions de joules chaque jour, que nous tirons de l'alimentation, pour maintenir notre température à 37°C, nous déplacer, digérer...

AGE DES ÉNERGIES BIOLOGIQUES (- 1 000 000 D'ANNÉES ; - 400 000 ANS)

Depuis la préhistoire jusqu'à encore il y a peu de temps, l'énergie musculaire fût la seule source d'énergie utilisée par l'homme. Ils s'est ensuite servi de la force animale pour augmenter sa capacité à

travail. Les hommes maîtrisèrent ensuite le feu qui leur permit d'obtenir de la chaleur, de la lumière, de cuire des aliments et de travailler certains métaux.

AGE DES PREMIÈRES MACHINES UTILISANT LES ÉLÉMENTS NATURELS

De toutes les énergies non biologiques, c'est celle du vent que l'homme a d'abord utilisé. Les bateaux à voiles ont été employés depuis l'Antiquité. Apparurent ensuite les moulins à vent (au VII^e siècle en Chine, au X^e siècle en Europe) et le moulin à eau au XI^e siècle en Europe. Les techniques étaient

initialement réservées à la mouture du grain, ensuite au sciage du bois, puis à l'élévation du niveau de l'eau et d'autres tâches encore. Cependant, dès le XVI^e siècle, certaines régions d'Europe eurent la première crise de l'énergie : celle du bois.

AGE DU CHARBON

Il faudra attendre le XVII^e siècle et l'invention de la machine à vapeur pour transformer l'énergie thermique en énergie mécanique et ainsi actionner des machines. En chauffant l'eau en grande quantité, l'homme s'aperçut que la vapeur obtenue était capable d'entraîner un mécanisme, à condition de

s'échapper brutalement, c'est-à-dire sous pression. Pour chauffer l'eau, on brûla du charbon, qui détrôna très vite le bois, combustible le plus utilisé jusqu'alors. La machine à vapeur entraîna les roues des premières locomotives. Ce fut le début de la révolution industrielle.



AGE DU PETROLE ET DE L'ELECTRICITE

C'est vers 1875 qu'apparaissent de nouveaux moteurs : moteur à explosion, moteur électrique, génératrices, turbines à eau et à vapeur, tous les rouages essentiels de la fin du XX^{ème} siècle. Le pétrole et ses dérivés (essence, gazole, huiles...) règnent sur l'automobile. L'utilisation de l'électricité se généralise dans l'industrie, dans certains moyens

de transport comme le train, le métro et dans l'habitat (éclairage, appareils électroménagers, radio, télévision...). Jusqu'au début des années 1970, on assiste à la course au confort que procurent les énergies bon marché. Toutefois, la crise du pétrole ramènera tout le monde à la triste réalité : le risque d'épuisement des ressources.

AGE DE L'URANIUM

Comme toute matière (solide, liquide ou gazeuse), l'uranium est constitué de milliards de particules minuscules appelées atomes. Chaque atome possède un noyau. C'est en cassant en deux ces noyaux d'atomes que l'on obtient de l'énergie nucléaire. La chaleur dégagée permet de produire de l'électricité. L'utilisation civile de l'atome pour produire de l'énergie débute immédiatement après la seconde guerre mondiale. Dès 1951, les Etats-Unis produisent la première énergie électrique à partir d'un réacteur expérimental. Le premier choc pétrolier

en 1973, va véritablement lancer cette filière. En France, le gouvernement Messmer demande alors à EDF d'engager un programme nucléaire d'envergure afin d'assurer l'indépendance énergétique du Pays. En 2002, 78 % de l'électricité est produite à partir des centrales nucléaires. En 1986, on assiste à la première catastrophe nucléaire civile à Tchernobyl en Ukraine. Les autorités estiment à 125 000 le nombre de personnes tuées par la radioactivité dégagée lors de cet accident.

AGE DES CHOIX ENERGETIQUES

Compte tenu des risques posés par l'ensemble de la filière nucléaire, avec notamment le problème du stockage des déchets, il apparaît aujourd'hui qu'aucune source d'énergie n'est capable de satisfaire tous les besoins de l'humanité. En Europe, les Etats entreprennent des programmes de diversification des

sources de production d'énergie, en faisant appel à la maîtrise de l'énergie et aux énergies renouvelables à partir du soleil, de l'eau, du vent, de la biomasse (le bois)... Pour le moment, en France ces sources d'énergies renouvelables ne couvrent que 15% de la production d'électricité.



LA RAREFACTION DES MATIÈRES PREMIÈRES

FICHE
TECHNIQUE N°2

CONTEXTE

Les scientifiques et les économistes constatent depuis les années 70 une diminution des ressources naturelles disponibles par rapport aux besoins croissants de la population mondiale. Il s'agit de matières premières d'origine minérale (eau), animale (poisson) ou végétale (arbres), mais aussi de matières organiques fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel) qui constituent des sources d'énergie. C'est pour quoi, il est aujourd'hui courant de distinguer les ressources non renouvelables ou fossiles (par ex : le pétrole) des ressources renouvelables (par ex : le soleil).

La raréfaction des ressources naturelles peut être mesurée par un indicateur simple, l'empreinte écologique. Les études du World Wide Fund for Nature (WWF) montrent que l'empreinte écologique mondiale dépasse depuis les années 70 la capacité de la terre à renouveler les ressources naturelles. L'épuisement des ressources fossiles comme le pétrole, le gaz et certains minerais oblige le secteur de la construction en particulier, à de profonds changements.

LA FIN DES RESERVES, C'EST POUR QUAND ?

La question de la fin des réserves est controversée. En effet, seul le stock de réserves exploitables est connu à un instant t. Ce stock est entamé chaque année, tandis que de nouveaux gisements sont découverts ou rendus accessibles. En outre, une prévision précise de l'épuisement total des stocks suppose

une anticipation des découvertes de gisements, des évolutions technologiques, des évolutions de la consommation mondiale. Compte tenu de ces indications, voici le calendrier prévisible d'épuisement des principales matières premières extraites actuellement :

- › 2012 : fin du terbium
- › 2018 : fin du hafnium
- › 2021 : fin de l'argent
- › 2022 : fin de l'antimoine
- › 2023 : fin du palladium
- › 2025 : fin de l'or, du zinc et de l'indium
- › 2028 : fin de l'étain
- › 2030 : fin du plomb et du lithium
- › 2038 : fin du tantale
- › 2039 : fin du cuivre
- › 2040 : fin de l'uranium
- › 2048 : fin du nickel
- › 2050 : fin du pétrole
- › 2064 : fin du platine
- › 2072 : fin du gaz naturel
- › 2087 : fin du fer
- › 2120 : fin du cobalt
- › 2139 : fin de l'aluminium
- › 2158 : fin du charbon



Ces dates sont calculées sur la base de la consommation mondiale actuelle. Elles peuvent varier selon les sources et l'évolution de notre civilisation. Les ressources proviennent essentiellement de l'USGS (le service géologique des Etats-Unis) : <http://minerals.usgs.gov/> Cependant, les problèmes commenceront avant l'épuisement des stocks. Selon Cheikh Yamani, ancien ministre saoudien du Pétrole: «L'âge de pierres n'est pas terminé par manque de pierres. L'âge du pétrole ne s'achèvera pas avec le

manque de pétrole». La production va décroître bien avant d'approcher de l'épuisement. S'ajoute à cela le risque de voir flamber les prix de ces ressources et de pénaliser ainsi la compétitivité de l'économie. En attendant, le recours à des matériaux locaux issus de filières courtes (fibres végétales, terre crue, etc.) produites localement et compatibles avec des préoccupations environnementales est déjà une réponse prometteuse.

POUR ALLER PLUS LOIN

- › Les ressources minérales et l'histoire de leur exploitation, Actes du 108^e congrès national des sociétés savantes tenu à Grenoble en 1983, Paris, 1986
- › Wingert J.-L., La vie après le pétrole, éd. Autrement, 2005
- › www.finances.gouv.fr/notes_bleues/nbb/nbb212/mati.htm
- › <http://encyclopedie-dd.org/Les-ressources-minerales>
- › www.edito-matieres-premieres.fr



NOS BATIMENTS MENACENT NOTRE PLANÈTE

FICHE
TECHNIQUE N°3

NOS BATIMENTS SOURCES DE GAZ À EFFET DE SERRE

Les vingt dernières années constituent un tournant majeur dans la prise de conscience du danger écologique, sanitaire et social que représente le réchauffement climatique. Il ne fait plus de doute aujourd'hui que ce réchauffement est principalement dû aux activités humaines, et en particulier à notre consommation d'énergies fossiles : pétrole, gaz, charbon... La réduction de gaz à effet de serre est devenue une priorité. Le plan Climat mis en œuvre par la France doit permettre de le diviser par quatre

à l'horizon 2050, et cela dans tous les secteurs : transport, bâtiment, industrie, énergie, agriculture...

Trois approches complémentaires sont nécessaires, aucune ne se suffisant à elle seule :

- ▶ Diminuer les dépenses énergétiques en évitant le gaspillage ;
- ▶ Promouvoir les équipements économes en énergie ;
- ▶ Augmenter le recours aux énergies non carbonnées.

L'habitat est au centre de ces préoccupations, car il est responsable d'un quart des émissions de gaz à effet de serre (le bâtiment est le premier consommateur d'énergie en France 46%). Plus préoccupant, l'habitat est le seul secteur (avec les transports) où ces émissions ne font que croître depuis 20 ans, contrairement aux secteurs industrie et agricole par exemple.

