

Le choix du procédé constructif

Objectif

Réaliser une enveloppe de qualité, à la fois performante et durable

Pourquoi c'est important ?

Les procédés constructifs sont variés :

- > murs porteurs en maçonnerie (béton, brique), isolés thermiquement par l'intérieur (ITI) ou par l'extérieur (ITE),
- > procédé poteaux-dalles béton et façades légères,
- > procédé poteaux-poutres bois,
- > murs à ossature bois avec remplissage d'isolant,
- > murs en panneaux massifs de type bois lamellé croisé (CLT),
- > ...

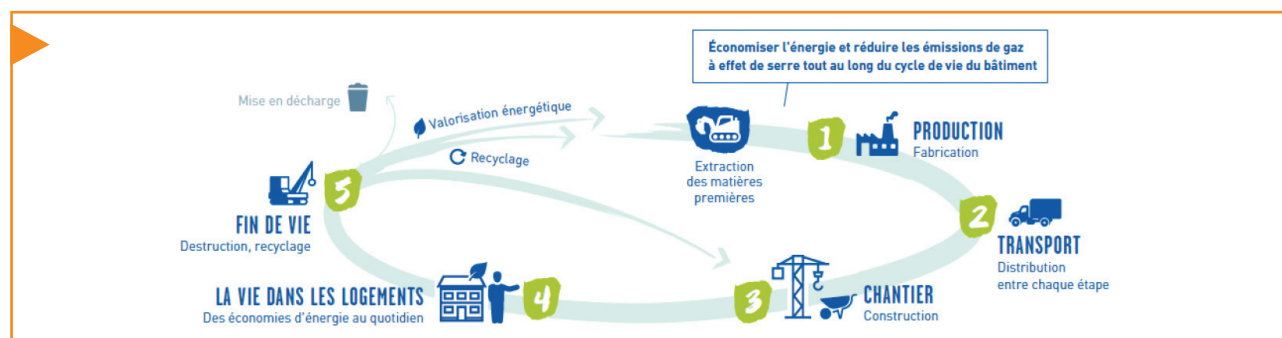
Ils présentent cependant des caractéristiques très différentes en matière d'analyse de cycle de vie (ACV) et de comportement physique (inertie notamment).

Le mode constructif oriente par ailleurs souvent le choix des matériaux d'isolation mis en œuvre : il est rare par exemple qu'un isolant biosourcé soit mis en œuvre avec un procédé constructif béton (malgré l'absence de contre-indication). A l'inverse, un procédé constructif à ossature bois est fréquemment associé à des matériaux biosourcés (mais pourtant pas systématiquement).

Les circuits de proximité rapprochent les producteurs des usagers, en utilisant des sous-produits agricoles, des matériaux peu transformés, des techniques constructives et des ressources locales. Si le matériau est important, la culture constructive et la manière de le mettre en valeur le sont tout autant.

Définitions utiles

Analyse de cycle de vie (ACV) : cela consiste à prendre en compte les impacts environnementaux d'un matériau à toutes les étapes « du berceau à la tombe », c'est-à-dire l'extraction des matières premières et leur acheminement, la fabrication du produit, son transport sur le site de l'opération, sa mise en œuvre dans le bâtiment, et enfin la déconstruction [8.1].

