



Département Génie Civil

Memoire pour l'obtention
du diplôme de master en Génie Civil

THEME

**Conception d'un bâtiment écologique à énergie
positive**

Mlle : Katia MEZHOUD

Sous la direction de Mme: Nadja BAUCHE

Présenté et soutenu publiquement le (22/06/2016)

Composition du Jury

Président:	M. BELKACEMI	Professeur à l'école nationale polytechnique
Rapporteur:	Mme. BAUCHE	MAA à l'école nationale polytechnique
Examineurs:	M. ABDELGUERFI	MAA à l'école nationale polytechnique
	Mme. STIHI	MAA à l'école nationale polytechnique

ملخص :

الإهتمام المتزايد في تطوير نظام البناء ذات الطاقة الإيجابية بالنسبة للبنىات الجديدة والمحافظة على الطاقة بالنسبة لإعادة التأهيل ، يرتبط ارتباطا وثيقا بالوعي العالمي لظاهرة سخونة الأرض الناجمة عن الإحتباس الحراري وإستنزاف المصادر الأولية للطاقة .

إن الهدف من هذا العمل هو تصميم بناية محافظة على البيئة ذات إستهلاك منخفض للطاقات او ذات طاقة إيجابية بدمج مفهوم الطاقات المتجددة .

الكلمات المفتاحية: الطاقة المتجددة، الحرارية، الضوئية، الهندسة المعمارية، التصميم.

Abstract:

The growing interest in the development of the concept of building positive energy for new buildings or very high energy performance for the rehabilitation is strongly linked to the global awareness of global warming by greenhouse because of effect and depletion of primary fossil resources.

The goal of this work is to design a green building with low energy consumption or positive energy by integrating the concept of renewable energy.

Key words :Renewable energy, thermal, photovoltaic, architecture, design.

Résumé :

L'intérêt grandissant pour le développement du concept de bâtiment à énergie positive pour le neuf ou à très hautes performances énergétiques pour la réhabilitation, est fortement lié à La prise de conscience mondiale du réchauffement de la planète par effet de serre et de la raréfaction des ressources primaires fossiles.

L'objectif de ce travail est la conception d'un bâtiment écologique à basse consommation d'énergie ou a énergie positive en intégrant la notion d'énergies renouvelables.

Mots clés : énergies renouvelables, thermique, voltaïque, architecture, conception.

Dédicaces

Je dédie ce projet de master :

A mes très chers parents. Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être. J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi.

A mes deux sœurs Linda et Maria.

A mon frère Lounes.

A toute ma famille, surtout Tarek et sa femme Hakima.

A tous mes amis(es), plus particulièrement, Aicha, Adel, Leila.

A mon futur époux qui n'as jamais cessé de croire en moi et qui a partagé avec moi les bons et les pires moments de ma vie. Merci pour ta présence, ton aide et ta compréhension.

Mezhoud Katia

REMERCIEMENTS

Toute ma gratitude, grâce et remerciement vont à dieu le tout puissant qui m'a donné la force, la patience, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que je remercie ma promotrice M^{me} Nadia BAOUCHE pour la sollicitude avec laquelle elle a suivi et guidé ce travail.

Je remercie les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Ma gratitude va à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

TABLES DES MATIERES

Liste des figures	
Introduction générale.....	10

CHAPITRE 1 CONCEPTION D'UN BATIMENT ECOLOGIQUE A BASSE CONSOMMATION D'ENERGIE

1.1. Introduction.....	12
1.2. Choisir le bon terrain et optimiser l'implantation de la maison	14
1.2.1. La localisation.....	14
1.2.2. L'orientation	14
1.2.3. La topographie et la nature des sols.....	14
1.3. Concevoir une habitation bioclimatique.....	15
1.3.1. L'habitat bioclimatique, c'est quoi ?.....	15
1.3.2. Principes de la construction bioclimatique	15
1.4. Utiliser des matériaux à faible impact environnemental.....	20
1.4.1. Les matériaux de construction (gros œuvres).....	20
1.4.2. Les matériaux d'isolation thermique	24
1.4.3. Les performances des matériaux isolants.....	25
1.4.4. Autres critères de choix de matériaux isolants	25
1.5. Réaliser un logement confortable et thermiquement performant	26
1.5.1. Localiser les zones à forte déperdition énergétique.....	26
1.5.2. Chasser les ponts thermiques structurels	27
1.5.3. Choisir la bonne technique d'isolation des murs	27
1.5.4. Choisir les bons matériaux d'isolation	28
1.5.5. Choisir les bons vitrages et les bonnes menuiseries	28
1.5.6. Choisir la meilleure ventilation	28
1.5.7. Une bonne isolation des sols	28
1.5.8. L'isolation des toitures	29
1.6. Conclusion	30

CHAPITRE 2
VERS UN BATIMENT A ENERGIE POSITIVE:
LES EQUIPEMENTS ET SOLUTIONS D'EFFICACITE
ENERGETIQUE

2.1. Introduction.....	32
2.2. Efficacité énergétique.....	32
2.2.1. Définition.....	32
2.2.2. La démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique.....	32
2.2.3. Les étapes d'amélioration de l'efficacité énergétique.....	33
2.3. Les énergies renouvelables, c'est quoi ?.....	36
2.4. Utilisation des énergies renouvelables pour le chauffage et l'électricité en Algérie.....	37
2.4.1. La production d'électricité grâce aux énergies renouvelables	37
2.4.2. La production de la chaleur grâce aux énergies renouvelables	40
2.4. Conclusion	42
Conclusion générale.....	44
Bibliographie.....	46

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE 1 CONCEPTION D'UN BATIMENT ECOLOGIQUE A BASSE CONSOMMATION D'ENERGIE

Figure 1.1. Transformation d'un BBC à un BEPOS	13
Figure 1.2. Consommation exprimée en kWh d'énergie primaire par rapport à la surface	13
Figure 1.3. Organisation de l'espace et orientation du bâtiment.....	16
Figure 1.4. Comment la maison bioclimatique régule sa température	17
Figure 1.5. Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence.....	18
Figure 1.6. Protection solaire par débord de toit.....	19
Figure 1.7. Protection solaire le matin ou le soir par une haie	19
Figure 1.8. Comportement thermique d'un mur lourd, exposé au soleil.....	20
Figure 1.9. Brique mono-mur.....	22
Figure 1.10. Béton de chanvre	22
Figure 1.11. Bloc pierre ponce	23
Figure 1.12. Bloc de béton cellulaire	23
Figure 1.13. Quelques matériaux d'isolation.....	24
Figure 1.14. Ensemble des déperditions thermiques d'une maison non isolée	26
Figure 1.15. Ponts thermiques d'un plancher	27

CHAPITRE 2 VERS UN BATIMENT A ENERGIE POSITIVE: LES EQUIPEMENTS ET SOLUTIONS D'EFFICACITE ENERGETIQUE

Figure 2.1. Les leviers de l'efficacité énergétique	34
Figure 2.2. Principe de fonctionnement d'un réseau électrique avec l'énergie éolienne.....	37
Figure 2.3. Utilisation de l'énergie photovoltaïque.....	38
Figure 2.4. Evolution du rendement des panneaux solaires selon l'orientation	39
Figure 2.5. Exemple d'installation de panneaux photovoltaïque sur le toit	39
Figure 2.6. Utilisation de l'énergie solaire thermique.....	41
Figure 2.7. Exemples d'installation de capteurs d'énergie solaire thermique.....	41

Introduction

Générale

INTRODUCTION GENERALE

En cette première décennie de XXIème siècle, L'efficacité énergétique est vue comme un enjeu majeur, et ce sont les Etats qui sont les initiateurs des actions visant à favoriser son amélioration. Ils visent à accomplir un triple défi : répondre au problème de la sécurité d'approvisionnement énergétique associé à la fluctuation des prix de l'énergie pour les nations dépendantes des ressources extérieures, et ensuite la lutte contre le changement climatique.

Le secteur du bâtiment est l'un des secteurs les plus dynamiques dans les pays émergents, résultat d'un rythme élevé de croissance de la population et d'urbanisation. L'Algérie ne fait pas exception, dont la croissance de sa population est spectaculaire. Par conséquent, la demande de logements augmente considérablement et fait de la construction l'un des principaux moteurs de la croissance du pays.

La consommation énergétique, dans le secteur du bâtiment résidentiel algérien représente 35% du total de l'énergie, tous secteurs confondus. En outre, d'après les projections de référence de l'Observatoire Méditerranéen de l'Energie (OME), la consommation d'électricité a plus que triplé au cours des trois dernières décennies et que cette tendance se poursuivra d'ici à 2025. L'Algérie, après l'indépendance, a lancé de vastes programmes de construction, sans se préoccuper de l'efficacité énergétique des bâtiments. Les habitats traditionnels ruraux et urbains, caractérisés par leur grande efficacité énergétique, ont peu à peu été substitués par ces bâtiments, dont la performance énergétique s'est avérée très mauvaise, puisque les professionnels ont construit en ignorant les conditions climatiques et le niveau de performance thermique requis. Un autre point à soulever ; est celui de l'augmentation du niveau de vie des habitants ; ces derniers entraînent une demande de confort plus élevée, due notamment à la généralisation de l'accès à l'électricité et se traduisant par une demande plus forte en appareils électroménagers. Ainsi l'accroissement de la demande d'énergie est en passe de devenir un problème crucial. Il est donc urgent pour l'Algérie de s'inscrire dans une nouvelle vision basée sur une utilisation efficiente des énergies comme facteur de compétitivité et de développement durable d'autant plus dans ce secteur important et en développement. Par conséquent, l'augmentation de l'efficacité énergétique, l'intégration des énergies renouvelables et l'atténuation des impacts climatiques, par la réduction des émissions de gaz à effet de serre, représentent les principaux défis à relever d'autant que le secteur du bâtiment dispose d'un grand potentiel d'économie pour contribuer à cet objectif. La réduction de la consommation énergétique relève de choix stratégiques, c'est un défi qu'il est nécessaire de relever à plusieurs titres : environnemental , social , économique et politique.

Pour satisfaire le but de cette étude, et comme la maison positive est une maison qui produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme ; il faut progresser d'un bâtiment écologique à basse consommation au bâtiment à énergie positive

Je débute ce mémoire par le chapitre 1, qui résume les bases et les étapes de conception d'un bâtiment écologique, vert et durable à basse consommation d'énergie.