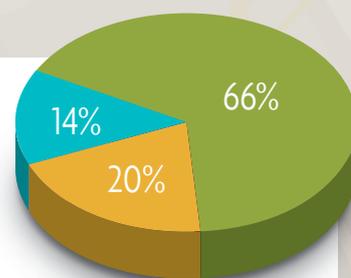
Pourquoi une telle augmentation, alors que la réglementation thermique est toujours plus exigeante ?

Les raisons sont multiples : accroissement du parc immobilier (+300 000 logements neufs par an actuellement), généralisation de l'habitat individuel (25% du parc en 1960... et plus de 60% aujourd'hui !), augmentation de la taille des logements, augmentation de la température de confort (en moyenne, on chauffe les bâtiments de 2°C supplémentaire en hiver qu'il y a 20 ans), diffusion de nouveaux besoins à forte consommation d'électricité (électroménager, climatisation, audiovisuel...)

Le chauffage reste, et de loin, la principale source de consommation d'énergie des bâtiments. Or l'énergie utilisée pour le chauffage est majoritairement d'origine fossile (fioul et gaz) : elle contribue donc largement aux émissions de gaz à effet de serre. Sur l'ensemble du parc de logements existants, la dépense énergétique est de 210 kWh/m².an.

Répartition de la consommation d'énergie dans l'habitat en France

- Chauffage
- Electricité spécifique
- Eau chaude sanitaire et cuisson



NOS BATIMENTS GRIGNOTENT LA CAMPAGNE

Contexte

D'après l'Institut français de l'environnement, 60 000 hectares de terres naturelles ou agricoles disparaissent chaque année en France sous l'effet de l'urbanisation. Soit l'équivalent d'un département tous les 10 ans. Les surfaces artificielles (routes, bâtiments, parkings, etc.) augmentent trois fois plus vite que la population (en augmentation de 8 % entre 1982 et 1999, contre 42 % pour les surfaces artificielles). Cet étalement urbain qui accroît fortement la consommation énergétique liée aux transports, et donc les gaz à effet de serre, exerce un impact sur la biodiversité et accentue les coûts pour les communes et les foyers.

Causes

De nombreux facteurs historiques, politiques et socioculturels peuvent expliquer l'urbanisation croissante :

- ▶ l'exode rural des années 50 et le développement d'une société industrielle ;
- ▶ l'attrait culturel et politique des villes, en particulier des capitales.
- ▶ l'attrait touristique de certaines régions très ensoleillées, enneigées en hiver ou proches de la mer.
- ▶ l'apparition de nouveaux besoins (voyages, surconsommation, loisirs), de nouvelles formes de confort et surtout le désir de chacun d'avoir sa maison individuelle entourée d'un jardin.

- ▶ l'écart important entre le faible prix des terres agricoles proches des villes et celui des terrains situés en zone urbaine ;
- ▶ le développement des moyens de transport permis aux gens d'habiter loin de leur lieu de travail.

Conséquences

L'étalement urbain menace aujourd'hui, par sa rapidité et sa constance, l'équilibre environnemental, social et économique des territoires par :

- ▶ la disparition de terres agricoles ou naturelles riches en biodiversité ;
- ▶ la disparition des ressources non renouvelables nécessaires pour la construction ;
- ▶ la production de flux continus de déchets solides et liquides qui polluent et monopolisent l'espace.
- ▶ la constitution de villes-dortoirs et de fortes migrations pendulaires, demandant de plus grands investissements en infrastructures routières et de plus grandes dépenses énergétiques, ainsi qu'une production plus grande de pollution au gaz carbonique ;
- ▶ l'augmentation des surfaces artificielles et le risque des inondations ;
- ▶ la perte d'identité et de modes de vie ruraux.

La faible densité est due au caractère pavillonnaire de cette urbanisation, la surface occupée par un foyer (maison + jardin privatif) est plus importante que celle d'un appartement en immeuble. À titre d'exemple en 2003 sur les 198 000 maisons construites, plus de 152 000 l'ont été en secteur diffus plutôt qu'en secteur concentré. Mais l'étalement urbain n'est pas le seul fait de l'habitat pavillonnaire : plus de la moitié des mètres carrés construits chaque année sont consacrés aux activités économiques (zone d'activité, aéroport, centres commerciaux).

Comment y remédier

La densité urbaine est souvent mal perçue car associée au développement des grandes barres érigées dans les années 1970, quand il a fallu construire beaucoup, vite et pas cher. Pourtant cet habitat n'est pas un modèle de densité... Les urbanistes d'aujourd'hui tentent de réconcilier densité et qualité

de vie en concevant des espaces urbains à la fois denses et viables, comprenant des espaces verts, des équipements collectifs, des commerces de proximité...

La loi relative à la Solidarité et au Renouveau Urbain (loi SRU) du 13 décembre 2000 vise à limiter l'étalement urbain.



NOS MATERIAUX CONSOMMENT BEAUCOUP D'ENERGIE GRISE

Avec la réduction forte attendue des besoins d'énergie des bâtiments (RT 2012, construction passive), la quantité d'énergie liée au cycle de vie des matériaux du bâtiment (de la fabrication à l'élimination) devient non négligeable quand on la compare à l'énergie que consomme le bâtiment sur sa durée d'utilisation.

Certes, il ne s'agit pas de mesurer au kWh ou au gramme de CO₂ près cette "énergie grise", mais

d'évaluer l'impact énergétique global de l'acte de construction. Au-delà de cette considération énergétique liée au bâtiment, le concept d'énergie grise, parce qu'il nous interroge sur l'impact des matériaux et de nos choix sur l'environnement, permet de mettre en avant des matériaux locaux et des filières courtes de fabrication.

L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE

L'analyse de cycle de vie permet de mesurer l'impact environnemental et sanitaire d'un bien, d'un procédé ou d'un service, de sa production à son élimination, en passant par sa distribution et son utilisation. Les indicateurs traduisent la quantité d'énergie consommée, la quantité de gaz à effet de serre émis, les impacts sur les écosystèmes et les conséquences sur la santé.

LES DIFFERENTES PHASES DE VIE D'UN MATERIAU



L'ENERGIE GRISE OU ENERGIE INCORPOREE

L'un des aspects essentiels à considérer dans l'Analyse du Cycle de Vie d'un matériau est la notion d'énergie grise. Ce terme désigne la quantité globale d'énergie contenue dans un bien ou un service. Cette quantité d'énergie inclut le prélèvement, la transformation, la commercialisation, l'élimination. Elle est exprimée en kilowattheure ou en Tonnes équivalent pétrole (Tep).

NOS CHANTIERS POLLUENT

Tout chantier de construction génère des nuisances sur son environnement proche. En effet, les chantiers sont généralement sources de nuisances sonores pour le voisinage; de pollution des sols, de l'eau et de l'air; de gêne de la circulation sur la voie publique et de

déchets recyclables ou ultimes. Il existe une nouvelle manière de gérer les chantiers, appelé chantier propre qui a pour objectif de limiter ces nuisances au bénéfice des riverains, de l'environnement mais également des artisans.

NOS BATIMENTS NOUS EMPOISONNENT

Les risques sanitaires liés au secteur de la construction concernent à la fois les ouvriers ou employés sur le chantier mais aussi les utilisateurs des bâtiments. Au-delà des risques liés à l'emploi de machines ou de matériaux (santé et sécurité au travail), l'accent est mis sur les pollutions biologiques, chimiques et physiques pouvant avoir une origine extérieure (transport, industrie) ou intérieure (matériaux, hygiène, etc.).

Depuis la création en France, en 2001, de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), les professionnels disposent d'études scientifiques poussées qui attestent de l'accumulation dans nos organismes d'un grand nombre de substances chimiques. Ces pollutions proviennent en grande partie des matériaux de construction mais aussi de la mise en oeuvre (isolation, ventilation).

On distingue 2 types de pollution

► Les pollutions intérieures :

Elles proviennent des moisissures mais aussi de substances chimiques contenues dans les matériaux et éléments de décoration (formaldéhyde, composés organiques volatils (COV), benzène, phtalates, etc.). Ainsi que de l'utilisation de produits ménagers à base de produits toxiques (ammoniaque, perméthrine, naphthaline) accentue les risques sanitaires.

► Les pollutions extérieures :

elles proviennent de différentes sources. Il y a la pollution des sols dont la plus connue est le radon, mais aussi d'autres pollutions chimiques liées aux activités industrielles ou agricoles. La pollution de l'air liée aux polluants chimiques et aux pollens. Les pollutions électromagnétiques (ligne à très haute tension, antennes relais, voie ferrée, etc.). Les pollutions sonores et olfactives (axes routiers, zones industrielles, station d'épuration, poulaillers, porcheries, etc.).

Des solutions

- Renouveler l'air : qu'elle soit naturelle ou mécanique, la ventilation doit être régulière, efficace, bien contrôlée et entretenue.
- Se repérer grâce aux labels et étiquettes : les fabricants sont tenus d'afficher la composition des produits et les risques sanitaires liés à leur utilisation.
- Choisir des matériaux et des produits sains et écologiques.
- S'éloigner des zones à risque pour les pollutions extérieures.