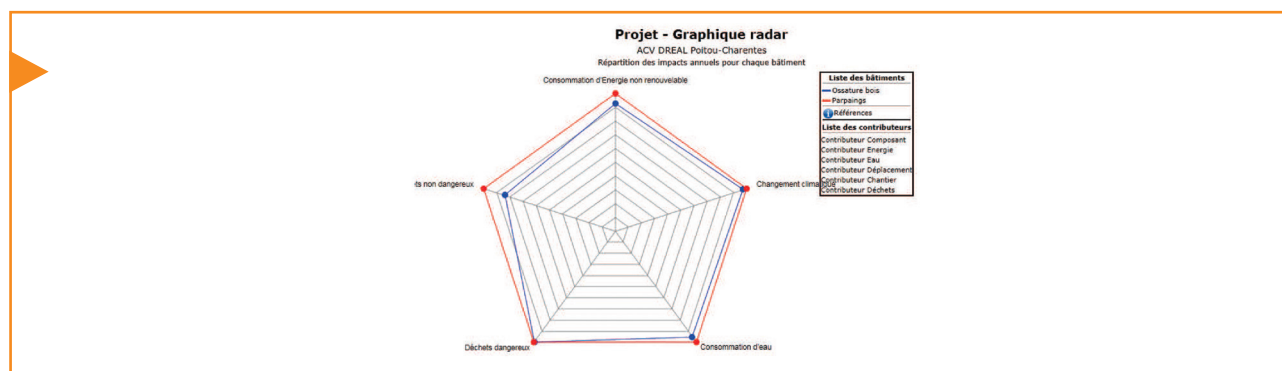


[8.1] : Schéma du cycle de vie du bâtiment - source : Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer - Dossier de presse, 17 novembre 2016

Comment faire ?

Questionner les pratiques ordinaires et appréhender le choix du procédé constructif de manière globale

- ▶ Sortir des automatismes constructifs qui conduisent, en France, à une position écrasante du béton armé et de la maçonnerie sur le marché de la construction et dans l'ingénierie des structures.
- ▶ Préférer des solutions qui permettent que la valeur ajoutée soit apportée sur le chantier, par le savoir-faire des acteurs locaux plutôt que par les fabricants qui proposent des solutions industrielles onéreuses en coût global, consommatrices d'énergie grise et nécessitant peu de main d'œuvre de transformation et de mise en œuvre.
- ▶ Valoriser les matériaux dont l'analyse en cycle de vie (ACV) et les données disponibles démontrent les meilleurs compromis [8.2].



[8.2] : Exemple de bilan ACV comparatif - source : «Comparaison des impacts environnementaux de maisons individuelles avec des systèmes constructifs différents» - CEREMA, 2015

- ▶ Prendre en compte l'énergie grise dans le choix du procédé constructif (énergie nécessaire à la fabrication du matériau). Celle-ci en effet peut être relativement importante par rapport aux consommations d'énergie d'usage, surtout lorsque le bâtiment est rendu sobre.
- ▶ Ne pas hésiter à associer des principes constructifs différents au sein d'un même bâtiment (association d'une structure lourde béton avec isolation par l'extérieur et d'une façade légère à ossature bois avec une isolation renforcée, par exemple) [8.3].



[8.3] : Exemple de procédé constructif mixte béton / ossature bois - source : Architecte : Ph. Delers - Photo : eEgénie

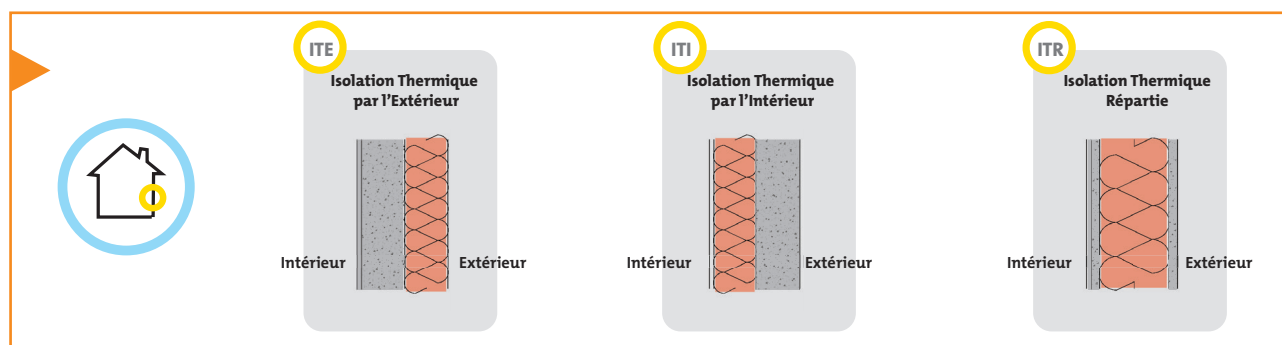
Introduire le bois dans la construction, seul matériau de structure qui soit renouvelable

