

DÉVELOPPEMENT DURABLE, ENJEUX ET PERSPECTIVES

On a pu lire récemment des informations alarmantes stigmatisant l'impact des matériaux de construction en matière de développement durable.

Le Monde du 14 octobre 2008 titre page 14 : « le nouveau duel béton-acier ». Il y est précisé : « le contenu en énergie grise de l'acier apparaît près de 25 fois supérieur à celui du béton ou du bois ». Dans Les Échos du 28 octobre 2008, dans un article intitulé « Lafarge donne la parole aux architectes », on indique que « la production du béton consommerait... 43 fois moins que celle de l'acier ».

Dans ces deux documents, le raisonnement utilisé est incomplet et travestit la réalité. La conclusion qu'en tire le lecteur est donc erronée. C'est pourquoi nous souhaitons rétablir les faits et vous présenter une analyse objective.

La question posée est de savoir si un matériau de construction présente un avantage environnemental déterminant par rapport aux autres.

Les chiffres cités dans la presse indiquent une consommation d'énergie de 43 MJ pour un kilo d'acier et de 1 MJ pour un kilo de béton. Ces grandeurs mesurent uniquement la phase de production du matériau considéré (cf. encadré 1). De plus, ces informations ne sont pas en cohérence avec celles données par l'association World Steel, qui regroupe les données de tous les sidérurgistes membres, et a calculé que l'énergie primaire totale pour produire de l'acier est de 21 MJ/kg.

Nous savons également que dans une construction on ne fait pas la même chose avec un kilo de béton et un kilo d'acier, et nous savons aussi qu'il n'y a pas de béton armé sans armatures... en acier.

Partons d'un calcul simple (cf. encadré 2) montrant que pour supporter une même charge dans un bâtiment de bureaux, la poutrelle calculée en acier d'une longueur de 6 m pèse 290 kg alors que celle en béton armé pèse 1 790 kg !



Immeuble Praetorium à La Défense : un bâtiment de bureaux de 8 étages avec poutrelles alvéolaires et planchers collaborants en acier (Arte Charpentier & associés, architectes).

© ConstruireAcier

Nous tirons de ce calcul deux conclusions :

- la solution béton présente une masse globale six fois plus importante que celle en acier pour des caractéristiques équivalentes ;
- la masse de l'armature en acier incorporée dans la poutrelle béton est égale à environ 10 % de la masse de la poutrelle en acier de caractéristiques équivalentes.

1 - ÉNERGIE PRIMAIRE TOTALE, ÉMISSIONS DE CO₂ ET ACIER

Les sidérurgistes sont regroupés dans l'association World Steel. Ils mettent en commun un grand nombre d'informations. Ils ont ainsi élaboré des données significatives pour les usines sidérurgiques européennes :

- l'énergie primaire totale nécessaire pour produire un kg d'acier est de 21 MJ ;
- la quantité de CO₂ émis est de 1,25 kg par kg d'acier produit.

Il faut rappeler que la sidérurgie européenne a réduit de 50 % sa consommation d'énergie et ses émissions de CO₂ lors des trente dernières années. Depuis 1990, malgré des volumes de production croissant, elle a réduit de 18 % ses émissions de gaz à effet de serre, dépassant largement l'objectif de - 8 % fixé par l'Union européenne.



© ConstruirAcier

Bâtiment administratif de la nouvelle école d'architecture de Nantes : les architectes ont retenu une solution « tout acier » pour mettre à disposition de grands plateaux libres (Lacaton & Vassal, architectes).

2 - CALCUL DES POIDS DE POUTRELLE POUR UN IMMEUBLE DE BUREAUX ET ÉNERGIE PRIMAIRE NÉCESSAIRE POUR LES FABRIQUER

La comparaison de deux matériaux n'a de sens que si ces deux produits assurent la même fonction et avec des performances identiques.

