

Matériaux Innovants

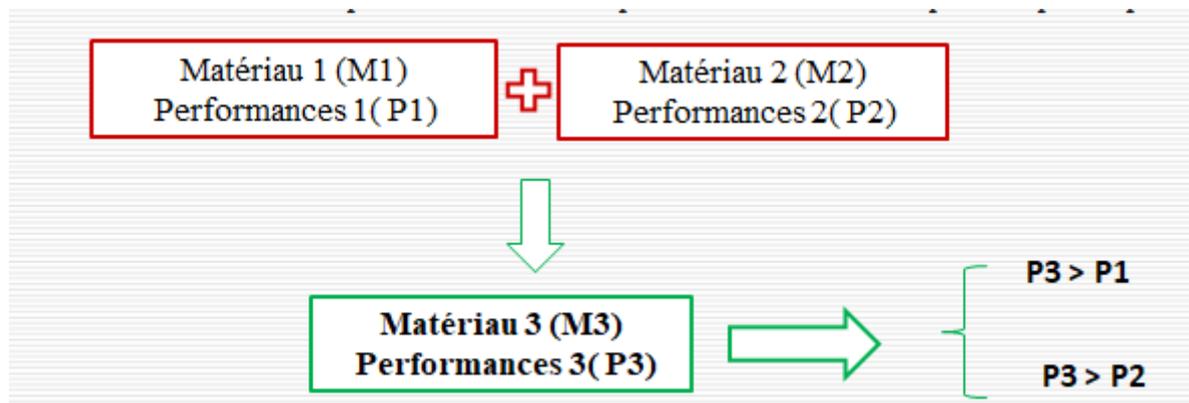
Qu'est-ce qu'un matériau Innovant?

Larousse : innovant, innovante (adjectif)

- **Qui innove**, constitue une innovation: Technologies innovantes.

- **Action de production d'un nouveau matériau adapté à un environnement donné.**

Les matériaux innovants sont souvent des matériaux composites, ils consistent en une combinaison de deux matériaux de natures différentes, se complétant et permettant d'aboutir à un matériau dont l'ensemble des performances est supérieur à celui des composants pris séparément



Les matériaux composites sont considérés innovants car grâce à leurs caractéristiques mécaniques et physico-chimiques.

Ils présentent de nombreux avantages par rapport aux matériaux traditionnels :

- **Résistance mécanique** : pour une même section d'acier, la résistance des fibres de composites est plus élevée ;
- **Maniabilité** : les bandes des matériaux composites présentent une large flexibilité qui facilite la mise en œuvre et son application dans les zones confinées ;
- **Facilité de préparation de surfaces** ;
- **Le non nécessité d'une fixation mécanique** ;
- **La durabilité du système de renfort** : la bonne tenue des matériaux composites à la corrosion ;
- **Tenue au feu**: La dégradation due au feu des matériaux composites ;

- **La mise en œuvre du bandage des matériaux composites** favorise une bonne étanchéité vis-à-vis de la formation du phénomène « gel-dégel » ;
- **Le système de renforcement de matériaux composites n'exige pas un entretien ;**
- **Réduction du temps d'exécution et mise en œuvre ;**
- **Poids :** la densité des matériaux composites représente 20% de celle des aciers.

Pour une même résistance ultime le poids du matériau composite est inférieur de 10% au poids de l'acier. Cette légèreté fait qu'ils ont un faible impact sur les dimensions des bâtiments existants : ils sont donc particulièrement adaptés pour la réhabilitation des ouvrages faisant partie du patrimoine

Seul problème : leur coût élevé, qui les cantonne à la réhabilitation, et aux ponts ou autres ouvrages d'arts.

Chapitre I. Eco-matériaux

I.1. Introduction

Construire durable c'est à dire inscrire l'activité de construction dans une démarche de développement durable.

D'après le rapport Brundtland, rédigé en 1987, « on entend par **Développement Durable**, un développement qui répond aux besoins d'aujourd'hui sans compromettre la satisfaction des besoins des générations suivantes».

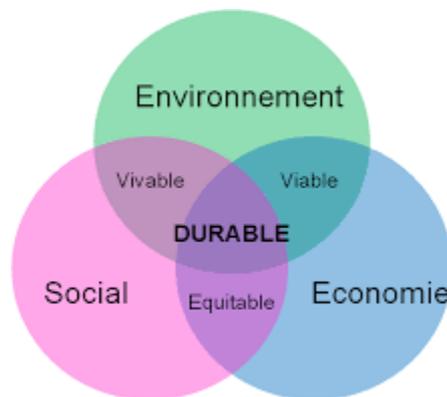


Figure I.1. Développement Durable.