POUR ALLER PLUS LOIN

- Von Weizsäcker E.-U., Lovins A. B., Hunter Lovins L., Facteur 4 – Deux fois plus de bien-être en consommant deux fois moins de ressources, éd. Terre vivante, 1997
- Les chantiers verts, qualité environnementale des opérations de construction, Plan Urbanisme Construction Architecture, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Paris, 2008
- Déoux S., Déoux P., Le guide de l'habitat sain, éd. Medieco, 2004
- Méar G., Nos maisons nous empoisonnent, éd. Terre vivante, 2003
- De Haut P., Construire une maison non toxique, éd. Eyrolles, 2008
- Jolliet O., Saadé M. et coll., Analyse du cycle de vie, comprendre et réaliser un écobilan, éd. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2010
- www.air-interieur.org Observatoire de la qualité de l'air intérieur.
- www.sante.fr AFSSET Agence française de sécurité sanitaire, de l'environnement et du travail.
- www.ineris.fr INERIS Institut National de l'Environnement industriel et des RISques.
- <http://negawatt.objectis.net>
- www.ademe.fr
- www.effet-de-serre.gouv.fr
- www.developpement-durable.gouv.fr



L'HABITAT, SON ARCHITECTURE, SES FONCTIONS, SON HISTOIRE

FICHE TECHNIQUE N°4

CONTEXTE

Toute construction est avant tout un espace qui abrite des activités humaines, autrement dit une architecture aux qualités fonctionnelles, spatiales et esthétiques. Chacun a une expérience intime de l'espace comme habitant d'une maison, d'un immeuble, d'une école, d'une rue ou d'un quartier. Mais analyser l'espace

construit nécessite d'utiliser un certain nombre de concepts ou de mots pour décrire les formes et les fonctions d'un bâtiment. Six notions principales dans l'analyse des qualités architecturales d'une construction sont présentées ici : forme/fonctions, plein/vide, volume/plan.

HISTORIQUE

Habiter est une fonction primordiale pour la vie humaine qui a évolué depuis les abris sommaires des hommes préhistoriques : comme nous, ces derniers cherchaient à s'abriter de la pluie, du soleil, du froid, du vent, mais aussi des animaux ou des personnes indésirables. L'habitat s'est adapté au fil des siècles aux conditions locales et aux modes de vie : depuis l'espace unique de la hutte, de la tente (abri temporaire) à la détermination de fonctions précises de chaque pièce de l'appartement d'aujourd'hui (cuisine, chambre, salon, salle de bains).

La fonction d'habiter prend des formes très différentes dans les villes actuelles : maison individuelle,

petit collectif, immeuble de plusieurs logements, grandes cités, etc. sans compter la diversité des types d'appartements : chambre d'hôtel, studio, loft modulables, appartement sur plusieurs étages, avec ou sans terrasse etc.

A l'échelle urbaine, on trouve des bâtiments de différentes fonctions : bâtiments publics (musées, écoles, mairies), bâtiments tertiaires (bureaux, usines). Ces bâtiments diffèrent entre eux selon leur utilité, leur usage et leur identité. Leur façade ou enveloppe permettent souvent de les reconnaître à l'image des signes ou des mots, la ville devenant ainsi un grand livre à déchiffrer.

LES FONCTIONS DE L'HABITAT

L'habitat répond aux différents besoins de l'homme : physiques, intimité, mais aussi manger, jouer, créer, prier, travailler.

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ⋮ Besoin vital ⋮ > Se protéger du froid ou de la chaleur ⋮ > Se protéger de la pluie, du vent ⋮ > Avoir un endroit où dormir ⋮ > Avoir un endroit où manger et boire | <ul style="list-style-type: none"> ⋮ Besoin non vital ⋮ > Sédentaire (lire, jouer, regarder la TV, utiliser l'ordinateur) ⋮ > Se protéger du bruit ⋮ > Se protéger des voleurs ⋮ > Communiquer (téléphone, adresse postale, Internet...) |
|--|---|



Il est intéressant de remarquer que certaines fonctions de l'habitat n'ont pas changé (se protéger du froid, de la chaleur, des intempéries), d'autres ont disparu (se protéger des prédateurs) ou ont évolué (l'habitat, initialement collectif, jouait à la fois un rôle

de protection et de lien social; aujourd'hui, l'habitat constitue souvent une « bulle » à l'intérieur de laquelle chaque famille tente de s'isoler). Certaines fonctions sont apparues récemment (se protéger du bruit, par exemple, ou communiquer).

FORMES ET FONCTIONS

Etroitement liée aux techniques de construction, mais aussi à l'esthétique, la fonction d'un bâtiment répond en premier lieu à des besoins exprimés par le futur utilisateur appelé maître d'ouvrage. C'est à lui d'élaborer le programme ou cahier des charges du futur bâtiment: emplacement, nombre de pièces,

différentes fonctions, ... le maître d'œuvre ou architecte, traduit ces souhaits et ces besoins en un projet architectural permettant de hiérarchiser les besoins en fonction des contraintes (terrain, budget, lois, techniques).

LE VIDE - LE PLEIN

L'enveloppe et les parois d'un bâtiment délimitent l'espace interne. Les perceptions de notre corps du rapport entre les pleins et les vides vont déterminer l'usage des lieux et le déroulement des activités humaines. On dit souvent d'un bâtiment que c'est une 3^{ème} peau pour l'homme. Les mots habiter et habitent sont-ils pas de la même famille? L'architecture est à la fois un contenant et un contenu, c'est pourquoi les qualités spatiales d'un bâtiment sont essentielles à analyser.

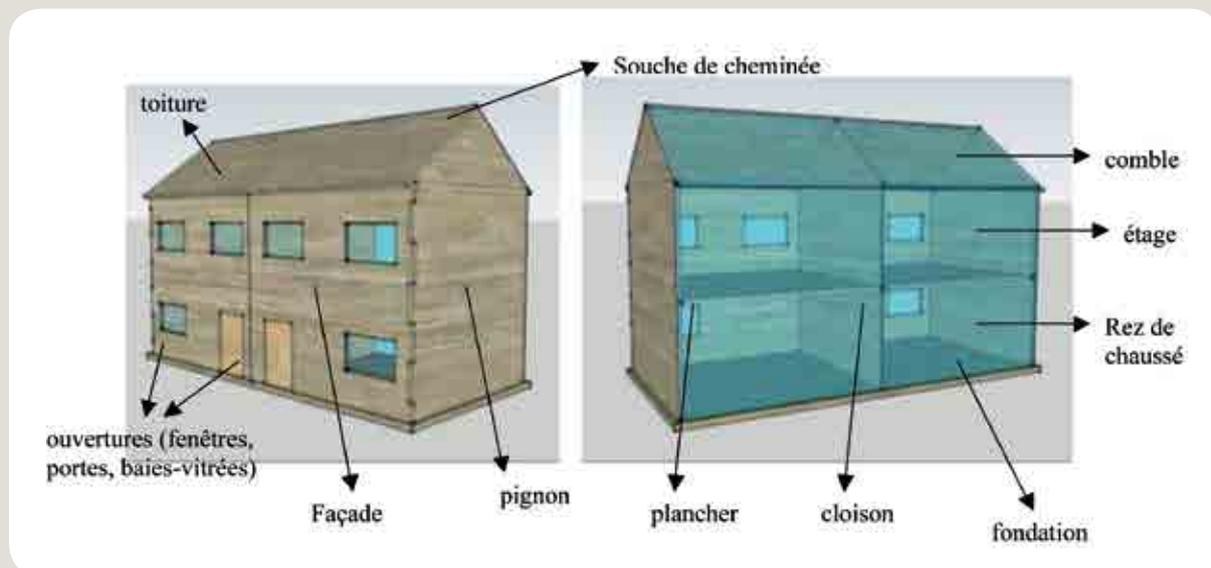
L'échelle permet de définir la dimension d'un bâtiment souvent par rapport à l'être humain mais aussi à son environnement. La fonction d'un bâtiment détermine aussi sa taille. En français, l'échelle a un autre sens: c'est la mesure graphique qui permet de définir la réduction des plans de bâtiments ou de terrains.

VOLUME ET PLAN

L'appréhension quotidienne de l'espace architectural se fait en trois dimensions, en volume. La représentation par le dessin, en plan est un bon moyen de compréhension et de communication, il permet aussi de se figurer ou d'imaginer ce qui est encore en projet. On peut également utiliser le texte descriptif ou imaginaire, la maquette (à échelle réduite), la photographie et le film..

Dessiner le plan de son habitat fait appel à la mémoire et à des codes de représentation à expliciter (vue de dessus, vue en perspective, vue en coupe, en élévation). Il peut prendre une forme très libre et faire appel à la créativité de chacun ou être le support à la pratique de la géométrie et des mathématiques.

LES DIFFÉRENTES PARTIES DE L'ARCHITECTURE



- NB : La partie inférieure du plancher, appelée aujourd'hui plafond.
- Les façades et les pignons sont des murs porteurs

POUR ALLER PLUS LOIN

- ▶ Sicard M., Comprendre l'architecture, coll. Projets pour l'école, CRDP de l'Académie de Grenoble, 2001
- ▶ 50 activités pour Découvrir l'architecture et l'urbanisme avec les CAUE, à l'école et au collège, Marie-Claude Derouet-Besson (dir.), Sceren, CNDP, Midi-Pyrénées, 2007
- ▶ Archi'facile, malle pédagogique, CRDP de Bretagne, Rennes, 2009
- ▶ 1 bâtiment/ un architecte, collection d'architecture, kit pédagogique, édition spéciale Centre d'art contemporain Arc en Rêve, Bordeaux, 2007



L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE

FICHE
TECHNIQUE N°5

CONTEXTE

Le terme d'architecture bioclimatique utilisé comme synonyme d'architecture solaire dans les années 75-80 s'est imposé car il exprime non seulement le souci de profiter des apports gratuits du soleil mais aussi de satisfaire les besoins de confort, tout en vivant en harmonie avec l'environnement naturel et humain. Cette méthode de conception architecturale repose sur un certain nombre de principes, à adapter

par définition à chaque site et à chaque climat. Les architectes y ont recouru surtout pour concevoir des maisons individuelles mais aujourd'hui également des immeubles de bureaux ou des bâtiments publics. Ce concept diffère d'autres dénominations plus ou moins définies : architecture éco-responsable, architecture écologique, construction durable, architecture verte.