Pour calculer le poids des poutrelles en acier et en béton à mettre en œuvre dans un immeuble de bureaux, les hypothèses suivantes ont été prises en compte :

- portée : 6 m ; entraxe : 5,40 m – calcul isostatique ;
- plancher bac collaborant type cofrastra 70 + béton ép.16 cm – poids propre : 330 daN/m² ;
- faux-plafond – 15 daN/m² ;
- revêtement de sol – 10 daN/m² ;
- surcharges – 250 daN/m² (valeur EC1) ;
- limites de flèches selon recommandations EC2 / EC3.

Les calculs de pré-dimensionnement aboutissent :

- dans le cas de l'acier, à une poutrelle IPE 330 en S355, pesant 295 kg et occupant un volume de 0,04 m³ ;
- dans le cas du béton armé, à une poutrelle R20x60 (ou R30x40) ferrillée à 1 %, pesant 1 790 kg (1 730 kg de béton et 60 kg d'armatures en acier).

Les FDES des poutrelles en béton et de la poutrelle en acier indiquent l'énergie primaire totale par annuité correspondant à l'unité fonctionnelle prise en considération. Pour mener le raisonnement, il suffit de calculer par rapport au poids indiqué ci-dessus.

Dans le cas du béton auto-plaçant, l'énergie primaire totale dépensée pour la poutrelle de 6 m de longueur est de 25,42 MJ, elle est de 21,42 MJ pour le béton XF1 C25/30 CEM II et de 63,13 MJ pour la poutrelle en acier.

Approfondissons le raisonnement en utilisant des données incontestables.

Le Plan National Santé Environnement du gouvernement (PNSE) signé en 2004 a demandé aux industriels de réaliser des Fiches de déclaration environnementale et sanitaire (plus connues sous le sigle FDES, cf. encadré 3). En prenant les chiffres des FDES béton et de la FDES acier (voir www.inies.fr), le calcul montre que l'énergie primaire totale dépensée pour la poutrelle d'un immeuble de bureaux en acier est 3 fois plus importante que pour la poutrelle en béton (cf. encadré 2).

En ce qui concerne les émissions en équivalent CO₂, le rapport est d'environ 1,5.

Enfin, si nous utilisons l'outil « Bilan Carbone™ v.4 » de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), le facteur d'émission (kg éq. C) de l'acier est trois fois supérieur à celui du béton armé (cf. encadré 4). Si nous prenons en exemple le portique d'une halle industrielle, il faut 6 à 8 fois moins d'acier que de béton, dans ce cas, le résultat s'inverse et, tourne à l'avantage de l'acier.

Nous sommes loin des chiffres 25 et 43 cités dans la presse et qui sont la conséquence d'un raisonnement hâtif.

L'approche scientifique montre une quasi équivalence de performances environnementales pour une structure complète d'un ouvrage entre l'acier et le béton.

Nous n'abordons pas ici les avantages spécifiques de la construction en acier : rapidité d'exécution des chantiers, filière sèche, faibles nuisances sonores et bien d'autres encore. Nous invitons le lecteur à évaluer l'impact positif supplémentaire dont bénéficie la solution acier, en utilisant les ouvrages suivants :

■ « Haute qualité environnementale – l'acier pour une construction responsable », disponible auprès de ConstruirAcier ;

■ « la Construction Acier participe à l'équilibre de la planète », disponible auprès du SCMF (www.scmf.com.fr) et du SNPPA (www.snppa.fr).

3 - FICHE DE DÉCLARATION ENVIRONNEMENTALE ET SANITAIRE (FDES)

Elle est établie conformément à la norme NF P01-010 de décembre 2004. Elle fournit, pour un produit de construction donné, des informations sur ses caractéristiques environnementales et sanitaires, et ceci pour toutes les phases de la vie du produit (depuis sa production jusqu'à son recyclage, en passant par le transport sur le chantier et la vie en œuvre du produit).

Dix impacts environnementaux pertinents ont été retenus parmi lesquels la consommation de ressources énergétiques, la consommation d'eau, les déchets, le changement climatique, la pollution de l'eau, la pollution de l'air...

Ces fiches contiennent des informations fiables sur les produits de construction. Elles sont regroupées dans une base de données officielle, la base Inies (www.inies.fr) gérée par le CSTB.