I.2. Définitions

L'éco-construction ou construction durable est : la création, la restauration, la rénovation ou la réhabilitation d'un bâtiment en lui permettant de respecter au mieux l'écologie à chaque étape de la construction, et plus tard, lors de son utilisation.

L'éco-construction entraîne la réduction de la consommation d'énergie en utilisant des matériaux écologiques.

La problématique est de savoir **si les nouveaux matériaux utilisés dans l'éco-construction sont vraiment efficace dans la réduction de l'utilisation de l'énergie ou non ?**

Les matériaux de la construction classiques qui sont principalement le béton, la laine de verre, le ciment, l'acier, le verre, les plastiques, le bitume, etc, ne respectent pas

nécessairement l'environnement et ne peuvent pas être efficace dans l'aide à la réduction de l'utilisation de l'énergie.



Figure I.2. Quelques matériaux de la construction classiques.

Autre matériaux sont utilisés dans l'éco-construction, tels que : la terre, la brique de terre crue, la brique silico-calcaire, la paille, le chanvre, le bois, la pierre, la fibre de bois, la laine de mouton, le pisé, la ouate de cellulose, l'ardoise, la chaux,....



Figure I.3. Quelques matériaux utilisés dans l'éco-construction.

La plus part des nouveaux matériaux sont principalement des matériaux bio sources c'est-à-dire issus de la biomasse d'origine animale ou végétale.

Biomasse : ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale pouvant être source d'énergie par combustion.

I.3. Exemple de matériau écologique

Le matériau terre cuite est très intéressant et se caractérise par une forte inertie et une faible diffusivité thermique. Ainsi la terre cuite contribue à conserver la chaleur en hiver, profité des apports solaire en demi-saison et à conserver la fraîcheur en été.



Figure I.4. Le matériau terre cuite.

Le choix des matériaux de construction, et en particulier ceux à matrice cimentaire, peut contribuer à limiter de manière non négligeable les émissions de gaz à effet de serre. Ceci peut se faire par diminution de la consommation d'énergie en améliorant les caractéristiques isolantes des bâtiments grâce à un choix adapté des matériaux (**éco-matériaux**).

Dans le domaine de la construction, il faudra limiter les émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre, économiser les ressources naturelles non renouvelables, penser à la déconstruction,... tout en améliorant les propriétés d'usages des matériaux et des ouvrages et en veillant à la santé et au confort des personnes.

I.4. Valorisation des matériaux

Un matériau durable est un matériau qui répond aux exigences de service et confort tout en respectant l'environnement tout au long de son cycle de vie.

La valorisation d'un matériau consiste à lui redonner une valeur marchande. Elle s'effectue par divers moyens. Tous les procédés conduisent à des économies de matières premières en même temps qu'ils contribuent de façon directe au respect et à la sauvegarde de l'environnement.

I.5. Le recyclage

Le recyclage est la réintroduction directe d'un déchet dans le cycle de production dont il est issu en remplacement d'une matière neuve. Par exemple, la reprise des bouteilles usagées pour les refondre et en faire des fils et des fibres synthétiques (27 bouteilles permettent la confection d'un pull-over).

I.6. La réutilisation

La réutilisation consiste à réutiliser un déchet pour un usage différent de son premier emploi ou à faire à partir d'un déchet un autre produit. Par exemple l'utilisation des pneus de voiture pour protéger la coque des bateaux.

I.7. Concepts innovants

1- La conception bioclimatique utilise l'énergie solaire disponible sous forme de lumière ou de chaleur, afin de consommer le moins d'énergie possible pour un confort équivalent.



Figure I.5. L'énergie solaire.

2- La conception du toit végétal : Cette conception permet une bonne maîtrise des températures intérieures grâce à son inertie et à l'évaporation de l'eau de pluie (exemple :le toit végétal).



Figure I.6. Toit végétal.

- Intégration progressive de nouveaux matériaux dans la construction :
 - 1960 : Matériaux composites
 - 1970 : Fibre de textile recyclé, Bétons BAP, BHP
 - 1975: Lamibois, panneau contrecollé croisé, caisson en plancher creux, éléments murs-plancher en bois tourillonné
 - 1980 : Paille
 - 1990 : Béton de chanvre (Béton végétal)
 - 2000 : Brique monomur, Parpaing bois, Cematerre 9/18
- Intégration progressive de nouveaux matériaux dans la construction :



Figure I.7. Exemples de nouveaux matériaux dans la construction

World's Largest 3D-Printed Concrete Pedestrian Bridge Completed in China



Figure I.8. World's Largest 3D-Printed Concrete Pedestrian Bridge Completed in China.