DEFINITION

L'architecture bioclimatique est une démarche de conception spatiale et constructive qui vise l'adéquation entre la construction, le climat et l'environnement dans lequel ils s'implante. Elle tient compte aussi du mode et du rythme de vie des habitants.

LES PRINCIPES

Implantation du bâti dans son environnement

Dans une approche bioclimatique, il est important de tenir compte des températures extérieures, de l'ensoleillement, de la pluviométrie et du vent. Il s'agit de profiter des avantages offerts par le site et de composer avec ses inconvénients : masques proches (édifices, maisons voisines, etc.), végétation, microclimats, vents dominants. La végétation fait ombrage, protège du vent, favorise la ventilation, apporte de l'oxygène et rafraîchit en été. Elle permet de diminuer le rayonnement solaire direct, réfléchit et diffuse nuisible au confort d'été.

Conception des espaces et volumes intérieurs

Lorsqu'un bâtiment présente des volumes compacts, il offre une prise au vent réduite et permet donc de minimiser les consommations de chauffage. Le coefficient de compacité permet de savoir dans quelle mesure la construction est compacte. La forme idéale, de ce point de vue, serait la sphère car elle offre peu de résistance aux vents. L'architecte veille également à proportionner les volumes et agencer les pièces en fonction de leur usage (zone de nuit et zone de jour), de leur ensoleillement et de la circulation de la ventilation.



La réduction des déperditions thermiques L'isolation doit être performante afin de conserver la chaleur au maximum a use in de la construction. Une isolation de 15 à 25 cm pour les parois verticales et de 25 à 35 cm pour la toiture permet de remplir aisément ces exigences. Les toitures doivent être privilégiées car c'est par le toit que s'échappe le plus de chaleur. Il est essentiel d'éviter les ponts thermiques, c'est à dire les parties de l'enveloppe d'un bâtiment où la chaleur s'échappe plus facilement. Les ponts thermiques proviennent des liaisons plancher-mur, des contours de menuiseries, des vitrages, etc. La ventilation apporte un air neuf, l'inconvénient en hiver est que cela risque de refroidir l'air ambiant au sein de la construction, d'où le choix d'une ventilation permettant de préchauffer l'air qui arrive de l'extérieur. Cet inconvénient peut être atténué voire annulé par des murs au bon fonctionnement hygrométrique qui se chargent d'évacuer une partie de l'excès d'humidité et diminue ainsi le besoin de ventiler.

Création d'espaces tampons

La stratégie bioclimatique est de fermer les ouvertures au nord, zone la plus froide, et de privilégier dans cette zone les pièces qui ne demandent pas à être chauffées. Elles vont créer un premier espace «tampon» subissant les contraintes du vent du nord, atténuant ainsi les déperditions de chaleur dans les pièces à vivre. Pour une habitation, un garage ou un cellier offrent une protection intéressante au nord. Les chambres à coucher sont parfaitement indiquées à l'est afin de profiter du lever du soleil, le séjour et plus généralement les pièces à vivre au sud afin de gagner en luminosité et éviter des consommations en éclairage inutiles.

Privilégier les apports gratuits

Il s'agit de profiter au maximum des apports énergétiques offerts par le rayonnement solaire. On peut envisager une véranda, une serre solaire ou de larges baies vitrées ouvertes au sud. On profite ainsi des apports de chaleur (réduction des consommations de chauffage) et de la transmission lumineuse (réduction des besoins en éclairage). Toutefois ces ouvertures au sud peuvent être nuisibles au confort d'été, surtout en climat méditerranéen, à cause du surplus de chaleur que cela induit. Des protections solaires peuvent être mises en place : une casquette ou un débord de toit afin de protéger la façade des rayons du soleil d'été (soleil d'été plus haut que

soleil d'hiver) ou une végétation abondante en été sur une pergola ou sur la façade, dont les plantes vont perdre leurs feuilles en hiver. Ainsi les rayons du soleil d'hiver sont plus gênés par ces protections. Des vitrages aux performances avantageuses permettent d'emmagasiner la chaleur tout en évitant les déperditions thermiques. Le triple vitrage est plus intéressant au nord car il réduit fortement les fuites de chaleur. Au sud, il est plus profitable de placer des fenêtres double vitrage à faible émissivité (capacité d'un corps à absorber et à réémettre l'énergie rayonnée). Ce type de vitrage diffuse une transmission lumineuse plus conséquente que le triple vitrage. De surcroît, une couche métallique disposée à l'intérieur du double vitrage permet de conserver la chaleur a use in du bâtiment. Les murs peuvent bénéficier des apports gratuits du soleil en stockant cette chaleur à travers leur masse afin de la restituer par retardement. Cette qualité d'inertie permet une diminution des besoins de chauffage. Plusieurs techniques permettent de profiter des apports gratuits du soleil, citons notamment le mur trombe. Il s'agit d'un dispositif de captage solaire constitué d'un vitrage placé devant une paroi à maçonnerie lourde, et séparé de celle-ci par une lame d'air de quelques centimètres. Lorsque le rayonnement solaire traverse le vitrage, le mur situé derrière la lame d'air se réchauffe et transmet la chaleur au sein du bâti.

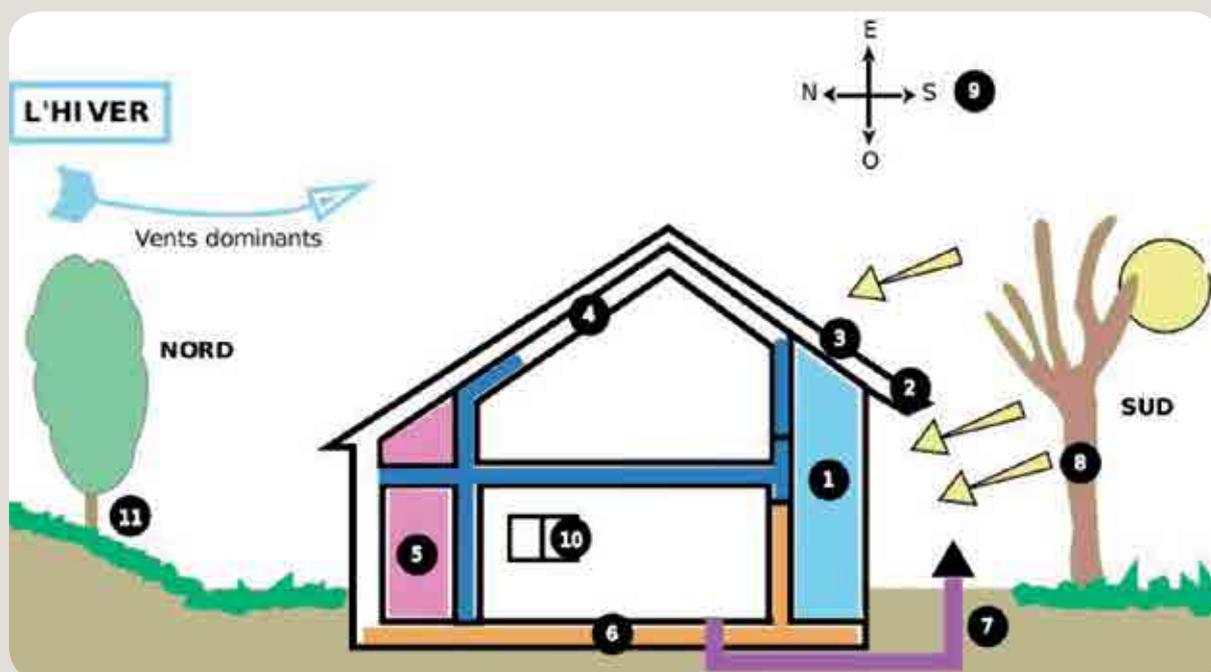
Choix réfléchi des matériaux

Il convient de sélectionner les matériaux en fonction du climat, des caractéristiques du terrain, de leur performance, de leur efficacité thermique et de leur impact sur l'environnement et la santé. Selon l'orientation, certains matériaux peuvent être préférés à d'autres. Par exemple, on peut privilégier des murs faiblement déperditifs au nord (matériaux hautement isolants) et des murs accumulateurs au sud (matériaux à forte inertie).

Choix étudié du système de chauffage

Le système de chauffage doit être correctement dimensionné à la construction. Si les critères cités précédemment sont convenablement respectés, les besoins de chauffe seront fortement réduits. Un chauffage à faible puissance sera amplement suffisant (poêle à bois par exemple). On réduit de cette façon le coût à l'achat par rapport à un système plus puissant.