Je passerai ensuite au chapitre 2 qui est consacré à l'amélioration énergétique du bâtiment en intégrant la notion d'énergie renouvelable en Algérie.

Enfin, le mémoire est complété par une conclusion qui fait une révision des bonnes pratiques, pour minimiser les consommations d'énergie.

Chapitre 1
Conception d'un
bâtiment écologique à
basse consommation d'énergie

1.1. Introduction

La construction saine est l'éco-construction ou green building qui consiste à construire en respectant notre environnement et celui des générations futures, tout en offrant un maximum de confort aux occupants. Il s'agit aussi d'une démarche qui implique :

- L'identification des impacts environnementaux des projets tout au long de leur cycle de vie ;
- De favoriser les choix urbanistiques et architecturaux qui privilégient la lumière naturelle, intègrent des principes bioclimatiques, garantissent une bonne isolation thermique de toute l'enveloppe du bâtiment ;
- L'utilisation des matériaux « écologiques » ou « naturels » qui consomment peu d'énergie pour leur fabrication, leur transport et leur mise en œuvre.

De nombreuses études ont montré que la diminution des consommations énergétiques des bâtiments passe par une conception architecturale prenant en compte la compacité du bâtiment et la gestion des apports solaires passifs, une sur-isolation de l'enveloppe. Un certain nombre de termes sont utilisés pour désigner les bâtiments présentant une forte efficacité énergétique :

Bâtiment durable, écologique, vert

La première définition d'un bâtiment durable est littéralement un bâtiment qui dure. Si le choix se porte sur une construction neuve, construire durable signifie prendre en compte, dès la conception, la durée de vie de l'édifice et imaginer son impact présent, mais aussi futur, lors de son utilisation et de sa déconstruction.

Dans son incarnation idéale, la construction écologique optimise l'efficacité énergétique, dégage moins de gaz à effet de serre, limite la consommation d'eau, fait un usage maximal de matériaux recyclés, recyclables et non toxiques, et permet de générer le moins de déchets possible au cours de la construction comme de l'occupation.

Bâtiment à basse consommation d'énergie (BBC)

Un bâtiment est considéré à basse consommation d'énergie lorsque la consommation conventionnelle d'énergie primaire du bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage est inférieure, ou égale, à 50% de la consommation conventionnelle de référence.

Bâtiment très basse énergie

Bâtiment pour lequel la consommation en énergie finale pour le chauffage varie entre 10 et 15 kWh/(m².an).

CHAPITRE 1

Bâtiment à énergie zéro

Bâtiment qui produit autant d'énergie qu'il en consomme en utilisant des énergies renouvelables (panneaux solaires par exemple). Pour cette notion, on compare souvent l'énergie finale reçue par la maison à l'énergie primaire produite, ce qui n'est pas très correct.

Bâtiment à énergie positive (BEPOS)

Un bâtiment à énergie positive est un bâtiment qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme. Concevoir un tel bâtiment se fait en deux temps. Il convient tout d'abord de réduire les besoins de chaleur, de froid et d'électricité. Puis il s'agit de subvenir aux besoins restants par des énergies renouvelables locales.

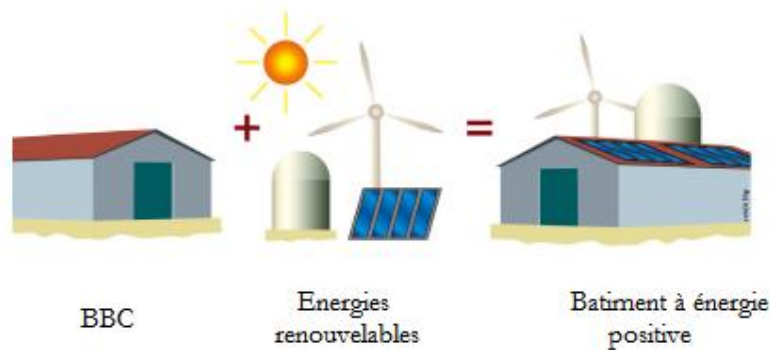


Figure 1.1. Transformation d'un BBC à un BEPOS

La figure suivante exprime la consommation totale du bâtiment en incluant le chauffage, rafraîchissement, ventilation et eau chaude sanitaire.

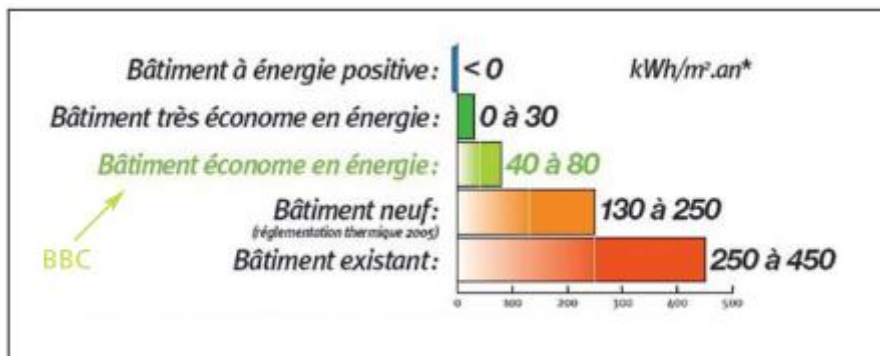


Figure 1.2. Consommation exprimée en kWh d'énergie primaire par rapport à la surface

Donc, je présenterai dans ce qui suit les différentes étapes pour arriver à concevoir un bâtiment écologique à basse consommation d'énergie.

1.2. Choisir le bon terrain et optimiser l'implantation de la maison

Le choix du terrain est l'étape la plus importante ; de lui dépendra une bonne part de la qualité du projet de construction.

1.2.1. La localisation

La nature du projet a un lien direct avec la localisation du terrain. Il faut donc choisir le meilleur endroit possible pour s'installer. Dans un secteur rural, la maison peut comporter un jardin intégré au paysage et être éloignée du voisinage mais les coûts de raccordement à l'électricité, au gaz ou à la voirie sont plus importants qu'en secteur urbain. Ainsi, Une implantation sur le tracé d'un couloir de vent permet, même au cœur d'une grande ville, de bénéficier d'une atmosphère agréable, riche en oxygène.

Il est nécessaire de se renseigner sur les services susceptibles de faciliter la vie quotidienne: présence d'une école, d'un médecin, d'une poste, d'une boulangerie, de containers de tri sélectif, d'arrêts de transport en commun, de pistes cyclables. Des désagréments, liés à des distances importantes entre l'habitation et les établissements scolaires ou les lieux de travail, apparaissent rapidement : temps, coût, impacts environnementaux...

Les activités avoisinantes peuvent engendrer des nuisances sonores, olfactives ou porter atteinte à la santé et à la tranquillité. Enfin, il est nécessaire de prendre connaissance des projets futurs à proximité du terrain pour ne pas avoir de mauvaises surprises (implantation d'une zone industrielle par exemple).

1.2.2. L'orientation

Pour l'implantation de la bâtisse, il faut privilégier un terrain :

- Accessible au nord ou à l'ouest : le garage et les pièces moins sensibles aux intempéries seront côté rue, laissant aux pièces de vie les orientations sud et est, avec la vue sur le jardin ;
- Abrisé des vents dominants (froids en hiver) grâce au relief. Un mur ou un écran végétal pourront servir de protection le cas échéant. En abaissant la façade la plus exposée et en l'associant à une haie, la toiture déviara plus facilement les vents dominants ;
- En légère pente vers le sud, dégageant le panorama et permettant d'enterrer partiellement la partie nord de la construction.

Les murs d'un bâtiment ont une ou plusieurs fonctions selon leur orientation. Un mur au sud est un mur capteur, un mur au nord est déperditif et les murs à l'est et à l'ouest sont les deux à la fois avec la toiture. Il faut donc composer avec la topographie du site et son climat en gardant en tête deux paramètres essentiels : l'ensoleillement et la compacité.

1.2.3. La topographie et la nature des sols

La topographie et la nature des sols peuvent engendrer des travaux supplémentaires et donc un surcoût. Sur un terrain en pente, le fait de remblayer ou de décaisser, c'est-à-dire de se procurer ou d'évacuer des terres, représente un surcoût et une consommation supplémentaire d'énergie.

Un terrain argileux, de nature imperméable, est sujet aux inondations. Les services techniques de la mairie détiennent des renseignements sur les risques naturels (inondations, éboulements, glissements de terrain...) et des plans de prévention des risques correspondant. Ces documents prévoient des mesures de prévention lors de la construction.

Le relief du terrain peut également protéger ou exposer au vent et à la pluie. Le choix d'un terrain situé en hauteur ou sur un plateau dégagé (où les vents peuvent être importants), ou en lisière de forêt ou de rivière (qui dans un cas présente un risque de chute d'arbres et dans l'autre un apport d'humidité non désirée ou un risque d'inondations) représentent des risques à ne pas négliger.

1.3. Concevoir une habitation bioclimatique

Basée sur des techniques ancestrales, l'architecture bioclimatique est aujourd'hui aidée par les progrès des matériaux et de leur mise en œuvre. Cette démarche, qui consiste à « construire avec le climat », permet par des principes simples de réduire votre consommation d'énergie d'au moins 30%. En voici les grandes lignes.

1.3.1. L'habitat bioclimatique, c'est quoi ?

Une maison bioclimatique est une maison qui s'adapte au mieux à son environnement afin d'apporter un bien-être à ses occupants. L'orientation de l'habitat par rapport à l'ensoleillement, aux vents dominants et aux autres éléments extérieurs peut fortement influencer sur sa consommation d'énergie et ses qualités de confort.

L'architecture bioclimatique se base sur des principes de construction qui permettent aux bâtisseurs de composer avec le climat extérieur.

Un habitat bioclimatique tire le meilleur parti du rayonnement solaire et de la circulation naturelle de l'air afin de consommer le moins d'énergie possible pour un confort équivalent. Il permet de trouver un équilibre entre l'habitat, le comportement des occupants et le climat, pour réduire au maximum les besoins de chauffage, de rafraîchissement ou d'éclairage.

1.3.2. Principes de la construction bioclimatique

a). **Organisation de l'espace** : orientation du bâtiment pour capter les apports solaires. L'architecture bioclimatique permet de faire profiter le bâtiment d'une température intérieure supérieure à la température extérieure en hiver et inversement en été.