Pour les produits en acier, actuellement cinq FDES sont disponibles. Elles concernent :

- le bardage acier simple peau ;
- le plateau de bardage en acier ;
- le support d'étanchéité en acier ;
- la couverture acier simple peau ;
- la poutrelle en acier.

Que va-t-il se passer pendant le cycle de vie du bâtiment ?

La durée d'exploitation d'un bâtiment est longue (appelée « la vie en œuvre » dans les textes officiels), et elle est estimée à cent ans dans toutes les approches (notamment les FDES des matériaux de structure).

Pendant toute cette période, le bâtiment sera chauffé, éclairé, climatisé... Le Grenelle de l'environnement a déterminé qu'**à moyen terme, les bâtiments ne devront pas consommer plus de 50 kWh/m² par an** (contre presque 300 en moyenne aujourd'hui).

Considérons l'exemple de notre bâtiment de bureaux, et supposons que sa surface soit de 5 000 m², il consommera donc 900 000 MJ par an (cf. encadré 5). Remarquons que ce chiffre est particulièrement bas, et qu'il répond à l'objectif du gouvernement.

Pour produire et poser la structure en acier de ce même bâtiment (estimé à 250 t, cf. encadré 6), l'énergie primaire totale nécessaire (rapportée par annuité) est de 53 390 MJ.

C'est 17 fois moins que l'énergie consommée chaque année pour le chauffer et l'éclairer.

Ceci relativise grandement l'importance de l'impact du choix du matériau lors de la construction originelle.

Le véritable enjeu pour l'environnement réside donc dans la conception du bâtiment afin qu'il soit le plus économe possible en énergie lors de l'exploitation.

Certes, produire de l'acier consomme aujourd'hui un peu plus d'énergie primaire totale que le béton armé, mais les progrès de la sidérurgie réduisent chaque jour l'écart. Rappelons que la quantité d'équivalent CO₂ dégagée est similaire pour les deux matériaux.

4 - L'OUTIL BILAN CARBONE™ V4 DE L'ADEME

L'outil Bilan Carbone de l'Ademe, **dont l'objet n'est pas de conduire à des comparaisons**, permet d'effectuer des évaluations d'émissions de gaz à effet de serre, dans le cadre d'un périmètre d'activités précis.

Il permet la conversion en kg éq. C (ou t éq. C) des éléments nécessaires à la conduite de cette activité.

Dans le cas des matériaux de construction, les facteurs d'émission (permettant une conversion commune) indiqués dans la version 4 de juin 2006 de l'outil de l'Ademe sont les suivants :

- acier : 300 kg éq. C/quantité ;
- béton armé : 100 kg éq. C/quantité.

Dans le cas d'une halle industrielle de dimensions modestes, la détermination d'un portique type selon deux cas de hauteur et de portée montre que la masse du portique béton (2 poteaux + 1 poutre) est environ 7 fois la masse du même portique réalisé en acier, à partir de laminés marchands.

Cela conduit à une évaluation des émissions de CO₂, liées au seul produit, environ 2,8 fois plus faible pour l'acier que pour le béton armé.



© ConstruireAcier

Centre de traitement et de valorisation de déchets Isséane à Issy-les-Moulineaux : les bureaux ont une structure en acier (Dubosc et Landowski Architectes).

Cependant comme nous l'avons démontré, lors de la mise en œuvre, **il y a équivalence entre les solutions constructives acier et béton.**

C'est pourquoi nous avons la conviction qu'en terme de développement durable, **il est illusoire d'opposer un matériau de construction à un autre. En effet, nous aurons à utiliser l'ensemble des matériaux pour satisfaire les besoins de construction de nos concitoyens.**

Le véritable enjeu (ou défi) est donc de réduire les consommations d'énergie du bâtiment pendant toutes ses années de fonctionnement. Pour répondre aux choix architecturaux des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre, l'acier propose des solutions constructives efficaces tant pour la structure que pour l'enveloppe des bâtiments. Nous sommes à votre disposition pour vous les faire connaître et apprécier.