LA CLIMATISATION NATURELLE



1 Serre

2 Casquette (débord de toit)

3 Ouvertures pour ventilation

4 Forte isolation

5 Espace tampon

6 Inertie (masses thermiques)

7 Puit canadien

8 Végétation caduque

9 Orientation

10 Ouvertures

11 Talus / Haie

POUR ALLER PLUS LOIN

- Wright D. et coll., Manuel d'architecture naturelle, éd. Parenthèses, 2004
- Gauzin-Muller G. (dir.), Habiter écologique, quelles architectures pour une ville durable ?, éd. Actes Sud/Cité de l'architecture et du patrimoine, 2009
- Oliva J.-P. et Courgey S., La conception bioclimatique, éd. Terre Vivante, 2006
- www.ademe.fr/particuliers/Fiches/construire_autrement/rub1.htm
- www.envirobat-med.net Site du centre de ressources Envirobat Méditerranée.
- <http://batirsain.org/> Site de l'association française Bâtir sain.
- www.h2osmose.com/ecogwada/ Site guadeloupéen : Comment bien vivre sous le soleil en utilisant des ressources renouvelables gratuites.



LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE ET LES DIFFÉRENTS LABELS

FICHE
TECHNIQUE N°6

CONTEXTE

La première réglementation thermique est apparue en 1974, suite à la crise pétrolière de 1973. Elle fait écho à une prise de conscience générale relative à notre dépendance au pétrole. L'objectif de la réglementation thermique est d'augmenter le confort des occupants tout en réduisant la consommation énergétique des bâtiments. Elles s'inscrivent depuis 1992 et 1998 dans la lignée des accords de Rio et de Kyoto

fixant des objectifs de réduction d'émission de gaz à effet de serre à l'échelle de la planète. Parallèlement à la politique énergétique officielle, les acteurs privés européens proposent une série de labels ou démarches de performances énergétiques dont les enjeux techniques et économiques font l'objet de controverses entre professionnels.

LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012

Cette nouvelle réglementation, qui est rentrée en vigueur au 28 octobre 2011 pour les constructions de bâtiments tertiaires et au 1^{er} janvier 2013 pour les constructions de logement, remplace la RT 2005. La Réglementation Thermique 2012 (RT2012) a pour objectif, tout comme les précédentes réglementations thermiques, de limiter les consommations énergétiques des bâtiments neufs qu'ils soient pour de l'habitation (résidentiel) ou pour tout autre usage (tertiaire).

L'objectif de cette réglementation thermique est défini par la loi sur la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement. Cet objectif reprend le niveau de performance énergétique défini par le label BBC-Efficacité. Toutes les constructions neuves présentent, en moyenne, une consommation d'énergie primaire (avant transformation et transport) inférieure à 55 kWh/m².an contre 150 kWh/m².an environ avec la RT2005.

Les + de la RT 2012 :

- Elle prend en compte les besoins de chauffage mais aussi les besoins d'éclairage
- Des moyens de contrôle sont prévus (contrôle moins exigeant que pour le BBC)

- En amont : étude thermique sur plan
- En aval : contrôle thermique par un test d'étanchéité à l'air systématique pour les bâtiments réalisés par des artisans. Simple validation de type « démarche qualité » pour les constructeurs.
- Le test peut être réalisé par une plus grande diversité d'acteurs certifiés : thermicien, bureau d'étude, architecte.

Les limites de la RT 2012 :

- Les constructeurs doivent faire valider uniquement les 30 premières constructions pour obtenir le label « démarche qualité »
- Il n'y a pas de visite de contrôle sur chantier prévu, le test se fait uniquement le jour de la livraison bâtiment terminé donc on ne voit pas toutes les déperditions.
- Le calcul thermique n'est pas prévisionnel, donc ça ne prend pas en compte la surconsommation liée à l'usage. Il faudra sensibiliser les habitants car suivant leur mode de vie, ils n'arriveront pas à 55 kWh/an.m²



LES DEMARCHES ET LES LABELS

La confusion est fréquente entre démarche et label : une démarche est une initiative volontaire, libre et non certifiée ; tandis qu'un label est obtenu à l'issue d'une certification (payante) pendant tout le processus de conception et de construction.

Les Labels/ référentiels	Objectifs de consommation	Description	Certification
Effnergie®	<p>En construction neuve : consommation de chauffage inférieure à 50 kWh/m²/an</p> <p>En réhabilitation : consommation de chauffage inférieure à 80 kWh/m²/an</p>	Label français	Effnergie®
Minergie® Label suisse	<p>En construction neuve : 38 kWh/m²/an</p> <p>En réhabilitation : 60 kWh/m²/an</p>	Concerne l'habitat, le tertiaire, les locaux commerciaux et la performance énergétique de ces bâtiments. Le label est 2 à 7 fois plus exigeant que les normes imposées par la RT 2005. Il permet d'anticiper l'avenir, puisqu'il devance les exigences de la prochaine réglementation RT.	Minergie®
Passivhaus®	Consommation du chauffage inférieure à 15 kWh/m ² /an	Ce label allemand a son équivalence française La Maison Passive France (laMP®) (voir fiche techniques sur le bâtiment passif) produisant des bâtiments dits « passifs ».	Passivhaus®
BEPOS	Bâtiment à énergie positive	BEPOS = Bâtiment passivhaus + production d'énergie par système Énergie Renouvelable, c'est donc un bâtiment qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme.	BEPOS
HQE	Pas d'objectif de consommation énergétique mais respect d'au moins 4 des 14 cibles environnementales décrites	Il s'agit d'une certification délivrée par des organismes agréés. Même si seulement 4 cibles sur 14 sont respectées, une construction peut être certifiée HQE. L'ensemble des cibles concerne le confort hygrothermique, acoustique, visuel et olfactif, l'intégration du bâti, la gestion des déchets et de l'eau ainsi que la qualité sanitaire, architecturale et la performance énergétique du bâtiment.	HQE

POUR ALLER PLUS LOIN

Guides pratiques de l'ADEME, disponibles auprès des espaces Info-énergie :

- L'isolation thermique, réf. 5614, avril 2007
- Réglementation Thermique des bâtiments neufs - Guide équipements techniques, collection Connaître pour agir, réf. 6425, septembre 2008
- Diagnostic de Performance Énergétique, réf. 6328, mai 2008 <http://www.legrenelle-environnement.fr>



LE CONFORT ET LES DEPERDITIONS THERMIQUES

FICHE
TECHNIQUE N°7

CONTEXTE

Si la notion de confort est plutôt subjective et varie en fonction des individus et des pays, celle des déperditions thermiques est objective et quantifiable. Or, plus la démarche de confort thermique est pensée en amont du projet de construction et de rénovation, plus elle a de chances d'être efficace. Des choix judicieux concernant la localisation, l'orientation et la conception du bâtiment vont lui permettre d'être confortable été comme hiver, sans dépense énergétique excessive.

Dans tout projet de conception ou de rénovation en écoconstruction, comprendre les bases de la thermique du bâtiment est utile pour dialoguer avec un maître d'oeuvre, analyser un Diagnostic de Performance Énergétique (obligatoire pour tout achat ou vente d'immobilier), lire un devis et comprendre les mesures d'aides financières en faveur de travaux visant les économies d'énergie.

DEFINITION

Le confort thermique exprime le bien-être des individus en fonction des températures, de l'hygrométrie et de la vitesse de l'air. Il dépend aussi de leur activité et de leur tenue vestimentaire. Pour la conception architecturale, on distingue le confort d'été du confort d'hiver.

LA SENSATION DE CONFORT THERMIQUE

Le confort thermique est propre à chaque individu en fonction de son âge, de son sexe, de son état physique et psychique. Il dépend également des habitudes socioculturelles : un Américain apprécie une température ressentie entre 20 et 26°C, un Anglais entre 14,5 et 21°C, un habitant des régions tropicales entre 23 et 29,5°C et un Français entre 19 et 25°C. Plusieurs facteurs pouvant être régulés constituent la base du confort thermique :

La température de l'air et l'humidité relative Il est indispensable d'avoir une température stable dans le temps et homogène dans l'espace. Les écarts importants de températures sont éprouvants pour le corps. Il est recommandé de garder une humidité relative de l'air (ou degré d'hygrométrie) entre 40

et 60%. Plus l'air est humide, plus la sensation de fraîcheur ou de chaleur est accentuée ;

La température des parois
Par effet de rayonnement, la température du sol, des murs, des vitres et du plafond influencent fortement la sensation de confort. Ainsi, à 19°C dans un volume de pièce identique, un ressenti de chaleur ou de froid peut être ressenti selon le revêtement des parois ;

Les mouvements de l'air

Le passage de l'air sur la peau augmente les échanges thermiques et provoque une sensation de modification de la température. Il convient donc de supprimer les courants d'air l'hiver et de les favoriser l'été, en les contrôlant.