Hormis les règles d'orientation du bâtiment, de distribution des pièces, il faut s'intéresser à la forme et à la nature de l'enveloppe du bâtiment.

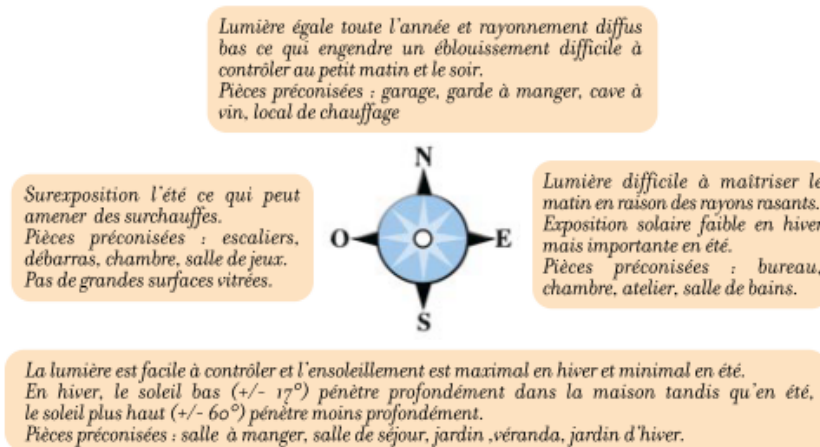


Figure 1.3. Organisation de l'espace et orientation du bâtiment

b). Une maison compacte : réduire la surface en contact l'extérieur et donc le transfert de chaleur à travers ces parois. Le bâtiment nécessite moins d'énergie pour être chauffé. L'été, il reste plus frais.

La compacité est le rapport entre la surface des parois extérieures et le volume intérieur. Plus la forme de votre maison se rapprochera du cube, meilleur sera son coefficient de compacité.

c). Une isolation performante : utilisation de matériaux performants naturels et augmentation de l'isolation notamment de la toiture et des ouvertures

d). Une étanchéité à l'air : réduction des infiltrations, facilitée grâce à l'isolation extérieure qui enveloppe la structure

e). Une optimisation de l'éclairage naturel : Les dépenses d'éclairage ne sont pas négligeables et une maison bien conçue permet de réduire les besoins même par ciel couvert. La connaissance de la capacité d'éclairement du site à différentes heures et périodes de l'année aide à organiser l'aménagement et tirer au mieux parti de l'éclairage naturel.

f). Un confort d'hiver

Pour profiter au maximum des apports solaires passifs, l'architecture bioclimatique remplit les fonctions suivantes : **capter, stocker, distribuer et réguler la chaleur.**

→ **Capter la chaleur**

L'enveloppe du bâtiment a un rôle de conservateur mais aussi de capteur. Comme dans une serre, les rayons du soleil sont captés grâce aux surfaces vitrées. Ceux-ci atteignent les murs, le mobilier et les sols qui sont réchauffés en fonction de leurs couleurs. Cet échauffement provoque une réémission des rayons mais dans une plus grande longueur d'onde, l'infrarouge, que le verre ne laisse plus passer. La chaleur est emprisonnée et redistribuée dans la maison.

CHAPITRE 1

→ Stocker la chaleur

Dans les climats tempérés, l'inertie du bâtiment, autrement dit sa capacité à garder la chaleur, doit être importante pour pouvoir profiter au mieux de l'énergie solaire passive. Donc, les matériaux de construction soient lourds et massifs afin de stocker la chaleur et d'atténuer les fluctuations de températures.

→ Distribuer la chaleur

Une fois la chaleur captée et emmagasinée, il faut la restituer. Pour cela, l'aménagement de la maison est très important : il faut que les pièces principales aient un accès à la façade sud, source de chaleur. La chaleur se propage ensuite vers les pièces orientées au nord. Les pièces doivent être disposées en conséquence : celles ayant des besoins de chauffage moindres ou discontinues comme le garage, la salle de bain, les toilettes sont placées au nord de la maison.

→ Réguler la chaleur

La régulation est assurée de manière passive par l'inertie thermique des matériaux et par la ventilation.

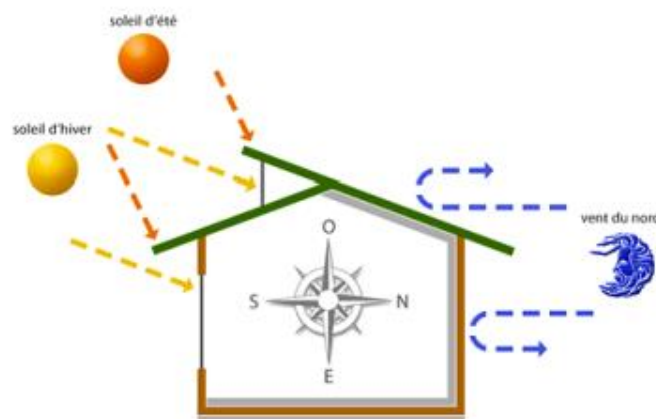


Figure 1.4. Comment la maison bioclimatique régule sa température

g). Un confort d'été

Pour obtenir un confort thermique satisfaisant en été, il faut se protéger des apports solaires trop importants et minimiser les surchauffes. Il ne faut pas que les dispositions prises pour le confort d'hiver deviennent une source d'inconfort en été.

Les masques et protections solaires naturels ou artificiels au niveau de la façade sud limitent la pénétration du rayonnement et évitent les surchauffes.

Heureusement, il existe des aménagements simples et utiles pour se protéger du rayonnement solaire dont :

CHAPITRE 1

→ Les surfaces vitrées

La baie vitrée constitue la solution la plus simple et la mieux connue. Lorsque l'énergie lumineuse arrive sur un vitrage, une part est réfléchiée, une part absorbée et une part est transmise à travers celui-ci. La part réfléchiée dépend de l'angle d'incidence de la vitre. Au-delà d'une inclinaison de 50°, cette part augmente jusqu'à ce que la lumière soit totalement réfléchiée pour une inclinaison de 90°. Cette propriété est intéressante, car comme l'angle d'incidence du soleil est plus grand en été, sa position étant plus haute dans le ciel, un rayon solaire à midi sur une façade sud ne pénètre que très peu dans la maison. La part qui est absorbée dépend du type de verre (double vitrage ou non).

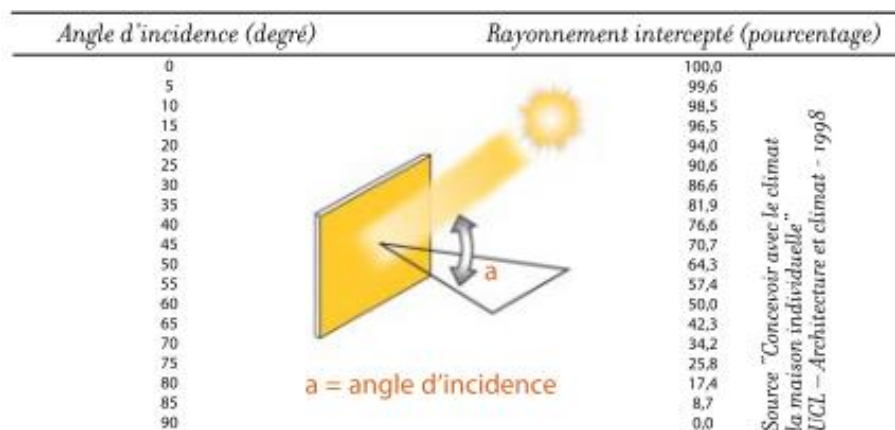


Figure 1.5. Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi en fonction de l'angle d'incidence

→ La véranda

C'est un aménagement efficace si elle est correctement conçue et orientée. Elle apporte la chaleur en hiver ; mais pas en été, tout en ajoutant une touche esthétique à la maison

Une serre ou une véranda située au sud bénéficie d'apports solaires conséquents en hiver, qui participent au chauffage de la maison. L'effet est d'autant plus sensible que le mur de séparation entre les deux zones possède une forte inertie thermique.

→ Débord de toit

Les ouvertures au sud (voir schéma du bas) seront ombragées par un débord de toit : bien dimensionnée, cette « casquette » laissera passer le soleil d'hiver. Des protections extérieures, comme les stores de couleur claire ou les bannes (arrêtant les rayons solaires avant qu'ils ne traversent les vitrages) protègent de la chaleur sans assombrir les pièces.

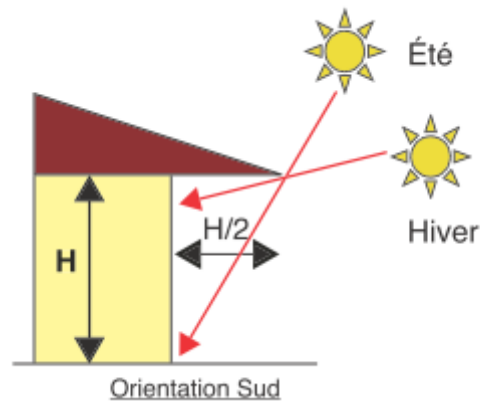


Figure 1.6. Protection solaire par débord de toit

→ La végétation

Un précieux auxiliaire, pour préserver la fraîcheur de la maison. Bien positionnés, des arbres à feuillage caduc (micocoulier, châtaigner, tilleul...) ou une pergola végétalisée sont des parasols naturels. Protégé par du lierre ou de la vigne vierge, un mur voit sa température de surface baisser, à la fois par l'ombrage et par l'évapotranspiration du feuillage, qui rafraîchit l'air.

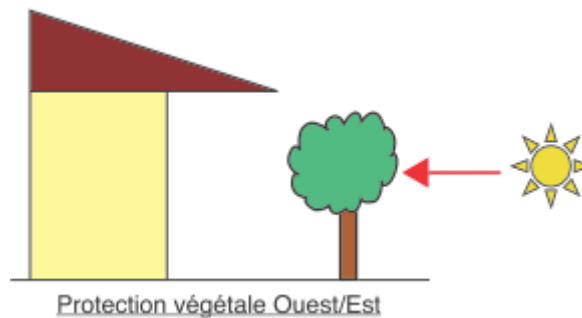


Figure 1.7. Protection solaire le matin ou le soir par une haie

h). Privilégier l'inertie

Un principe fondamental en bioclimatisme est d'utiliser l'inertie thermique. C'est la capacité d'un matériau à stocker la chaleur ou la fraîcheur en freinant ainsi les variations de température au sein du logement.