Le bois présente de nombreux atouts, dont celui d'être renouvelable et de constituer un stockage du carbone. Il peut être employé en structure, en charpente, en façades, en planchers, en menuiseries extérieures et intérieures. Outre ses caractéristiques thermiques et hygroscopiques (il absorbe et rejette une partie de l'humidité de l'air), le bois possède des qualités souvent oubliées telles que sa résistance structurelle au feu (il se consume mais ne plie pas, contrairement à l'acier), ou la durée réduite du chantier de construction grâce aux possibilités de préfabrication en atelier et de montage rapide ensuite. A qualités mécaniques et thermiques égales, les murs d'un bâtiment à ossature bois sont beaucoup moins épais que des parois en maçonnerie traditionnelle (gain de surface utile par rapport à une même surface hors œuvre).

L'utilisation du bois dans la construction est d'autant plus pertinente que la ressource bois est particulièrement abondante sur le territoire franc-comtois, avec près de 45% de sa surface recouverte de forêt. La filière bois locale est bien structurée et pourvoyeuse d'emplois. En ordre de grandeur, la mise en œuvre de 1 000 m³ de bois par an dans le bâtiment, par exemple, engendre la récolte de 4 000 m³ de bois en forêt, ce qui représente une quarantaine d'équivalent temps plein de la forêt jusqu'au chantier (sources : ADIB).

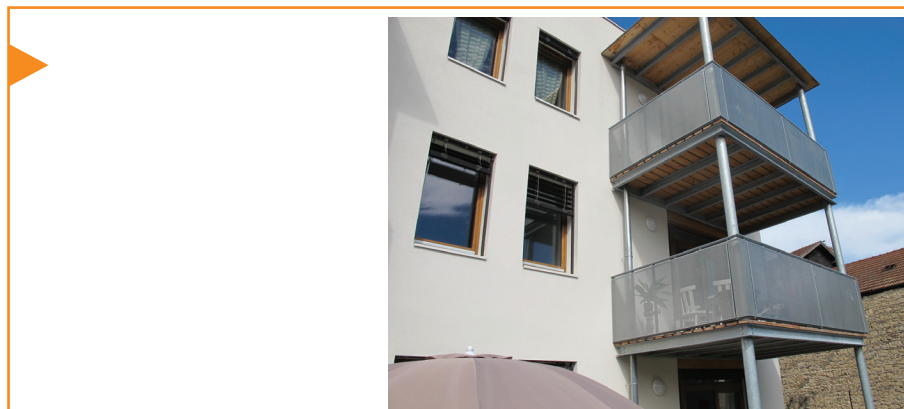
Faire le choix d'un procédé constructif adapté à l'usage du bâtiment

- Privilégier l'isolation par l'extérieur ou l'isolation répartie, qui dans ce cas procure au mur une double fonction d'élément porteur et d'accumulateur thermique, et éviter l'isolation par l'intérieur, qui coupe de l'inertie des structures et accentue l'effet « bouteille thermos » en été [8.4].