LA TRANSMISSION DE LA CHALEUR

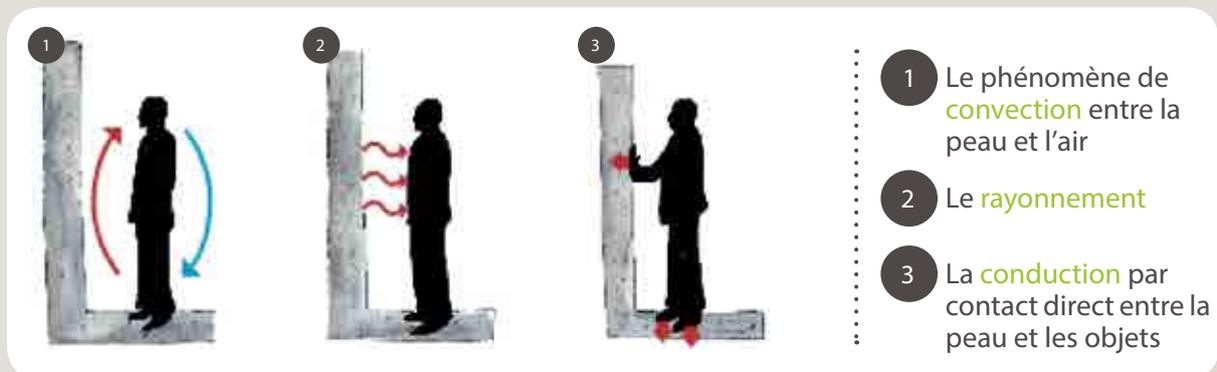
Toute matière transmet et reçoit de la chaleur de son environnement. Le corps humain, les murs de la maison, le poêle, etc. échangent constamment des calories.

On distingue ainsi différents types d'échange de calories :

- ▶ **Par conduction** : échange de chaleur d'un solide à un autre effectué par contact ;
- ▶ **Par convection** : échange de calories verticale effectué par un fluide intermédiaire (air/eau). L'air réchauffé par contact monte puis se refroidit et redescend. Il crée ainsi un mouvement de convection ;
- ▶ **Par rayonnement** : deux corps à températures distinctes échangeant à distance des calories par effet électromagnétique (ex. : le soleil, comme le chauffage au sol, transmet sa chaleur par rayonnement) ;

▶ **Par évaporation** : l'eau liquide contenue dans une matière a besoin de calories pour se transformer en gaz. En s'évaporant, l'eau crée du froid ou de la fraîcheur. Ce phénomène, qui se traduit par un échange de calories par vaporisation, est exploité naturellement par le corps humain (transpiration) pour assurer la régulation. De ces constatations découlent une série de gestes simples favorisant le confort d'été et le confort d'hiver : apports gratuits et protections naturelles (ex. : arbre caduque protégeant la façade de la surchauffe d'été et favorisant les apports solaires l'hiver), choix des matériaux pour leurs propriétés.

CONVECTION, RAYONNEMENT, CONDUCTION



LES PROPRIÉTÉS THERMIQUES DES MATÉRIAUX

Chaque matière ou matériau a son propre comportement thermique défini par une ou plusieurs propriétés physiques :

Densité ou masse volumique

▶ **Unité : kg/m³ ou kilogramme par mètre cube**
Caractéristique d'un matériau mesurant son poids par rapport à son volume. La masse volumique ($\rho = \frac{m}{V}$) s'exprime en kilogrammes par mètre cube

(kg/m³). Un matériau possédant une masse volumique élevée (supérieure à 1000 kg/m³) a souvent une bonne capacité thermique ou inertie (voir plus loin). Ex. : le marbre, la roche volcanique, le granite et le béton plein ont une masse volumique élevée (autour de 2000 kg/m³) à l'inverse des laines végétales, animales et minérales (entre 20 et 40 kg/m³).

PROPRIETES D'ISOLATION

Conductivité thermique (λ Lambda)

► Unité : W/m.K (Watts par mètre-Kelvin)

Capacité d'une matière à conduire la chaleur. Plus λ est faible, moins le matériau est conducteur de chaleur et plus l'isolant est performant.

Ex.: les matériaux d'isolation ont une conductivité thermique moyenne de 0,04 W/m.K, la pierre dure et le béton plein ont une conductivité thermique autour de 2 W/m.K, tandis que des métaux ont une conductivité thermique supérieure à 50, jusqu'à 350 W/m.K pour le cuivre. En augmentant l'épaisseur de l'isolant, on augmente la résistance thermique de la paroi.

Résistance thermique (R)

► Unité : en $m^2/K/W$ (mètre carré Kelvin par Watt)

Capacité isolante d'un matériau à s'opposer au passage de calories pour une épaisseur donnée. Plus R est grand, plus le matériau est isolant. Lorsqu'un mur est composé de différents matériaux, le R total est égal à la somme des R de chaque composant. La résistance d'un matériau d'épaisseur e et de surface S est $R = e / (S \cdot \lambda)$. Un matériau créant un déphasage d'une douzaine d'heures permet de tempérer un intérieur sans avoir recours à la climatisation.

Ex.: un enduit chaux chanvre a une forte résistance thermique, la chaleur mettra du temps à traverser, ce qui est précieux lorsque l'on souhaite un déphasage jour/nuit relativement long.

Transmission calorifique (U)

► Unité : $W/m^2 \cdot K$ (Watt par mètre carré par Kelvin)

C'est l'inverse de la résistance thermique. $U = 1/R$. U est la valeur que l'on utilise le plus souvent pour donner les caractéristiques isolantes d'une paroi. Plus U est petit, plus la paroi est isolante.

Propriétés d'inertie

L'inertie thermique d'un matériau permet de stocker de la chaleur ou de la fraîcheur qui sera restituée en décalage. Une maison aux murs épais restera fraîche à midi en été grâce à la fraîcheur emmagasinée la nuit. Un mur en terre, par effet de serre derrière une baie vitrée, captera la chaleur d'une journée d'hiver ensoleillée puis diffusera doucement ses calories.

Capacité thermique spécifique (S)

► Unité : $Wh/m^3 \cdot K$ (watt heure par mètre cube Kelvin)

Caractérise la capacité d'un matériau à emmagasiner la chaleur par rapport à son volume. Elle est définie par la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température de 1 m³ du matériau. La capacité thermique associée à la densité d'un matériau détermine l'inertie de ce matériau. Plus la capacité thermique d'un matériau est grande, plus la quantité de chaleur à lui apporter pour élever sa température est importante. Cette valeur augmente avec la masse volumique du matériau.

Ex.: le béton a une forte densité et une forte capacité thermique. Une capacité thermique élevée permet un bon déphasage du flux de chaleur, ce qui est primordial pour le confort d'été. La chaleur est ainsi conservée dans les murs et restituée en soirée lorsque les températures se rafraîchissent.

Effusivité (b ou Ef)

Capacité d'un matériau à se réchauffer très rapidement en absorbant des calories dans le milieu ambiant et en les stockant. Plus Ef est petit, plus le matériau se réchauffe rapidement. Elle s'exprime en $W \cdot h^{0,5} / m^2 \cdot K$.

Ex. : dans une pièce de même volume, de même isolation, pour une même puissance de chauffe installée où seuls les revêtements de surface diffèrent, il faut à ceux-ci pour passer de 5°C à 10°C :

- Liège : 10 minutes ($b = 1,9 W \cdot h^{0,5} / m^2 \cdot K$) ;
- Bois : 80 minutes ($b = 4,9 W \cdot h^{0,5} / m^2 \cdot K$) ;
- Faïence : 330 minutes ($b = 25 W \cdot h^{0,5} / m^2 \cdot K$).

Nepas confondre effusivité et diffusivité ! L'effusivité concerne la vitesse à laquelle la surface du matériau se réchauffe tandis que la diffusivité est la vitesse à laquelle la chaleur va traverser le matériau de part en part.

Au plus le coefficient d'effusivité est grand, au plus on va subjectivement considérer un matériau comme étant froid. Un matériau dont Ef est élevé pompe rapidement la chaleur de la surface de notre peau mise en contact avec ce même matériau.

CONCLUSION

Pour le confort d'hiver

Il conviendra d'avoir un isolant dont la conductivité thermique est faible, d'une épaisseur suffisante pour avoir une bonne résistance thermique, et une mise en oeuvre adéquate : densité du matériau appropriée, suppression des ponts thermiques, notamment par une démarche globale de coordination des corps de métiers.

Pour le confort d'été

Il conviendra d'avoir un isolant présentant une capacité thermique élevée permettant de stocker suffisamment de calories sans s'échauffer pour autant et un déphasage de l'onde thermique élevée afin que la chaleur de la journée arrive à l'intérieur lorsque la fraîcheur de la soirée permet de tempérer les espaces intérieurs. Il faut donc choisir un isolant qui ralentisse le passage de flux de chaleur, c'est-à-dire à faible diffusivité thermique.

POUR ALLER PLUS LOIN

- ▶ Liébard A., De Herde A., Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, éd. Le Moniteur, 2006
- ▶ Oliva J-P., Courgey S., La conception bioclimatique, éd. Terre Vivante, 2007
- ▶ www.ademe.fr/particuliers/Fiches/confort_ete/index.htm Guides « Confort d'été » et « L'isolation thermique ».
- ▶ http://pie.dromenet.org/infos_pratiques/eco-con/Guide_materiaux.pdf



L'ISOLATION

FICHE
TECHNIQUE N°8

CONTEXTE

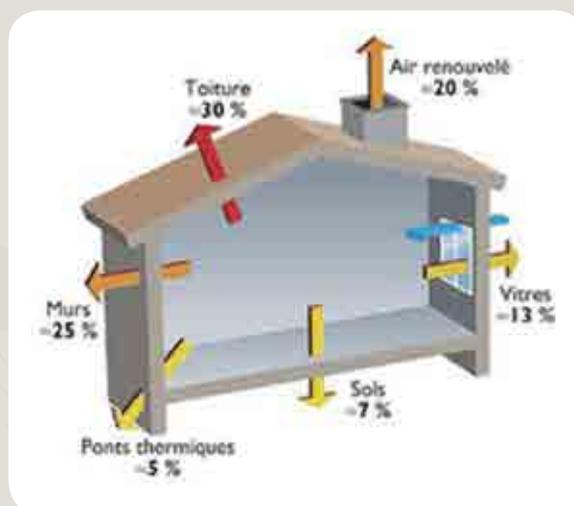
L'isolation est la priorité de la rénovation de l'habitat ancien. Elle est par ailleurs obligatoire pour les constructions neuves. Son rôle est de limiter les échanges de chaleur par conduction. En enveloppant le bâtiment d'un matériau qui ne conduit pas, ou mal, la chaleur, on freine en hiver les pertes de chaleur

vers l'extérieur, et en été la pénétration de chaleur à l'intérieur. L'isolation permet également de garder les parois du logement à une température la plus proche possible de celle de l'air intérieur, contribuant ainsi au confort des habitants.