Ainsi en hiver, une paroi à forte inertie libère la nuit la chaleur qu'elle a stockée le jour par le soleil, la chaleur dégagée par les occupants, l'éclairage ou les appareils électriques. S'il fait froid dehors, la température intérieure se maintient, sans apport de chauffage. Ainsi, l'inertie fait économiser 20 à 30% sur ce poste (schéma 1 – fonctionnement d'hiver).

CHAPITRE 1

En été, vous pourrez refroidir votre maison la journée en stockant la fraîcheur de la nuit dans vos murs grâce à la sur-ventilation nocturne (fenêtres ouvertes). Même en région chaude, la climatisation ne devient plus nécessaire (schéma 2 - fonctionnement d'été).

Plus un matériau est dense, plus il apporte d'inertie. Les matériaux lourds, comme le pisé (à base d'argile) et les briques de terre cuite ou crue sont adaptés à cet usage, en particulier dans la serre. Certains isolants naturels, à forte inertie (fibres de bois, cellulose, liège) ont un « déphasage » de 8 à 12 heures : le flux de chaleur les traverse au milieu de la nuit. Ils sont particulièrement intéressants pour leur contribution au confort d'été.

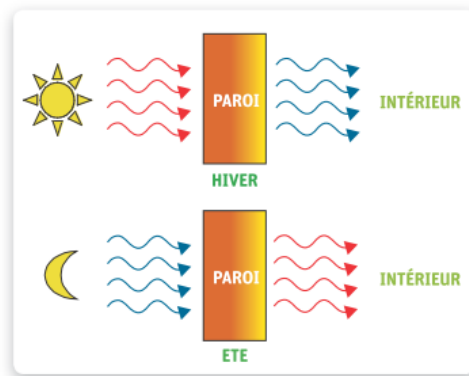


Figure 1.8. Comportement thermique d'un mur lourd, exposé au soleil

1.4. Utiliser des matériaux à faible impact environnemental

Les matériaux de gros œuvre doivent conférer aux murs de bonnes qualités d'isolation et d'accumulation de la chaleur pour atténuer les variations de température extérieure au cours de la journée : c'est l'inertie. La chaleur emmagasinée pendant la journée par les murs est restituée pendant la nuit. Cette caractéristique est définie par le temps de transfert. Plus celui-ci est grand, plus l'inertie est importante.

Un isolant doit présenter certaines caractéristiques telles que :

- Un faible coefficient de conductivité thermique pour freiner l'échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur,
- Une forte densité et une bonne aptitude à accumuler la chaleur,
- Une bonne perméabilité à l'air et à l'eau pour laisser respirer la paroi en permettant des échanges gazeux, en régulant l'humidité ambiante et en assurant une ventilation naturelle,
- Une bonne longévité,
- Aucune nocivité afin de ne pas porter atteinte à la santé.

1.4.1. Les matériaux de construction (gros œuvres)

La construction conventionnelle utilise d'avantage des matériaux dont le procédé de fabrication consomme beaucoup d'énergie grise* et produit des déchets dangereux.

Il existe néanmoins des alternatives écologiques aux qualités remarquables tant pour leurs propriétés mécaniques ou physiques, que leur mise en œuvre ou leur conception.

CHAPITRE 1

a). Bois

Le bois est une solution écologique qui présente de nombreux avantages par rapport aux matériaux classiques que ce soit pour l'ossature, pour la couverture ou pour les parements d'une construction.

Principaux avantages du bois :

- Energie de production moindre, éco-conception
- Bonne isolation thermique jusqu'à 15 fois meilleur que le béton
- Rapidité d'exécution et mise en œuvre facile
- Durabilité
- Recyclable
- Pas de problèmes de fondation (légèreté)
- Régularité hygrothermique (paroi respirant)
- Bonne tenue au feu

Cependant, l'ossature bois donne une faible inertie au bâtiment et nécessitera notamment une meilleure prise en compte des surchauffes en été. Une «maison bois» est une construction dont la structure porteuse (éléments horizontaux ou verticaux) est en bois.

Il existe 4 techniques de construction : le bois massif empilé, le colombage, l'ossature bois ou ossature plate-forme, le poteau-poutre. On trouve également des parpaings en bois ou BVB (Bois Vie Bloc).

b). Terre cuite

Les briques de terre cuite sont obtenues à partir d'un mélange d'argile et d'eau moulé sous pression puis cuite à température suffisamment élevée (environ 1150°C, ce qui nécessite beaucoup d'énergie grise). Il existe différents types de briques en terre cuite : la brique alvéolaire, la brique pleine, les plaquettes ... Les briques de terre peuvent aussi s'utiliser crues : brique de terre compressée, adobe, fusée de terre, torchis...

Principaux avantages de la terre cuite :

- Bon isolant
- Déchets de fabrication peuvent être recyclés dans le procédé
- Structure porteuse
- Aucun impact sanitaire connu
- Matériau malléable
- Imperméable à l'eau

La brique alvéolaire ou brique mono-mur se distingue par ses performances en matière d'isolation grâce à l'air emprisonné dans ses nombreuses alvéoles. Quand son épaisseur est suffisante (environ 40 cm), elle évite le recours à un système d'isolation classique par pose de panneaux sur le mur porteur et lutte efficacement contre les ponts thermiques.

Son montage est aisé et demande peu de colle ou mortier mais nécessite néanmoins un savoir-faire pour ne pas affaiblir les performances thermiques au niveau des jointures.

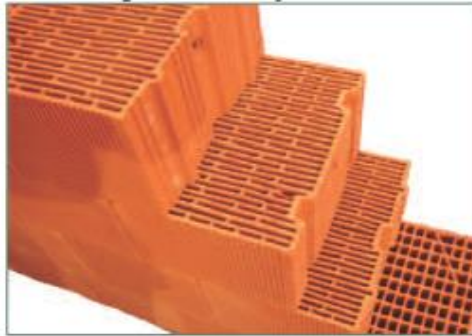


Figure 1.9. Brique mono-mur

c). Béton de chanvre

Le béton de chanvre est composé d'un liant à base de chaux et de chènevotte, présentant des caractéristiques techniques spécifiques et performantes. Il peut être utilisé pour réaliser des formes isolantes de sol sur terre-plein ou sur plancher d'étage, des murs (en association d'une structure portante) et des cloisons, une isolation de toiture ou encore comme enduits intérieurs et extérieurs.

Sa structure poreuse, perméable à la vapeur d'eau, lui confère le pouvoir d'absorber l'humidité à l'intérieur des locaux et de réguler les variations de température et d'humidité des parois.

Cette régulation hygrothermique procure aux utilisateurs des constructions en béton de chanvre un sentiment de confort important, été comme hiver, et entraîne une baisse sensible des besoins en énergie.



Figure 1.10. Béton de chanvre

Principaux avantages du béton de chanvre :

- Pouvoir isolant élevé
- Faible énergie grise
- Performance acoustique
- Empêche le développement des moisissures
- Perméable à la vapeur d'eau
- Résistant au feu ; durable

CHAPITRE 1

- Masse volumique très faible

d). Pierre ponce

La pierre ponce est une roche volcanique de faible densité. Elle se forme à partir de fragments de magma, projetés en l'air lors d'une éruption volcanique, ce qui provoque une chute brutale de pression associée un dégazage et crée ainsi une formation de bulles séparées par de minces parois de verre. Ces bulles sont un très bon isolant. Elle est utilisée dans la fabrication de blocs de construction composés de 92% de pierre ponce et 8% de ciment.

Le procédé est peu gourmand en énergie grise. Sa mise en œuvre se fait en utilisant les techniques traditionnelles de maçonnerie, comme pour les blocs béton.



Figure 1.11. Bloc pierre ponce

e). Béton cellulaire

Le béton cellulaire est fabriqué à partir de sable, de chaux, de ciment et d'un agent d'expansion (poudre d'aluminium) qui fait lever la pâte : de nombreuses cellules d'air se forment alors, donnant au matériau ses qualités d'isolation et d'inertie thermique. Les blocs ou les panneaux permettent de construire un mur porteur et isolant, mais également des cloisons, des planchers et des bardages.



Figure 1.12. Bloc de béton cellulaire

Principaux avantages du béton cellulaire :

- Facile à mettre en œuvre
- Produit recyclable
- Inertie thermique
- Isolation répartie

- Faible énergie grise
- Bon isolant thermique
- Bon régulateur d'humidité
- Facile à poser
- Très léger à manipuler

1.4.2. Les matériaux d'isolation thermique

Quand la structure de construction n'est pas suffisante pour assurer le maintien de la température intérieure, il est essentiel de l'isoler. L'isolation est la priorité n°1 dans un projet de rénovation, d'où la nécessité d'un choix judicieux des matériaux isolants.

On distingue 4 grandes familles de matériaux isolants :

- Les isolants minéraux : laine de verre, laine de roche, vermiculite, perlite, verre cellulaire, argile expansée.
- Les isolants plastiques alvéolaires : polystyrène expansé ou extrudé, polyuréthane.
- Les isolants à base végétale ou animale : liège expansé, fibre de bois (ou laine de bois ou bois feutré), fibre de coco, copeaux de bois, ouate de cellulose, lin, chanvre, laine de mouton, plumes de canard, panneaux de textile recyclé...
- Les compléments d'isolation : les films minces dits «réfléchissant», également trouvés sous l'appellation «isolants minces» ou «isolants thermrétroreflecteurs». Ils fonctionnent essentiellement à partir de la propriété qu'a l'aluminium de réfléchir le rayonnement calorifique



panneau laine de bois



liège expansé



panneau de chanvre



coton recyclé en vrac



plume de canard



laine de cellulose en vrac

Figure 1.13. Quelques matériaux d'isolation

1.4.3. Les performances des matériaux isolants

Le pouvoir isolant d'un matériau est principalement assuré par l'air piégé dans les fibres ou des micros-bulles. Plus cet air est sec et immobile, moins la chaleur peut se propager dans le matériau, et plus son pouvoir isolant est important.