[8.4] : Principes d'isolation ITE, ITI ou ITR des murs extérieurs

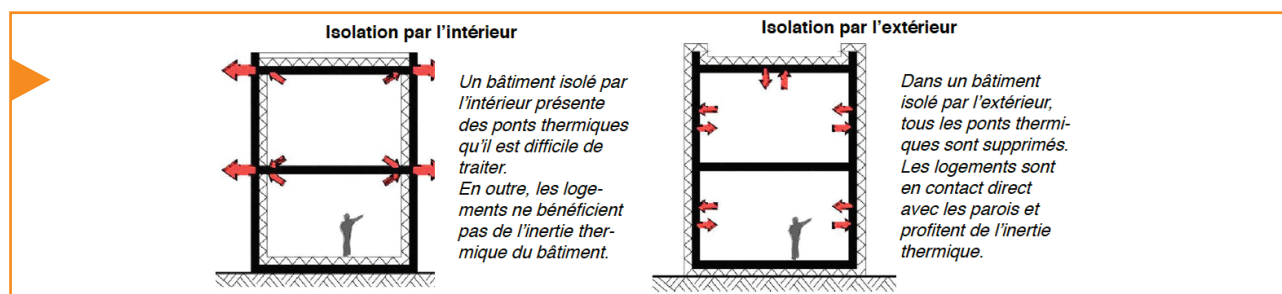
- Encourager les façades légères, moins consommatrices de matériaux à fort contenu d'énergie grise, en accordant dans ce cas une attention toute particulière à l'étanchéité à l'air, surtout lorsqu'elles sont placées entre dalles (les façades légères posées en appui des nez de dalle sont plus faciles à traiter).
- Étudier les structures légères telles que les ossatures bois dans le cas particulier de locaux à occupation intermittente, afin de réduire le temps de montée en température lorsque le local est utilisé.
- Désolidariser les balcons et coursives par rapport à la structure principale afin d'éviter de créer des « ailettes de refroidissement » [8.5].



[8.5] : Balcons désolidarisés de la structure, ne générant pas de ponts thermiques - source : Architecte : Tekhnê - Photo : eEgénie

Stocker la chaleur ou la fraîcheur, grâce à une bonne inertie [8.6]

- Adopter pour les murs et les sols des matériaux lourds capables de stocker la chaleur : brique, carrelage, dalle de béton. Agir sur le cloisonnement qui peut aussi être lourd lorsque la structure est légère.
- Veiller à ne pas se priver de l'inertie des dalles hautes par des faux-plafonds continus (idem avec les faux-planchers, bien que plus rares).

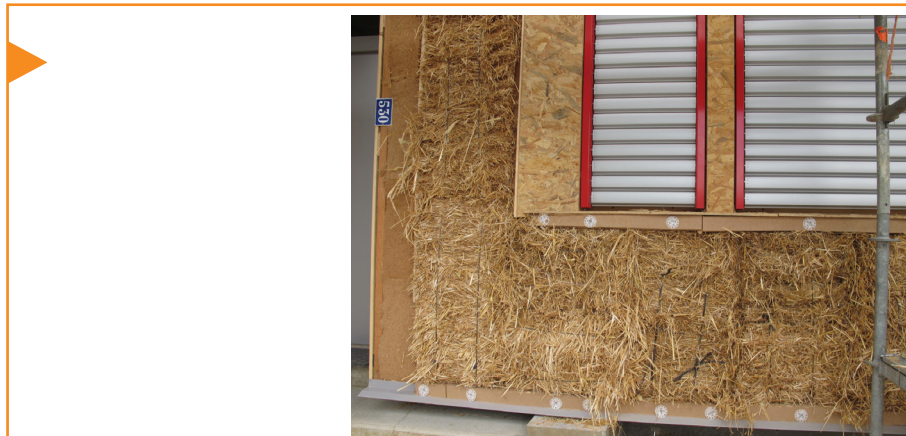


[8.6] : L'inertie thermique du bâtiment en ITI et ITE - source : eEgénie

- Mettre en œuvre des isolants qui présentent également, par leur masse importante, une inertie intéressante contre les surchauffes estivales : laine de bois, chènevotte, laine de roche haute densité, ...