LES PERTES DE CHALEUR

Une maison individuelle non isolée perd de la chaleur à tous les niveaux : toiture (30% des pertes), murs (25%), aérations (20%), vitrages (13%) et sols (7%). Les ponts thermiques (5% des pertes) sont des points où l'isolation n'est pas continue, comme par exemple à la jonction d'une façade et d'un plancher.

Afin de limiter ces ponts thermiques, qui entraînent une surconsommation d'énergie mais aussi des risques de condensation, il est souvent préférable d'isoler par l'extérieur. Cette solution présente aussi l'avantage de bénéficier de l'inertie des murs (leur capacité à garder la chaleur en hiver... ou à rester frais en été). Le choix de l'isolant dépend de plusieurs paramètres : zone climatique, matériau utilisé pour la construction (certains matériaux étant eux-mêmes de bons isolants), espace à isoler (combles, murs, sols...).



- Pertes de chaleur d'une maison individuelle
- non isolée



LES ISOLANTS

Un bon isolant doit :

- ne pas conduire la chaleur. On dit qu'il a une faible « conductivité thermique » ;
- ne passer échauffer ou refroidir trop facilement. Un tel matériau, dont la température ne varie pas, ou peu, permet de réduire les variations de température journalières sous saisonnières. On dit alors qu'il a une grande « capacité thermique » ou une grande inertie.

	Conductivité thermique (W/m.K) nombre doit être le plus faible possible	Capacité thermique (Wh/m ³ .K) nombre doit être le plus élevé possible	Épaisseur minimale pour l'hiver (cm)	Épaisseur minimale pour l'été (cm)
Fibre de bois	0,04	80	17,3	18,5
Liège expansé	0,045	42	19,5	27,1
Ouate de Cellulose	0,04	33	17,3	28,6
Laine de mouton	0,04	10	17,3	53,5
Polystyrène	0,04	8	17,3	59,3
Laines minérales (laine de verre, laine de roche)	0,04	4	17,3	81,5

Ce tableau montre que les isolants les plus fréquemment utilisés dans l'habitat (laine de verre, laine de roche, polystyrène) sont les moins performants ! Leur faible capacité thermique les rend complètement inopérants en été (pour une bonne isolation, il faudrait en mettre plus de 80 cm d'épaisseur !). Ils sont par ailleurs imperméables à la vapeur d'eau et entraînent donc des problèmes de condensation. Enfin, leur empreinte écologique est très élevée, qu'il s'agisse de l'énergie nécessaire à leur fabrication, de leur non-recyclabilité ou encore d'effets sur la santé : les laines minérales sont allergènes et le polystyrène émet du pentane, un gaz toxique, tout au long de la vie du bâtiment.

La toiture offre une surface plus faible que les murs, mais c'est néanmoins la partie du bâtiment la plus sollicitée du point de vue thermique. En hiver, la chaleur se perd à la fois par conduction, mais aussi par convection (l'air chaud monte !).

Rien ne sert d'isoler les murs et la toiture si on fait l'impasse sur les vitrages ! Une fenêtre double vitrage est constituée de deux vitres séparées par une lame « d'air » (en réalité, il s'agit souvent de gaz rare comme l'argon ou le krypton) qui jouent le rôle d'isolant. Aujourd'hui, on voit apparaître des triples vitrages, encore plus performants. Les gains thermiques entre double et triple vitrages sont faibles et n'ont un impact sensible que si l'habitat est parfaitement isolé par ailleurs.

LA VENTILATION

La chaleur, on l'a vu, peut également se propager par convection, c'est à dire par les mouvements d'air. L'air chaud s'évacue par le haut du bâtiment, remplacé par de l'air plus froid. Ce renouvellement de l'air intérieure est donc source de surconsommation d'énergie. Pourtant, un tel renouvellement est indispensable à un habitat sain ! La respiration des habitants génère du dioxyde de carbone (CO₂), dangereux pour la santé s'il est trop concentré. Les feux (cheminées, chaudière...) produisent aussi du CO₂ et, lorsque l'arrivée d'air est insuffisante, du monoxyde de carbone (CO), plus dangereux encore. L'air intérieure est également pollué par différentes activités (cuisine, toilettes, poubelles, tabagisme), mais aussi par des composés toxiques issus des

solvants, peintures et colles diverses que l'on trouve sur les murs ou les boiseries. À cette pollution s'ajoute la vapeur d'eau produite par la respiration, la cuisson, la douche, le séchage de linge, qui se condense et favorise le développement de moisissures.

Il est possible de ventiler efficacement son logement, sans pour autant perdre la chaleur précieusement conservée. C'est le principe de la VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) à double flux : l'air sortant passe dans un échangeur de chaleur, sans se mélanger. En hiver, l'air sortant réchauffe l'air entrant... alors qu'il le rafraîchit en été. Ainsi les besoins en chauffage comme en climatisation sont fortement réduits.

POUR ALLER PLUS LOIN

- ▶ Jean-Pierre Oliva, Samuel Courgey, L'isolation thermique écologique Conception, matériaux, mise en oeuvre - Neuf et réhabilitation. Ed Terre Vivante, 2010
- ▶ Jean-Louis Beaumier, L'isolation phonique écologique : Matériaux, mise en oeuvre, éd Terre Vivante, 2006
- ▶ Salomon T., Auber C., Fraicheur sans clim', éd. Terre Vivante, 2004
- ▶ Oliva J.P., Courgey S., La conception bioclimatique, éd. Terre Vivante,

Cette fiche technique est tirée du livret pédagogique :

« Ma maison, ma planète et moi ! » - La Main à la pâte des éditions Le Pommier



LES APPORTS ENERGETIQUES GRATUITS

FICHE
TECHNIQUE N°9

CONTEXTE

Pourquoi, sans moyen de chauffage, un bâtiment habité construit avec certains matériaux se réchauffe-t-il naturellement ? Le fait de sentir une fraîcheur agréable dans une maison en pierre ou en terre malgré des températures élevées à l'extérieur est un sentiment connu, mais quelle est son origine ? Lors

de la conception d'une construction bioclimatique, deux sources d'apports gratuits sont prises en compte : le rayonnement solaire et la capacité thermique des matériaux. Au-delà, la géothermie, l'énergie éolienne, les masques végétaux constituent d'autres apports gratuits.

DEFINITION

Un bâtiment peut profiter de différents apports énergétiques gratuits, directs ou indirects :

- les apports solaires : lumière naturelle, chaleur du rayonnement solaire ;
- les apports provenant de la physique des matériaux : capacité thermique, effusivité ;
- les apports externes : température de la terre pour la géothermie, arbres à feuilles caduques, haies coupe-vent ;
- les apports internes : cuisson des aliments, chaleur dégagée par les occupants.

LES APPORTS SOLAIRES

Considérant que l'énergie la moins chère et la moins polluante est celle que l'on ne consomme pas, il convient de profiter pleinement de l'énergie solaire

gratuite et de concevoir le bâtiment de façon à optimiser l'apport calorifique et la lumière naturelle. Tel est l'objectif de la conception bioclimatique.

TIRER PROFIT DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

L'inertie représente la capacité d'un matériau à stocker une quantité élevée de chaleur et à la restituer longtemps après par déphasage.

En pratique, par de fortes chaleurs, une paroi à forte inertie emmagasine un flux de chaleur conséquent

sans que sa température augmente notablement. Il suffit de toucher une paroi en terre crue pour s'en rendre compte, elle reste froide au toucher malgré la quantité de chaleur qu'elle absorbe. Cette chaleur emmagasinée toute la journée va lentement se diffuser au sein du bâti en fin de journée, ce qui



permet de stabiliser les variations de température entre le jour et la nuit. On peut connaître le temps que met un matériau à transmettre la chaleur grâce au déphasage. Le déphasage dépend de l'épaisseur du matériau. Plus un matériau est épais et dense, plus le front de chaleur met du temps à traverser le matériau. Il est possible de calculer la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur grâce à sa capacité thermique qui représente la quantité de chaleur à apporter à 1 m³ de matériau pour élever sa température de 1°C. Un matériau à bonne inertie possède un déphasage compris entre 8 et 14 heures.

En résumé pour avoir un matériau à bonne inertie, il faut qu'il possède les qualités suivantes :

- une forte capacité à emmagasiner la chaleur (capacité thermique) ;
- une forte densité (masse volumique élevée) ;
- une bonne épaisseur (généralement de 50 à 70 cm pour un mur en terre ou en pierre) ;
- un temps de restitution de la chaleur aussi long que possible (déphasage élevé).