Les matériaux isolants sont qualifiés par leurs caractéristiques thermiques :

- La conductivité thermique λ (lambda) qui caractérise l'aptitude d'un matériau à transférer la chaleur par conduction, elle s'exprime en $W/m/K$. C'est une caractéristique propre à chaque matériau. Plus λ est faible, plus le matériau s'oppose au transfert de chaleur, et plus il est isolant.
- La résistance thermique R , qui s'exprime en $m^2.K/W$, et qui s'obtient en faisant le rapport de l'épaisseur du matériau (en mètres) sur sa conductivité thermique λ (en $W/m/K$). Le pouvoir isolant du produit est d'autant meilleur que sa résistance est élevée.

1.4.4. Autres critères de choix de matériaux isolants

Au-delà de l'aptitude à isoler, il est important de choisir un isolant en prenant en compte un certain nombre de paramètres. Peu d'isolants sont performants pour toutes les fonctions. Certains matériaux d'isolation vont être très bons pour le confort d'hiver (garder les calories dans le bâtiment) et mauvais pour le confort d'été (manque de densité).

D'autres matériaux vont être sensibles à l'accumulation de la vapeur d'eau et vont se dégrader en perdant leur pouvoir isolant.

Le confort d'hiver et le confort d'été

Tous les matériaux isolants possèdent une faible conductivité thermique λ (autour de $0.04W/m/K$), c'est-à-dire un bon pouvoir isolant, leur permettant ainsi de freiner l'échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur, ce qui est bon pour le confort thermique d'hiver.

Cependant, mieux vaut choisir des matériaux à forte inertie (laine de bois, par exemple), qui ont une bonne aptitude à emmagasiner la chaleur, afin de mieux se prémunir des chaleurs estivales pour un meilleur confort thermique d'été. Ce qui n'est pas le cas des polystyrènes et des laines minérales qui sont très légers (faible inertie et faible capacité thermique), et offrent donc très peu d'inertie.

L'inertie thermique

La capacité des matériaux à emmagasiner de la chaleur est essentielle, et très rarement prise en compte. On appelle cela l'inertie thermique. Plus elle est élevée et plus le matériau est capable de stocker et de restituer des quantités de chaleur. En règle générale, plus le matériau est dense et lourd, plus sa capacité thermique augmente, et meilleure est son inertie. Il est nécessaire de trouver un compromis entre isolation (résistance thermique) et inertie thermique.

1.5. Réaliser un logement confortable et thermiquement performant

Dans un bâtiment mal isolé, les déperditions thermiques sont importantes et engendrent des consommations d'énergie importantes pour le chauffage des pièces et de l'eau chaude sanitaire en hiver voire le recours à la climatisation en été. En plus des économies énergétiques directes, l'isolation thermique alliée à une bonne ventilation réduit les coûts d'entretien et les risques d'humidité et augmente la durée de vie de la maison.

1.5.1. Localiser les zones à forte déperdition énergétique

Les Déperditions : Désignent l'énergie qui se perd à travers l'enveloppe du bâtiment entre les locaux chauffés et l'extérieur ou les locaux non chauffés, ou encore à même le sol.

Ces déperditions sont produites de 3 façons:

- 75% des déperditions se produisent au niveau des parois à savoir les toitures, les portes et les fenêtres, les murs et le sol pour l'étage inférieur.
- 20% des déperditions par le renouvellement d'air.
- Enfin 5% par les ponts thermiques au niveau des liaisons ou lors du changement de matériau.

Le schéma suivant présente en pourcentages indicatifs les pertes de chaleur d'une maison traditionnelle non isolée.

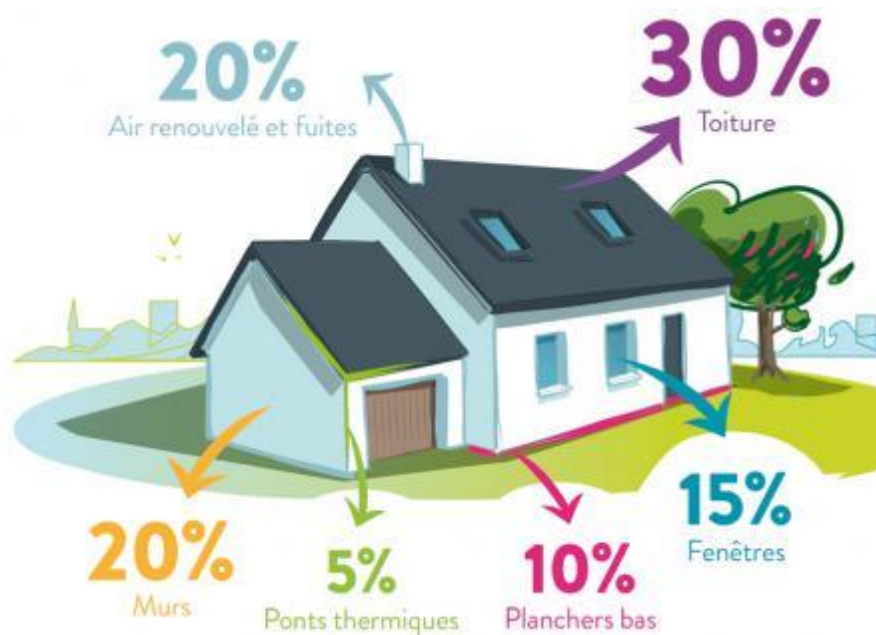


Figure 1.14. Ensemble des déperditions thermiques d'une maison non isolée

1.5.2. Chasser les ponts thermiques structurels

Correspondant à des ruptures ou à de fortes réductions de la continuité de l'isolant, ils sont les « maillons faibles » de la chaîne d'isolation. Ils se localisent principalement avec l'isolation par l'intérieur aux jonctions des différentes parties de la construction :

- nez de plancher ou de refend
- linteaux
- périphérie des ouvertures et appuis de fenêtres
- jonction des cloisons adossées aux murs extérieurs
- coffre de volet roulant

Dans la construction à ossature bois (où l'isolant se trouve dans les espaces entre les éléments de la structure), les ponts thermiques sont supprimés par l'ajout d'une couche d'isolant à l'extérieur.

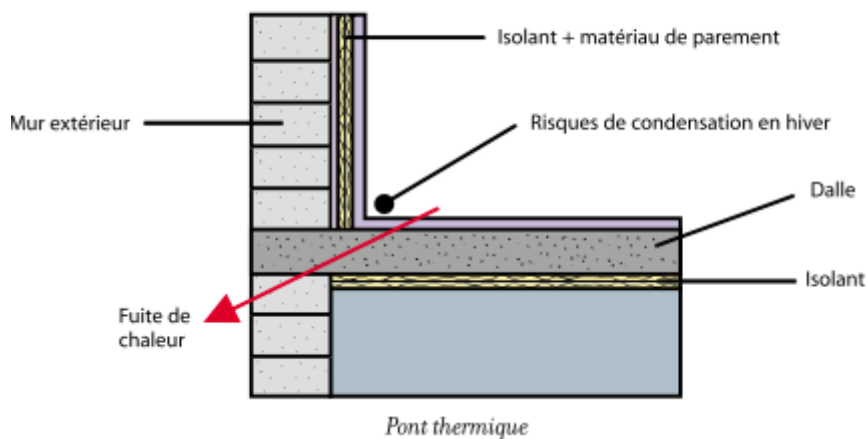


Figure 1.15. Ponts thermiques d'un plancher

1.5.3. Choisir la bonne technique d'isolation des murs

L'isolation des murs réduit les pertes de chaleur et permet d'augmenter la température intérieure des parois. Pour l'isolation par l'intérieur, des panneaux sont installés, alors que pour l'isolation extérieure, un isolant est réparti sur la surface extérieure du mur puis il est protégé des intempéries par un bardage ou un enduit.

Isolation par l'intérieur

Elle relève de la pose traditionnelle et est généralement la solution retenue pour les logements existants. Malgré la perte de surface habitable, elle permet un excellent traitement du pont thermique de plancher bas en association avec une chape flottante et de celui lié aux menuiseries. Elle permet également de traiter correctement le pont thermique de plancher haut léger.

Isolation par l'extérieur

L'isolation extérieure permet un excellent traitement du pont thermique de plancher intermédiaire et offre une protection optimum contre les échanges de chaleur. Privilégier l'isolation extérieure si un ravalement est prévu et si le mur ne présente pas d'intérêt patrimonial ou autres spécificités décoratives, ainsi que pour une construction neuve.

Isolation répartie

Le mur sert à la fois de structure porteuse et d'isolant

1.5.4. Choisir les bons matériaux d'isolation

Face aux isolants traditionnels (laines minérales, polystyrène) les isolants naturels d'origine végétale (laine de bois) ou animale (laine de mouton) sont une alternative possible. La plupart présentent des propriétés intéressantes :

- conservation des performances en présence d'humidité
- faible énergie grise production locale et renouvelable

Cependant, pour être utilisés en tant que matériaux d'isolation, ils subissent des traitements (liants, ignifugation, traitement contre les champignons et les parasites) qui peuvent leur faire perdre une partie de leur côté naturel et sain.

1.5.5. Choisir les bons vitrages et les bonnes menuiseries

Les vitrages laissent entrer la lumière naturelle dans le logement, tout en protégeant contre les agressions extérieures : températures extrêmes, bruit, vent, pluie, poussières. Responsables à 15% des déperditions thermiques, les vitrages influent sur le confort des usagers. Le choix donc des doubles vitrages ou à triples vitrages performants s'explique. Les huisseries ont également été améliorées, avec des joints étanches à l'air et des rupteurs de ponts thermiques.

D'autre part, le facteur solaire représente la quantité d'énergie que laisse passer un vitrage, par rapport à l'énergie solaire qu'il reçoit. Plus ce facteur est élevé, plus les apports solaires sont importants. Evitez le vitrage réfléchissant, à faible facteur solaire : s'il limite l'entrée indésirable du soleil estival, il réduit également la lumière et les apports de chaleur en hiver. En été, vous occulterez les vitrages les plus exposés.

1.5.6. Choisir la meilleure ventilation

Ventiler les logements est une obligation. Générale et permanente, elle doit assurer les conditions sanitaires pour la qualité de l'air, grâce à son renouvellement. Elle peut être naturelle ou assistée.