Quelques exemples de procédés constructifs alternatifs aux pratiques courantes

Le mur en paille [8.7] : mur à ossature bois qui intègre des blocs de paille comme éléments porteurs ou de remplissage en caissons. La conductivité λ du mur varie alors entre 0,080 W/m.K et 0,052 W/m.K. Des parois en mur de paille d'épaisseur de l'ordre de 30 à 50 cm permettent donc de prétendre au niveau d'isolation BBC (résistance thermique R de 6 m².K/W environ) et peuvent même être encore épaissies pour atteindre le niveau passif, grâce à leur faible coût matière.



[8.7] : Mur avec remplissage paille - source : Architecte : Rigassi - Photo : eEgénie

La brique alvéolaire (appelée communément Monomur) [8.8] : brique creuse en terre cuite contenant des alvéoles verticales séparées par de fines parois décalées les unes par rapport aux autres de manière à ralentir le flux thermique. Elle est particulièrement bien adaptée au climat méditerranéen et tempéré (zones H2 et H3), car elle procure une bonne inertie et régule le degré d'humidité intérieure. Mais elle peut être mise en œuvre également dans les zones plus froides (zone H1) à condition d'être choisie en forte épaisseur (classiquement 42,5 cm avec alvéoles remplies de perlite : $R = 5,35$ m².K/W pour un niveau BBC). La brique Monomur est une alternative qui vaut pour les bâtiments de hauteur maximum R+3 et qui doit intégrer les questions de risque sismique.



[8.8] : Briques alvéolaires - source : Photo eEgénie

Le bloc de béton cellulaire (appelé aussi Thermopierre) [8.9] : bloc de construction maçonnée composé de chaux, ciment, sable et de poudre d'aluminium qui, au contact de la chaux, produit des petites bulles d'hydrogène. La résistance thermique est limitée à 3,78 m².K/W pour 36,5 cm d'épaisseur et nécessite par conséquent un isolant complémentaire pour atteindre la performance souhaitée. Le Thermopierre bénéficie d'un déphasage thermique important, équivalent à celui de la brique Monomur, d'une bonne isolation acoustique (supérieure à la brique Monomur pour la même épaisseur). C'est toutefois un matériau très hydrophile qui nécessite un enduit hydrofuge qui sera le plus souvent imperméable à la vapeur d'eau. On lui reproche donc de garder l'humidité et d'être facilement transperçable, ce qui peut constituer un handicap lorsqu'il y a risque d'intrusion.



[8.9] : Brique de béton cellulaire



Les erreurs à éviter

- ▶ Mettre en œuvre du bois dont l'origine n'est pas contrôlée : il est important de favoriser l'emploi de bois local autant que possible (pour une empreinte écologique réduite avec moins de transport, et pour développer les emplois locaux). A défaut, exiger que les bois soient écocertifiés FSC (Forest Stewardship Council) ou PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) de forêts européennes.
- ▶ Ne pas anticiper le vieillissement du bois lors de sa mise en œuvre en façade : le bois vieillit naturellement d'aspect lorsqu'il est exposé aux éléments extérieurs. Lorsqu'il est posé en bardage, il faut donc être conscient des changements d'apparence du bois qui apparaîtront au fil du temps (couleur grise due à l'effet d'autoprotection naturelle du rayonnement UV par dégradation de la lignine exposée au rayonnement solaire). L'impact est néanmoins uniquement esthétique, sans répercussion sur les qualités de résistance intrinsèques du bois. On veillera donc à prendre les précautions nécessaires afin que les changements de couleur dans le temps soient homogènes (simple couverture afin que l'ensemble de la façade puisse griser de la même manière ou à l'inverse, large protection du débord de toit qui protégera toute la façade). Un traitement de pré-grisage du bois permettant un aspect grisé homogène est également possible [8.10].