The bridge is constructed of 44 hollowed-out 3D printed concrete units, while the handrails are divided into 68 units. The bridge's components have been printed from composite materials, containing polyethylene fiber concrete to match the structural performance of conventional materials

I.8. Rôle des nouveaux matériaux en matière d'économie d'énergie :

La nécessité de réduire les consommations d'énergie de nos bâtiments n'est généralement plus remise en question aujourd'hui. Les dernières années ont vu se succéder les innovations et les réglementations thermiques, qui ont permis une formidable amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments neufs. Mais l'impact des bâtiments sur notre environnement se limite-t-il aux consommations d'énergie de leurs occupants ? Quid de l'énergie nécessaire pour produire les matériaux, les transporter, réaliser les travaux et, plus tard, rénover et déconstruire ?



Figure I.9. Exemples de nouveaux matériaux en matière d'économie d'énergie.

I.8. 1. Emissions du ciment

Du point de vue des émissions de CO₂, le ciment Portland a le double inconvénient:

- nécessite une température de cuisson élevée (1450°C), obtenue majoritairement par la combustion de combustibles fossiles (0.28 t CO₂ / t ciments)
- -présente en cours de préparation une réaction de décarbonatation (la calcite (CaCO₃), se transforme en CaO en perdant une molécule de CO₂ qui se dégage, soit 0.52 t CO₂/t ciment).
- le bilan des émissions est en moyenne de 0.8 t CO₂/t ciment ce qui fait de l'industrie cimentière une des principales industries émettrices de gaz à effet de serre.

I.8. 2. Procédures suivies pour réduire les émissions du ciment :

- 1- Energie nécessaire au fonctionnement d'une cimenterie peut être réduite en utilisant l'énergie propre (éoliennes par exemple) et la combustion de certains composés qui auraient été de toute façon éliminés (les farines animales, les huiles usagées, les pneus).
- 2- 2- l'amélioration du bilan des émissions en CO₂ du ciment peut être plus facilement réalisée par la substitution partielle d'une partie du clinker par d'autres constituants présentant des propriétés hydrauliques et/ou pouzzolaniques.
- 3- le laitier de haut fourneau, les pouzzolanes naturelles, ou activées thermiquement.

- 4- 3- le développement de liants à base de sulfates de calcium ou de sulfoaluminates de calcium semble très prometteur, puisque les températures de cuisson sont bien plus faibles.

I.8.3. Réductions des émissions dues au Béton

- optimiser le choix du liant et son dosage, en privilégiant les « ciments à bas CO₂ »
- diminuer les pertes en favorisant la préfabrication en usine
- optimiser les structures en utilisant des bétons à hautes ou très hautes performances.
- Le fait d'augmenter la durée de vie des ouvrages contribue à la diminution de l'impact des matériaux.

Réductions des émissions

- 1- l'utilisation de combustibles alternatifs: les huiles, les pneus usagés, résidus de solvants et peintures, farines animales.
- 2- l'usage de la valorisation matière: Il est possible d'incorporer des fumées de silice issues de la production de silice ou ferro-silice, des laitiers de haut-fourneau qui sont des sous-produits de la fonte, ou des cendres volantes issues des centrales thermiques à charbon.

Remplacer une partie du clinker par d'autres constituants permet une double réduction des émissions de CO₂ par une diminution des émissions irréductibles liées à la décarbonatation du calcaire, ainsi que par la diminution de l'énergie nécessaire pour fabriquer ces ciments.

- 3- Méthode de captage du dioxyde de carbone

Recarbonatation du ciment. Le matériau piègerait en effet du CO₂ dans sa matrice, principalement en surface. Un concassage des bétons de démolition permettrait de multiplier par 1.000 la surface d'échange et donc de bénéficier d'une captation du gaz carbonique accrue.

- 4- La formulation des ciments à "basse température" conçus pour nécessiter moins d'énergie de cuisson. « Exemple : Les ciments sulfo-alumineux.

Un clinker de ciment particulier permet d'abaisser la température de 1.400-1.500°C à moins de 1.300 °C, de quoi réduire les émissions de CO₂ de 25 à 30 % par tonne produite.

- 5- Une durée de vie élevée pour les structures en béton, (plus de 100 ans) :

- des bétons clairs, en éléments de voirie, afin de diminuer la consommation de l'éclairage public.

- réduire le coefficient de friction des pneus des véhicules afin de diminuer leur consommation de carburant et donc... les émissions de gaz carbonique.

I.8. 3. Energie grise

L'énergie grise est la quantité d'énergie nécessaire au cycle de vie d'un matériau ou d'un produit: la production, l'extraction, la transformation, la fabrication, le transport, la mise en œuvre, l'utilisation, l'entretien, la réparation, la démolition et à la fin le recyclage. Chacune de ces étapes nécessite de l'énergie, qu'elle soit humaine, animale, électrique, thermique ou autre.