1.5.7. Une bonne isolation des sols

Il existe principalement trois types de sols, selon leur position dans le bâtiment et leur fonction thermique entre l'espace habité et l'extérieur :

- les sols de rez-de-chaussée en contact direct avec le terrain, ou sols sur terre-plein : sols à forte inertie (isolation sous dalle), à inertie moyenne (isolation sous chape) et les sols à faible inertie ;

- les sols séparés du terrain par un espace vide non chauffé (planchers sur espaces non chauffés). Cet espace peut être le milieu extérieur (sols sur plots ou pilotis), un milieu tempéré (vide sanitaire), ou un espace tampon (cave, sous-sol, étage non chauffé, etc.) : isolation de dalles existantes, planchers en structure bois et en maçonnerie ;
- les sols intermédiaires entre étages habités et chauffés.

En construction neuve bâtiment, les systèmes les plus logiques du point de vue thermique, économique et environnemental, sont généralement les planchers à structure bois, auxquels on pourra apporter l'inertie souhaitée pour les espaces intérieurs par une chape sèche ou humide. Par ailleurs, les contraintes thermiques pour les planchers entre étages chauffés sont souvent accompagnées d'exigences de confort phonique dont il faut tenir compte. Les sols des greniers, combles non chauffés doivent être pris en compte dans l'isolation des toitures.

1.5.8. L'isolation des toitures

Les toitures sont des éléments très importants dans la construction d'un bâtiment. Elles aident à contrôler le flux d'air et d'humidité dans le bâtiment et l'isolent également des températures extrêmes.

Pour remédier aux effets de l'inertie de transmission sur la toiture, les premières dispositions sont d'ordre constructif :

- une couverture faiblement « caprice » (toiture végétale) ;
- une lame d'air sous couverture dimensionnée pour un véritable tirage thermique, qui, selon la pente, peut représenter des épaisseurs importantes (plus de 10 cm pour une pente de 30 %) et des aménagements spécifiques des entrées et sorties du flux d'air ;
- un parement intérieur (plafond) à forte inertie.

La toiture végétale ou toit vert est un gros atout écologique pour les constructions durables de type green building. Elle cumule tous les avantages d'une construction durable. Installée sur les terrasses ou les toits peu pentus, elle s'inscrit dans une démarche de développement durable en proposant une isolation naturelle des bâtiments. En effet, dans le cadre d'un milieu urbain, un toit végétalisé permet de concourir à la restauration de la biodiversité. Cette solution offre également de belles perspectives en matière de filtration et d'épuration biologique des eaux de pluies. Elle permet aussi de limiter les apports massifs d'eau de pluie dans les canalisations d'eaux pluviales. La végétalisation des toits en milieu urbain permet aussi de réduire les taux de CO₂ dans l'air tout en fixant les principales pollutions (poussières atmosphériques et pollens).

1.6. Conclusion

Pour un projet de construction écologique, la bioclimatique doit être pensée dès le début du projet et ne doit pas constituer une contrainte mais un plus pour se protéger du climat et profiter des ressources naturelles pour le réchauffement et l'éclairage des pièces. Il faut que le terrain se prête à une réalisation de ce type en fonction des caractéristiques topographiques, microclimatiques, hydrographiques et de la végétation. Une isolation performante et une bonne inertie sont préconisées pour que la maison soit réellement économe.

Donc, une implantation réfléchie, une orientation optimale, un choix pertinent des matériaux, une isolation performante sont autant de solutions à prendre en compte pour réaliser des économies d'énergie et par la même occasion minimiser l'impact sur l'environnement d'un projet.

Chapitre 2

Vers un bâtiment à énergie
positive: les équipements et
solutions d'efficacité
énergétique

2.1. Introduction

La démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments doit être pensée globalement: porter à la fois sur le bâti, mais également sur les équipements et systèmes qui les composent. Pour que la démarche soit complète, elle devra aussi intégrer le recours aux énergies renouvelables.

Si beaucoup a déjà été fait, le potentiel de réduction de consommation d'énergie induit par les nouveaux équipements de notre profession reste encore largement méconnu et sous-estimé. Or, les solutions techniques existent déjà et sont complémentaires des démarches sur l'enveloppe du bâtiment.

Après avoir traité l'enveloppe de la construction, il faudra prendre les bons choix pour ses équipements intérieurs en restant vigilant sur leur dimensionnement. Ainsi une installation trop puissante par rapport à la taille du logement verra son rendement diminuer.

2.2. Efficacité énergétique

2.2.1. Définition

L'efficacité énergétique peut se définir comme le rapport entre le service délivré au sens large (performance, produit, énergie, confort, service) et l'énergie qui y a été consacrée.

L'amélioration de l'efficacité énergétique consiste, par rapport à une situation de référence :

- soit à augmenter le niveau de service rendu, à consommation d'énergie constante ;
- soit à économiser l'énergie à service rendu égal ;
- soit à réaliser les deux simultanément.

Les solutions d'efficacité énergétique consistent le plus souvent à économiser l'énergie à service rendu égal ou à augmenter le niveau de service rendu, à consommation d'énergie constante. Elles visent donc à améliorer la performance délivrée avec une moindre consommation d'énergie.

2.2.2. La démarche d'amélioration de l'efficacité énergétique

En matière d'efficacité énergétique, il faut jouer sur deux leviers : diminuer les besoins qui sont relatifs au bâti proprement dit, et améliorer les équipements techniques du bâtiment et leur gestion.



Objectifs :

- **Diminuer les besoins : efficacité énergétique « passive »**

L'efficacité énergétique passive résulte d'une part de l'isolation du logement et sa perméabilité à l'air, en utilisant par exemple des matériaux performants d'isolation thermique ou des menuiseries à triple vitrage, d'autre part, du choix d'équipements les plus performants c'est à dire des produits qui rendront le même service en consommant moins.

- **Superviser et gérer les équipements techniques du bâtiment : efficacité énergétique « Active »**

Basée sur une offre de produits performants et de systèmes intelligents de régulation, d'automatismes et de mesure, l'efficacité énergétique active permet de réduire les consommations d'énergie, donc la facture énergétique ; et améliorer la qualité et la disponibilité de l'énergie en consommant l'énergie juste nécessaire.

2.2.3. Les étapes d'amélioration de l'efficacité énergétique

Un projet d'amélioration de l'efficacité énergétique d'un bâtiment comporte plusieurs étapes qui vont, à travers des actions cohérentes, permettre des gains énergétiques en agissant sur différents paramètres humains et matériels.

L'approche conceptuelle d'amélioration de l'efficacité énergétique est identique pour les secteurs résidentiel et tertiaire. En revanche la mise en pratique sur le terrain sera différente en raison des divergences liées :

- aux aspects techniques
- aux matériels à mettre en œuvre ;
- aux coûts d'exploitation et de maintenance ;
- aux méthodes de financement ;



Figure 2.1. Les leviers de l'efficacité énergétique

a). Les leviers d'action

L'utilisation de produits performants

Pour réduire les consommations d'énergie, il est indispensable de choisir des équipements possédant le meilleur rendement énergétique possible, c'est-à-dire le meilleur rapport entre l'énergie consommée et le service rendu.

L'intégration des énergies renouvelables

Le recours aux énergies renouvelables dans une démarche d'amélioration énergétique permet d'obtenir une partie de l'énergie nécessaire au bâtiment (électricité, chauffage, eau chaude sanitaire) de façon renouvelable et donc de diminuer voire supprimer l'apport d'énergie extérieur.

Le comptage/mesure des consommations

La gestion de l'énergie d'un bâtiment consiste en premier lieu à compter/mesurer les consommations.

Pour la partie électrique et gazière, une installation classique comporte un compteur général qui fournit les consommations globales en vue de leur facturation par le distributeur d'énergie.

Une installation optimisée comporte en plus du compteur général, des compteurs divisionnaires permanents. Leur rôle principal est d'établir la répartition des consommations d'énergie par poste (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation,...).

CHAPITRE 2

Le comptage ou la mesure des consommations permet la réalisation du bilan énergétique, la prise de conscience par l'utilisateur ou gérant des consommations et sert pour l'estimation du gisement d'économie d'énergie. Elle garantit également un suivi dans le temps de la performance énergétique.

L'affichage des consommations

Un afficheur permet une visualisation pour les différents usages de la consommation ou des coûts instantanés, horaires, journaliers, ou mensuels, l'historique des consommations voire les économies réalisées...

Pour un impact optimum, les consommations doivent être affichées en temps réel et l'afficheur positionné dans le lieu de vie pour que l'utilisateur soit sensibilisé « en permanence ». Cet affichage permet à l'utilisateur, par effet pédagogique, d'adapter son comportement, de prévoir des travaux ou des investissements en équipements ou en solutions d'efficacité énergétique, de remarquer toutes dérives de consommation que ce soit à court terme ou à long terme.

Cette solution est simple à installer tant en neuf qu'en rénovation, elle ne nécessite pas de travaux lourds sur le bâti. En moyenne, une information claire et simple du consommateur ou des usagers, par poste dans le lieu de vie en temps réel permet des économies d'énergie de l'ordre de 10%.

Les systèmes intelligents de Régulation et Gestion

La régulation est gérée par des automates qui sont plus au moins complexes selon les exigences du cahier des charges initial et selon le type de bâtiment : habitat individuel, collectif ou tertiaire. Ces automates permettent de traiter les informations de mesure (température, humidité..) et d'état (marche/arrêt...) des équipements de chauffage, de climatisation et d'éclairage pour les régler, les optimiser, les sécuriser et compter l'énergie consommée.

Ces systèmes permettent ainsi de :

- consommer ce qui est nécessaire pour maintenir ou améliorer la qualité de vie dans le bâtiment (notion de confort) tout en contribuant à économiser l'énergie. En effet, la notion de confort et la notion d'économies d'énergie sont des indicateurs clefs de la qualité de la régulation. Ils contribuent efficacement à la performance de l'installation ;
- fournir un outil de pilotage de l'installation à l'utilisateur ;
- aider à modifier le comportement humain afin d'adopter de bon réflexe (comme par exemple éteindre le chauffage lorsque une fenêtre est ouverte).

C'est notamment le cas des systèmes de régulation pour les équipements de chauffage, de ventilation ou d'éclairage (systèmes centralisés ou embarqués) qui permettent d'adapter la consommation aux conditions extérieures et en fonction de la présence des utilisateurs (capteurs).

b). Le maintien de la performance

La conception efficace ne se suffit pas à elle-même. Elle doit être appuyée à chaque instant par une gestion rationnelle de l'énergie. La maîtrise des consommations consiste à devenir acteur conscient de ses consommations.