[8.10] : Vieillesse homogène (pré-grisage du bois et exposition identique de chaque façade) et vieillissement différencié non géré - source : Architectes gymnase : Dietrich Untertrifaller + Tekhnê, école : Tekhnê - Photos : eEgérie

- ▶ Choisir un bois qui ne soit pas naturellement durable pour l'usage considéré et nécessitant par conséquent un traitement : il est préférable de choisir un bois adapté à l'usage concerné [8.11].

Classes	Situation en service	Exemples d'emplois
1	- Bois sec - Humidité toujours inférieure à 20 %	Menuiseries intérieures : parquets, escaliers, portes ...
2	- Bois sec - Humidité occasionnellement supérieur à 20 %	Charpente, ossature correctement ventilée en service
3	- Humidité fréquemment supérieur à 20 %	Toutes pièces de constructions ou menuiseries verticales soumises à la pluie : bardages, fenêtres...
4	- Humidité toujours supérieur à 20 %	Bois horizontaux en extérieur (balcon) et bois en contact avec le sol ou une source d'humidification prolongée ou permanente
5	- Bois en contact permanent avec l'eau de mer	Piliers, pontons, bois immergé



Durabilité des bois								
ST - Sans Traitement AT - Avec Traitement	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4	
	ST	AT	ST	AT	ST	AT	ST	AT
Résineux								
Douglas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Epicéa	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗
Mélèze	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Pin maritime	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
Pin sylvestre	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
Sapin	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
Western red cedar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Feuillus								
Aulne	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓
Châtaignier	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Chêne	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Frêne	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓
Hêtre	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓
Peuplier	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓
Robinier	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bois exotiques								
Bangkirai	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Doussié	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ipé	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Iroko	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Teck	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

[8.11] : Classes d'emploi et de durabilité du bois selon les essences, avec et sans traitement - source : «Guide d'utilisation du bois» - CNDB

- ▶ En cas de traitement indispensable, préférer les produits à faible impact sur l'environnement (produits naturels ou avec écolabel européen), ou des techniques alternatives au traitement classique du bois : chauffage du bois à haute température, oléothermie, ...
- ▶ Réaliser un entretien préventif avec traitement des bois en systématique : on préférera analyser, suivant les projets, l'opportunité d'un renouvellement programmé d'un bois non-traité, plutôt que la mise en œuvre d'un entretien préventif dont l'impact sur l'environnement peut être lourd, notamment lors du recyclage ultime.

Pour aller plus loin...

- Comité National pour le Développement du Bois (CNDB) : www.bois-construction.org
- Association FSC France : <https://fr.fsc.org/fr-fr>
- Association PEFC France : www.pefc-france.org
- Réseau Français de la Construction Paille (RFCP) : <http://rfcp.fr>
- Association Construire en chanvre : <http://construire-en-chanvre.fr>
- Projet B³- Bois Bourgogne Bâtiment, la DREAL Bourgogne-Franche-Comté soutient la filière bois construction : www.bourgogne-franche-comte.developpement-durable.gouv.fr/projet-b%C2%B3-bois-bourgogne-batiment-la-dreal-a5894.html
- Catalogue des produits de constructions biosourcés fabriqués en Franche-Comté, ADIB, 2015 : <http://fr.calameo.com/read/003232678a45efbef838b>
- *Habitat passif et basse consommation - principes fondamentaux et études de cas*, Philippe Lequenne et Vincent Rigassi, Terre Vivante, 2011, ISBN : 978-2-36098-048-2
- *Construire avec le bois*, Dominique Gauzin-Müller, Le Moniteur Editions, 1999, ISBN : 2-281-19108-7
- *La construction en paille - principes fondamentaux, techniques de mises en œuvre et exemples de réalisations*, Luc Floissac, Terre vivante, 2012, ISBN : 978-2-36098-081-9
- *Produits biosourcés durables pour les acheteurs publics et privés*, ADEME, 2019, ISBN : 979-1-02971-283-8 : www.ademe.fr/produits-biosources-durables-acheteurs-publics-privés