LES APPORTS EXTERNES

Selon le principe bioclimatique qui optimise l'environnement pour améliorer l'efficacité énergétique d'un bâtiment, un arbre à feuilles caduques planté au sud protégera des excès de chaleur en projetant de l'ombre en été, et laissera passer les rayons du soleil l'hiver. De la même façon, il est possible d'installer une pergola sur un balcon.

L'énergie thermique de la terre et le vent constituent deux sources d'apports énergétiques gratuits qui nécessitent toutefois une technologie de transfert « active » afin de produire des calories ou de l'électricité. Dans le premier cas, qu'il s'agisse de géothermie basse température ou haute température, il est nécessaire de prévoir un forage et une pompe à chaleur ; dans le second cas, une éolienne et des batteries de stockage.



⋮ La géothermie
⋮

TIRER PROFIT DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

S'ils sont négligeables dans le cas des constructions conventionnelles, les apports produits par nos activités (bain, cuisson, repassage), ainsi que par

notre corps (un corps au repos dégage 118 watt de chaleur) font sensiblement la différence dans le cas de constructions passives.

POUR ALLER PLUS LOIN

- Oliva J.-P. et Courgey S., La conception bioclimatique, éd. Terre Vivante, 2006
- Kur F., L'habitat écologique, quels matériaux choisir ?, éd. Terre Vivante, 2006
- Wright D. et coll., Manuel d'architecture naturelle, éd. Parenthèses, 2004, 1^{ère} édition américaine en 1979 sous le titre Soleil, nature et architecture
- www.grenoble.archi.fr/enseignement/cours/tixier/M21C_Fiche_Inertie_02_03.pdf
- www.cder.dz/download/Art11-3_1.pdf
- www.lamaisonpassive.be/apports-gratuits#note1



LA GESTION ECONOME DE L'ENERGIE AU QUOTIDIEN

FICHE
TECHNIQUE N°10

CONTEXTE

Dis-moi comment tu consommes, je te dirai comment tu pollues...

Le fait de vivre engendre des consommations énergétiques et donc des pollutions : transport, emballage, matériel industrialisé, habillement, alimentation, ... la majorité de nos activités quotidiennes en dépendent. La consommation d'énergie explose depuis 30 ans et le bilan climatique nous alarme sur la forte baisse des énergies fossiles et les pollutions qu'elles ont engendrées : gaz à effet de serre, déchets nucléaires, etc. Malgré leur impact moins important, les déchets produits pour la production d'énergies renouvelables sont aussi existants : transport pour l'installation, métaux lourds ou nanotechnologies pour le photovol-

taïque, dégagement de CO₂, mêmes réduits, pour le chauffage au bois. Il est donc important de commencer par changer de comportement.

La France est une grande consommatrice d'énergie : 7573 kWh/habitant/an presque 3 fois la consommation moyenne mondiale. Conserver un certain niveau de confort n'est pas contradictoire avec éviter le gaspillage que la planète a de plus en plus de mal à absorber.

L'énergie doit en conséquence être consommée avec parcimonie. Puisque nous ne savons pas vivre sans consommer l'énergie, soyons attentifs aux solutions pour réduire cette consommation.

DEFINITION

L'énergie est partout et sert entre autres à se chauffer, se déplacer et s'éclairer. La gestion économe de l'énergie est une manière d'être sobre dans sa consommation tout en subvenant à ses besoins quotidiens. Au-delà de l'énergie consommée directement, l'énergie grise nécessaire à la production et à l'élimination de tous les produits et matériaux doit aussi être prise en compte.

REDUIRE SA CONSOMMATION D'ENERGIE, QUELQUES EXEMPLES

- améliorer le bilan énergétique de son logement : isolation de l'enveloppe du bâtiment en commençant par la toiture puis les murs, mais aussi du ballon d'eau chaude ; calorifugeage des tuyauteries ; entretien des radiateurs (purge) ; mise en place de robinets thermostatiques et de réflecteurs, choix d'ampoules basse consommation, appareils électroménagers de classe A ... ;
- se chauffer à 19°C dans les pièces à vivre et 16°C dans les chambres : il faut 7 % de plus d'énergie pour augmenter la température d'un seul degré. Si le confort thermique n'est pas suffisant, il faut sérieusement envisager d'améliorer l'isolation du bâtiment... ou ajouter un pull ;



► faire la chasse aux gaspillages d'énergie : veilles électriques (100 à 200 kWh par an à éteindre à la main ou par prises télécommandées), givre accumulé dans le congélateur (1cm = 30 % supplémentaires), lave-vaisselle et machine à laver remplis à moitié (une meilleure organisation ou un peu de lavage à la main font des économies faciles) ;

► innover en construisant un four solaire, en cuisinant sur le poêle ;

► consommer local et saisonnier : de plus en plus d'artisans et de maraîchers locaux travaillent en circuits courts, évitant ainsi les intermédiaires et les transports inutiles tout en garantissant une plus grande fraîcheur des produits et un lien privilégié avec leurs clients.

<p>Dans le salon Si je veux regarder la télévision, j'achète...</p>  <p>un téléviseur 16/9° LCD.</p>	<p>Dans le salon Si je veux regarder la télévision, j'achète...</p>  <p>un téléviseur plasma 16/9°.</p>	<p>Dans le salon Si je veux regarder la télévision, j'achète...</p>  <p>un téléviseur 16/9° LED.</p>
<p>TV 16/9° LCD</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taille de l'écran : 82 cm • Puissance TV : 150 W • Puissance veille : 1 W • Durée d'utilisation moyenne journalière estimée à 3 heures • Durée de veille : 21 heures 	<p>TV 16/9° plasma</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taille de l'écran : 107 cm • Puissance TV : 240 W • Puissance veille : 1 W • Durée d'utilisation moyenne journalière estimée à 3 heures • Durée de veille : 21 heures 	<p>TV 16/9° LED</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taille de l'écran : 82 cm • Puissance TV : 60 W • Puissance veille : 0,2 W • Durée d'utilisation moyenne journalière estimée à 3 heures • Durée de veille : 21 heures

<p>Dans la chambre Pour m'éclairer quand je lis, j'utilise...</p>  <p>une lampe de chevet avec une ampoule à filament.</p>	<p>Dans la chambre Pour m'éclairer quand je lis, j'utilise...</p>  <p>une lampe de chevet avec une ampoule basse consommation.</p>	<p>Dans la chambre Pour m'éclairer quand je lis, j'utilise...</p>  <p>une lampe de chevet avec une ampoule à leds.</p>
<p>Ampoule à incandescence ou à filament</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensité lumineuse : 450 lumens • Consommation pour une ampoule à incandescence : 40 W • Durée d'utilisation moyenne journalière : 1 heure • Durée de vie de l'ampoule : 1 000 h • Prix moyen : 1,50 € 	<p>Ampoule basse consommation ou fluocompacte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensité lumineuse : 450 lumens • Consommation pour une ampoule à incandescence : 9 W • Durée d'utilisation moyenne journalière : 1 heure • Durée de vie de l'ampoule : 8 000 h • Prix moyen : 10 € 	<p>Ampoule à leds</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensité lumineuse : équivalent à 35-40 W à incandescence • Puissance moyenne : 3,5 W • Durée d'utilisation moyenne journalière : 1 heure • Durée de vie de l'ampoule : 30 000 h • Prix moyen : 20 €



CONCLUSION

LadémarcheNegawattsproposeunordredepriorités pour une ligne de conduite sobre, efficace et écologique :

- ▶ lasobriétéénergétique,quiconsisteàsupprimer les gaspillages et les besoins superflus ;
- ▶ l'efficacitéénergétique,quipermetderéduireles consommationsd'énergiepourunbesoin donné;
- ▶ lesénergiesrenouvelables,quirépondentànos besoinsénergétiquesavecunfaibleimpactsurnotre environnement et une gestion décentralisée.

Parailleurs,ilestimportantderespecterlesréalités de chacun. Par exemple, une famille dans un petit appartementsansbalconferapeut-être difficilement sans sèche-linge, qui est un gros consommateur d'énergie. C'est peut-être l'occasion de développer d'autres façons de faire : proposer un local commun à l'immeuble dédié à l'utilisation d'une machine commune ? Utiliser les laveries ?

Unepolitique nationale d'utilisation rationnelle de l'énergie

Le projet de loi d'orientations sur l'énergie propose de réduire de 2 % par an d'ici 2015 et de 2,5 % d'ici 2030 l'intensité énergétique française, c'est-à-dire le rapport entre consommation d'énergie et croissance économique.

Ceci implique la relance de la politique nationale d'efficacité énergétique, qui depuis le premier choc pétrolier, a déjà permis à notre pays d'économiser près de 15 millions de tep (tonnes équivalents pétrole). Cette relance est indispensable pour répondre à trois grands enjeux :

- ▶ La lutte contre le changement climatique
- ▶ La sécurité d'approvisionnement :
- ▶ La préservation de la santé humaine et de l'environnement

POUR ALLER PLUS LOIN

- ▶ Blugeon J.-P., Economiser l'eau et l'énergie chez soi – Guide pratique des solutions simples et rentables, éd. Edisud, 2007
- ▶ Lhomme J.-C. et Mathez S., La maison économe, Dépenser moins d'énergie pour vivre mieux, éd. Delachaux et Niestlé, 2005
- ▶ Cataclim, Le jeu de carte du changement climatique, Ademe et Région NPDC
- ▶ www.negawatt.org Site de l'Association et fondation Negawatt.
- ▶ <http://pie.dromenet.org> Site du Point Info Energie de la Drôme.