Partie intégrante de la maîtrise de l'énergie, le suivi de la performance permet de repérer toute déviance. En effet, le simple contrôle des factures ne suffit pas à connaître la performance de son installation. Grâce aux outils de mesure déployés, des indicateurs de performance permettent de détecter des écarts avec les consommations de référence et sont une aide à la décision pour l'utilisateur ou le gestionnaire dans la maintenance des systèmes (réglage, intervention technique, changement d'utilisation etc.).

Un entretien régulier des installations par des professionnels et le suivi par les usagers des conseils d'utilisation fournis par les fabricants sont également des éléments essentiels au maintien de la performance des installations.

2.3. Les énergies renouvelables, c'est quoi ?

Une énergie renouvelable est une source d'énergie qui se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle humaine.

A partir de ressources naturelles, l'homme est capable de générer de l'énergie grâce aux technologies développées. Leur relatif faible impact sur l'environnement en fait des énergies d'avenir face au problème de la gestion des déchets du nucléaire et aux émissions de gaz à effet de serre.

L'énergie éolienne : le vent est utilisé pour faire tourner des pales qui sont couplées à un rotor et à une génératrice qui produit de l'électricité (principe de la dynamo de vélo).

L'énergie hydraulique : on utilise une hauteur de chute d'eau, le débit du cours d'eau ou la marée pour transformer une énergie mécanique en énergie électrique. L'eau entraîne la roue d'une turbine qui, à son tour, entraîne un alternateur transformant ainsi l'énergie mécanique en énergie électrique.

L'énergie solaire : il existe deux types d'énergie solaire, le photovoltaïque et le solaire thermique. Pour le photovoltaïque, il s'agit de convertir la lumière en électricité à l'aide de panneaux solaires photovoltaïques. Le solaire thermique ne produit pas d'électricité mais de la chaleur via des capteurs solaires. L'énergie solaire thermique peut servir à différents usages : la production d'eau chaude sanitaire, le chauffage d'une habitation, le chauffage de l'eau d'une piscine.

CHAPITRE 2

La biomasse: on désigne par biomasse toute matière d'origine organique (bois, céréales,...). On peut utiliser la biomasse de trois façons différentes : en la brûlant, en la faisant fermenter ou en la transformant chimiquement.

La géothermie : Le principe consiste à extraire l'énergie géothermique contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou pour la transformer en électricité.

2.4. Utilisation des énergies renouvelables pour le chauffage et l'électricité en Algérie

2.4.1. La production d'électricité grâce aux énergies renouvelables

Produire de l'électricité à partir de sources renouvelables est intéressant en sites isolés en raison des coûts élevés de raccordement au réseau électrique mais il est également possible de réinjecter l'électricité produite dans le réseau.

L'électricité d'origine renouvelable n'est pas très répandue en raison du coût d'investissement qui engendre un temps de retour très long.

a). L'énergie éolienne

Une éolienne fonctionne sur le même principe qu'une dynamo. Le vent entraîne la rotation des pales. L'énergie mécanique produite est convertie en énergie électrique via un alternateur.

L'électricité produite peut être réinjectée dans le réseau ou stockée dans des batteries pour être restituée selon les besoins. Techniquement et économiquement, la première solution est la plus pertinente sauf s'il s'agit d'un site isolé. Une éolienne produit de l'énergie de jour comme de nuit mais il faut que le lieu soit suffisamment exposé au vent.

Cette énergie ne constitue qu'une énergie d'appoint en raison de l'intermittence de la production. Elle est, le plus souvent, utilisée pour des sites isolés non raccordés au réseau électrique en alternance avec des modules photovoltaïques.

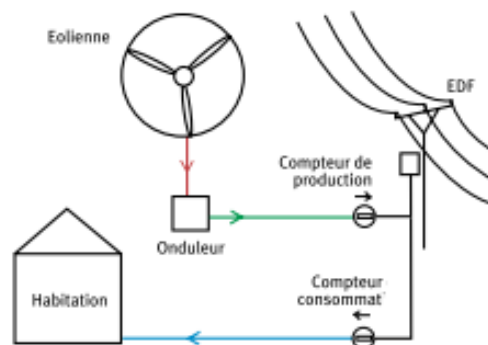


Figure 2.2. Principe de fonctionnement d'un réseau électrique avec l'énergie éolienne

CHAPITRE 2

b). Le solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque est une source d'énergie non polluante. Modulaires, ses composants se prêtent bien à une utilisation innovante et esthétique en architecture.

Fonctionnement

Dans cette technologie, les rayons du soleil sont transformés directement en électricité grâce à des cellules photovoltaïques (PV).

L'énergie gratuite et inépuisable du soleil est donc récupérée et convertie en électricité grâce à ces cellules PV. Le solaire PV peut alors couvrir tout ou partie de ses besoins en électricité. Un système PV permet de produire de l'électricité sur le lieu même de consommation et de façon non polluante.

Les panneaux transforment la lumière en courant continu. Un onduleur convertit ce courant continu en courant alternatif afin de pouvoir le distribuer sur le réseau. On installe également un compteur de production électrique. Dans le cas d'un système isolé, on installe des batteries de stockage.

L'électricité peut être soit vendue au distributeur d'électricité soit consommée directement sur place pour les sites isolés du réseau de distribution.

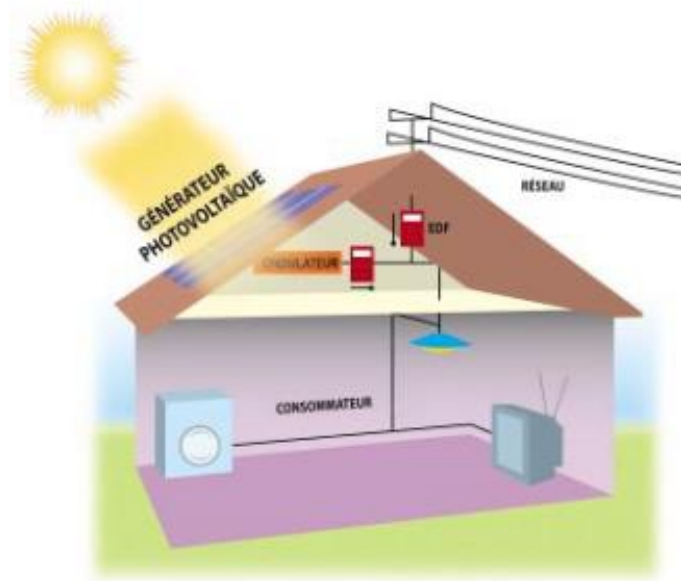


Figure 2.3. Utilisation de l'énergie photovoltaïque

Qu'ils soient indépendants ou incorporés, les panneaux doivent être orientés au sud selon une inclinaison de 30° pour obtenir un rendement maximal





				
<i>SUD</i>	93%	100%	91%	68%
<i>SUD-EST</i>	93%	96%	88%	66%
<i>EST</i> <i>OUEST</i>	93%	90%	78%	55%

Figure 2.4. Evolution du rendement des panneaux solaires selon l'orientation

Implantations possibles

La plupart du temps les panneaux sont situés sur le toit d'une habitation et orientés plein sud (possibilité sud-ouest et sud-est) de manière intégrée ou non. Il faut à tout prix éviter les ombres qui pourraient diminuer le rendement des panneaux.

L'intégration au bâti est un facteur important car elle va dicter le tarif d'achat de l'électricité produite. Il existe de nombreuses façons d'intégrer les panneaux photovoltaïques : en verrière, en façade, sur toiture, en brise-soleil, pergola...mais attention au rendement plus faible sur une façade par exemple.



Figure 2.5. Exemple d'installation de panneaux photovoltaïque sur le toit

2.4.2. La production de la chaleur grâce aux énergies renouvelables

Les sources renouvelables utilisées pour produire ou récupérer de la chaleur sont le solaire thermique, les pompes à chaleur et le bois énergie.

a). Le solaire thermique

Les systèmes solaires thermiques convertissent le rayonnement solaire en chaleur. Ils sont composés d'un ensemble de capteurs, d'un système de régulation et d'un ballon de stockage. Les panneaux fonctionnent comme une serre. Un fluide caloporteur (eau glycolée en général) s'échauffe dans le capteur et restitue la chaleur emmagasinée à un système de chauffage ou de production d'Eau Chaude Sanitaire (ECS). Les deux applications de ces systèmes solaires sont :

- le chauffage d'une habitation et la production d'ECS avec un Système Solaire Combiné (SSC),
- la production d'ECS grâce à un chauffe-eau solaire individuel (CESI).

Fonctionnement

Comme son nom l'indique, dans cette technologie, on capte les rayons du soleil pour en faire de la chaleur. L'énergie gratuite et inépuisable du soleil est donc récupérée sous forme de chaleur grâce à des capteurs solaires thermiques. Le solaire thermique permet alors d'assurer une partie des besoins en eau chaude sanitaire et en chauffage de son habitation. Une énergie d'appoint est toujours nécessaire pour pallier au manque de soleil.

Il existe 2 technologies : le chauffe-eau solaire individuel (CESI) ou le système solaire combiné (SSC). Le CESI pour l'eau chaude sanitaire et le SSC pour l'eau chaude et le chauffage. Grâce à ces technologies on peut couvrir jusqu'à 70% des besoins en eau chaude et en chauffage dans une habitation.

Implantations possibles

La plupart du temps les capteurs sont situés sur le toit d'une habitation et orientés plein sud (possibilité sud-ouest et sud-est) de manière intégrée ou non. Il faut éviter les ombres qui pourraient diminuer le rendement des capteurs. Il est tout de même possible d'intégrer les capteurs autre part que sur le toit. Il est nécessaire de disposer d'un espace pour y implanter le ballon de stockage, de préférence le plus proche des capteurs et si possible isolé.