I.9. Politique de la Construction Durable

- renforce les exigences de performance énergétique des bâtiments,
- limite la climatisation tout en préservant le confort d'été,
- tient compte de l'éclairage,
- valorise la conception bioclimatique,
- encourage le recours aux énergies renouvelables.

I.10. Economie d'énergie

Une éco-construction vise à consommer peu d'énergie, que ce soit pour le chauffage ou l'eau, et développe pour cela une démarche intégrée (de la conception à l'utilisation), des conceptions bioclimatiques, des isolants thermiques toujours plus performants.

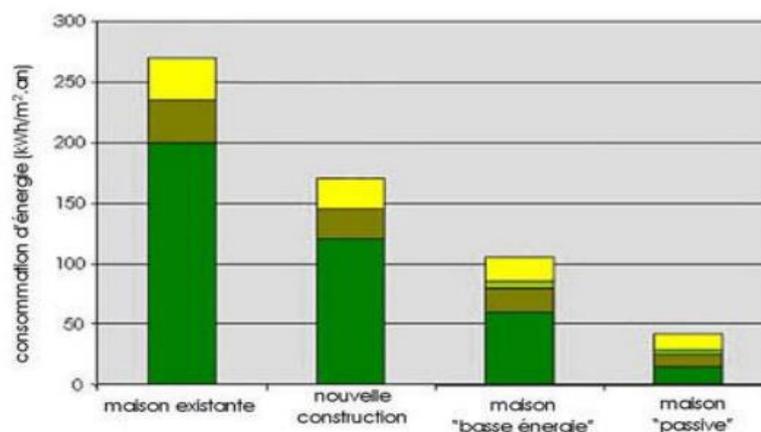


Figure I.10. Consommation d'énergie de plusieurs types d'habitations.

On peut constater une grande différence de consommation d'énergie notamment sur le chauffage, cette diminution est due en grande partie aux divers isolants et à la conception bioclimatique.

I.11. Critères d'impacts environnementaux

Les matériaux constructifs et isolants doivent répondre aux exigences d'un habitat sain, vivable, durable et performant à la fois. Les matériaux choisis pourront être "bio sources", renouvelables et peu transformés (bois, terre crue) mais également manufacturés.

Pour choisir un matériau adapté, il faut prendre en compte les trois piliers du développement durable qui sont des critères techniques et économiques, sociaux et environnementaux.

I.11.1. Critères techniques

- Performances thermiques: Un équilibre entre la densité et les capacités d'inertie de l'isolant,
- La conductivité thermique: plus le chiffre est faible, plus le matériau est isolant),
- La résistance thermique: plus le chiffre est élevé, plus le matériau est isolant,
- Performances acoustiques : indice d'absorption acoustique.

I.9.2. Critères de mise en œuvre

- Simplicité ou non du procédé, Importance de la mise en œuvre afin d'assurer la durabilité des performances du matériau dans le temps.

I.11.3. Critères sociaux

- La mobilisation de ressources locales (Le matériau est produit à proximité du chantier)
- La participation au développement territorial (création d'emplois, fabrication et la distribution)
- L'accessibilité des matériaux (prix et information)

I.11.4. Critères environnementaux

- Consommations énergétiques (kg ou MJ) ;
- Épuisement des ressources (en kg d'antimoine équivalent) ;
- Consommation d'eau (en L) ;
- Déchets solides (en kg) ;
- Changement climatique (en kg équivalent CO₂) ;

- Acidification atmosphérique (en kg équivalent SO₂) ;
- Pollution de l'air (en m³ d'air nécessaire à diluer les produits) ;
- Pollution de l'eau (en m³ d'eau nécessaire à diluer les produits) ;
- Destruction de la couche d'ozone stratosphérique (en kg éq. CFC11).

Conclusion :

Concernant les matériaux, il faut savoir qu'ils ont tous des impacts sur l'environnement car ils nécessitent l'extraction de matières premières, l'utilisation d'énergie (lors du processus de fabrication, lors du transport, ...), l'utilisation de consommables pour l'entretien et un traitement adapté en fin de vie.

Aujourd'hui aucun n'est meilleur que tous les autres sur tous les critères environnementaux. Néanmoins, les matériaux éco-conçus sont favorisés, en effet, jusqu'à 80% des impacts environnementaux d'un produit sont déterminés au moment de sa conception, c'est donc durant le processus de conception et de développement du produit qu'il faut agir.

L'éco-conception vise à réduire les impacts environnementaux des étapes de fabrication du produit mais également des étapes amonts et aval, au-delà "des murs de l'entreprise".

L'éco-conception s'intéresse donc au développement du produit et intègre la performance environnementale de celui-ci durant le processus de conception.