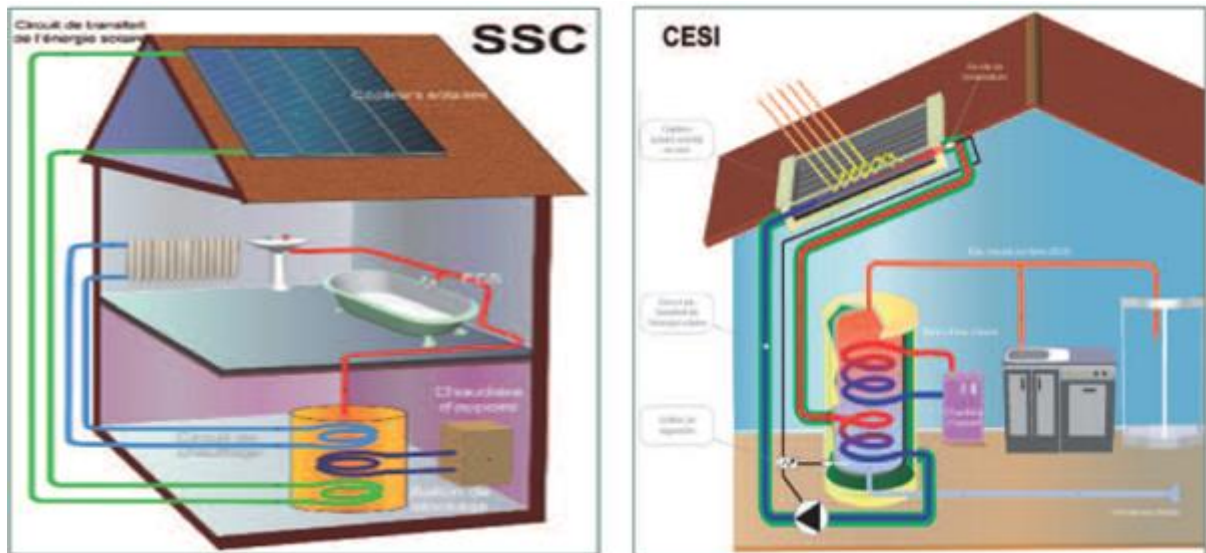


Figure 2.6. Utilisation de l'énergie solaire thermique

Quelques exemples



Figure 2.7. Exemples d'installation de capteurs d'énergie solaire thermique

b). Le chauffe-eau solaire

Statistiquement, le soleil assure en moyenne 50 % de la production annuelle d'eau chaude sanitaire d'une famille de 4 personnes.

L'installation se compose de capteurs solaires (entre 2 et 7 m²) et d'un ballon de stockage de l'eau chaude avec échangeur relié aux capteurs par des canalisations isolées thermiquement. Généralement une installation comprenant 5 m² de capteurs et un ballon de 300 litres est suffisante pour 4 à 6 personnes.

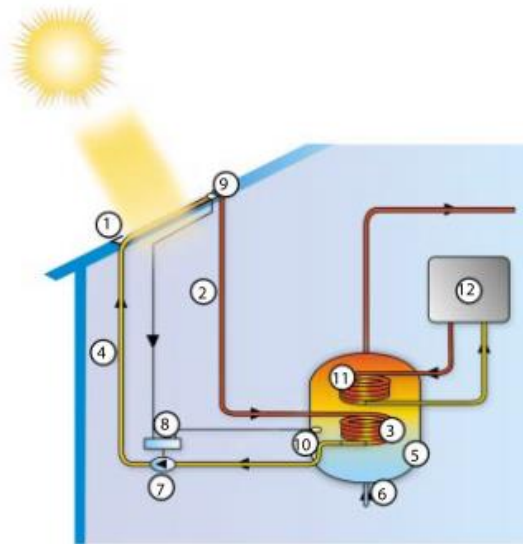


Figure 2.8. Fonctionnement d'un CESI

2.5. Conclusion

A l'instar des autres pays du monde, les changements climatiques ont introduit des défis majeurs pour l'Algérie. L'Algérie a pris des engagements ambitieux en signant le protocole de Kyoto entré en application depuis le mois de Février 2005 pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le secteur du bâtiment est, parmi les secteurs économiques, le plus gros consommateur en énergie. Les récentes statistiques de consommation d'énergie en Algérie indiquent que la demande d'énergie et la consommation annuelle d'énergie ont considérablement augmenté. Le bâtiment, notamment le secteur résidentiel, ont le plus grand impact sur cette croissance. Dans l'avenir, il est prévu que la consommation d'énergie dans le secteur publique est susceptible d'augmenter considérablement. Les bâtiments publics sont non seulement de gros consommateurs d'énergie, mais également contribuent énormément à l'émission de CO₂. Cependant, ces bâtiments offrent le plus grand potentiel pour la conservation d'énergie. Grâce à une conception informée du bâti, à une approche en énergie renouvelable adaptée au contexte Algérien, une quantité considérable d'énergie non renouvelable peut être économisée. Ces mesures peuvent aussi contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre dans l'environnement.

Ce projet propose une approche intégrée qui englobe une conception passive et appropriée du bâtiment, et une intégration des technologies renouvelables appropriée à l'environnement local, afin de parvenir à une performance énergétique optimale (voir positive) dans les bâtiments. Il est donc nécessaire d'identifier et d'évaluer les paramètres complexes et liés qui influent sur le processus d'optimisation des performances énergétiques de l'ensemble du bâtiment. Dans les nouvelles constructions, les règles de l'architecture bioclimatique (matériaux locaux, systèmes d'enveloppe et protections solaires) seront appliquées avec une intégration des composants solaires permettant une réduction considérable de la consommation énergétique globale.

Conclusion

CONCLUSION

Les questions relatives au réchauffement climatique, à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, à la consommation excessive d'énergie fossile et, plus généralement, à la nécessité d'adopter des modes de vie plus conformes à la notion de développement durable sont de plus en plus présentes dans les décisions, les analyses et affectent la plupart des secteurs d'activité et de développement. Le bâtiment n'échappe pas à cette prise de conscience et connaît notamment depuis une dizaine d'années des évolutions tout à fait considérables, en particulier avec la mise en œuvre de plus en plus intense des principes et des techniques d'éco-construction. En effet, ce secteur, pour des raisons d'ordre écologique, social et économique, est concerné par cette recherche de diminution des émissions de gaz à effet de serre et des consommations d'énergie et par la nécessité de produire un habitat à la fois confortable et économe, conformément aux principes et aux techniques de l'éco construction.

L'éco-construction désigne l'ensemble des moyens techniques qui permettent de rénover, de réhabiliter ou de construire un édifice tout en minimisant son empreinte sur l'environnement, elle pourrait alors, en ce sens, être l'une des réponses nécessaires aux défis écologiques qui s'imposent désormais. De plus, l'éco-construction procède d'une réflexion globale sur la façon d'intégrer le mieux possible le bâti à son milieu (exposition, style architectural, emploi de matériaux locaux...). Avec l'éco-construction, il s'agit, dans une vue plus large, de contribuer à un autre modèle de développement, moins consommateur en énergies fossiles et plus respectueux des aspects cités plus haut. Tel est l'esprit du "développement durable", conception de l'intérêt public d'où se décline le concept d'éco-construction, et qui repose sur un équilibre entre trois exigences de respect environnemental, social et économique. Le développement de l'éco-construction, est aussi le moyen de profiter d'une double opportunité économique. D'une part, elle participe à la réduction et/ou à la limitation des dépenses des ménages consacrées à l'énergie et, d'autre part, elle donne aux entreprises du bâtiment la possibilité d'accroître leur activité et de conquérir de nouveaux marchés.

Une construction naturelle green building doit répondre à deux impératifs complémentaires, d'une part l'adaptation de l'architecture au paysage et à ses données concrètes, et d'autre part l'utilisation des matériaux naturels, si possible renouvelables. Le choix du site doit être en fonction des données naturelles. En effet les données topographiques exercent une influence importante sur le microclimat, et donc sur les caractéristiques d'un terrain à bâtir.

Les formes architecturales doivent être inspirées de la nature, avec des couleurs qui n'ont pas l'air artificielles. Cette construction naturelle utilise les matériaux que lui fournit la nature. Lorsque ces matériaux remplacent des produits synthétiques polluants dont la fabrication consomme une grande quantité d'énergie, leur utilisation est fortement recommandée. L'utilisation du terme « matériaux naturels » recouvre avant tout les matières premières locales (renouvelables), qui peuvent être mises en œuvre selon les traditions artisanales ou selon des techniques modernes.

CONCLUSION

Produire des bâtiments à faible impact environnemental et aux standards d'efficacité énergétique plus élevés encore que les BBC demande de se pencher particulièrement sur ces quelques points :

- Renforcé l'isolation
- Utiliser des menuiseries à triple vitrage à haute performance énergétique ;
- Eliminer les ponts thermiques ;
- Adopter la ventilation contrôlée avec récupération de chaleur efficace ;
- Traiter l'étanchéité à l'air ;
- Orientation le bâtiment de manière optimale pour faciliter l'apport ou la protection solaire ;
- Adopter un concept global d'architecture bioclimatique ;
- Prendre en compte le handicap - on peut remplacer une baignoire par une douche ;
- Adopter les systèmes d'éclairage à économie de consommation surtout dans les pièces aveugles ;
- Implanter des équipements de production d'énergie d'un rendement élevé en utilisant le photovoltaïque, le solaire thermique et l'énergie éolienne.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : P.Chouard, H.Michel, F.Simon. « Bilan thermique d'une maison solaire » Eyrolles 1977
- [2] : André Joffre. « Énergie solaire thermique dans le bâtiment chauffe-eau solaires ». Revue techniques de l'ingénieur BE 9164. [11] : M.amjahdi, J.Lemale « Adopter le solaire –thermique et photovoltaïque ». DUNOD Paris 2011.
- [3] Mémoire de master « analyse des bilans énergétique dans les bâtiments conventionnels et les bâtiments à basse consommation d'énergie », CHIBANI et KEBAILI, 2013, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
- [4] Le grand livre de l'isolation « deuxième édition 2010 » page 17-48 Thierry gallauziaux et David fedullo
- [5] Fiche technique : Exercice Bilan thermique d'une maison individuelle [www.bilan thermique d'une maison.com](http://www.bilan-thermique-d'une-maison.com)
- [6] Fiche technique « Les Bâtiments: efficacité énergétique et énergies renouvelables », IUSES intelligent use of enery at school.
- [7] Fiche technique confort thermique (agence nationale de l'habitant) www.anah.fr
- [8] ADEME, Enveloppes de bâtiments performantes avec solutions techniques ou architecturales minimisant la part des ponts thermiques dans les déperditions - 12/08/02.