5 - LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PENDANT LA VIE EN ŒUVRE

Dans les différentes FDES de produits de structure, la durée de vie d'un bâtiment est de 100 ans.

La consommation d'énergie pendant la vie en œuvre d'un bâtiment prend en compte son éclairage, son chauffage, sa climatisation éventuellement...

Ces consommations sont très variables d'un bâtiment à l'autre. Elles dépendent de son isolation (et du traitement des ponts thermiques), de son orientation, des choix architecturaux avec la présence ou non d'éléments d'occultation, etc.

Pour faire un calcul simple et minimiser les consommations d'énergie, retenons la valeur déterminée par le Grenelle de l'environnement qui est de 50 kWh/m² et par an.

Pour un immeuble de bureaux de 5 000 m², une simple multiplication donne : 5 000 x 50 = 250 000 kWh par an qui exprimé en MJ font : 250 000 x 3,6 = 900 000 MJ par an soit 90 000 000 MJ, après cent ans de fonctionnement du bâtiment (en imaginant que les performances des isolants seront conservées pendant toute cette durée et qu'il n'y aura pas de transformation de l'ouvrage).

Lexique :

Énergie primaire totale (définition issue de la norme NF Po1-010) :

L'énergie primaire totale (exprimée en MJ) représente la somme de toutes les sources d'énergie qui sont directement puisées dans les réserves naturelles pour produire un élément déterminé, par exemple l'acier. Ces sources d'énergie sont le gaz naturel, le pétrole, le charbon, le minerai d'uranium, la biomasse, l'énergie hydraulique, le soleil, le vent, la géothermie.

Kg équivalent carbone :

Pour chaque gaz, on détermine le pouvoir de réchauffement global (PRG) qui mesure, pour une période donnée (100 ans), l'influence perturbatrice de ce gaz sur « le climat ». C'est une mesure des échanges radiatifs.

L'équivalent carbone (éq. C) est le pouvoir de réchauffement global (PRG) à 100 ans ramené (changement de base) au seul poids de carbone dans le CO₂. Cette grandeur se mesure en kg.

Énergie grise

Les définitions de l'énergie grise sont nombreuses et ne sont pas encadrées par une norme. Pour certains, elle est équivalente à l'énergie primaire totale, pour d'autres sources, elle ne considère que l'énergie nécessaire pour produire le matériau et ne prend pas en compte le recyclage des matériaux. **Attention à bien définir ce dont on parle.**

HQE®

La démarche Haute qualité environnementale (HQE®) offre aux acteurs de la construction une méthodologie pour les aider à choisir des dispositions et des solutions constructives visant à obtenir la qualité environnementale de l'opération. Elle comprend deux volets :

- le système de management environnemental (SME). Il permet de définir les objectifs environnementaux visés et les moyens d'organiser l'opération pour les atteindre ;
- la qualité environnementale du bâtiment (QEB).

Elle se structure autour de deux grandes familles d'impact comportant chacune 7 cibles :

- les impacts du bâtiment sur l'environnement extérieur qui concernent des enjeux globaux organisés selon deux thématiques, l'éco-construction (gestion des ressources, nuisances de chantier, etc.) et l'éco-gestion (consommation d'énergie, d'eau, entretien...);
- les impacts du bâtiment sur l'environnement intérieur qui s'organisent autour des aspects de confort (acoustique, hygrothermie, etc.) et de santé pour l'occupant (qualité de l'air, de l'eau, etc.).

Pour être certifié HQE®, un bâtiment doit être performant sur quatre cibles et très performant sur trois autres cibles.

Pour plus d'information, consulter notre ouvrage « Haute qualité environnementale - l'acier pour une construction responsable ».

Enfin n'oublions pas la fin de vie du bâtiment et sa déconstruction. L'acier est le seul matériau de structure facilement récupérable (il est magnétique), disposant d'une filière de récupération éprouvée (car c'est une véritable matière première) et indéfiniment recyclé pour produire à nouveau de l'acier. Les autres matériaux sont seulement réutilisables pour un tout autre usage que celui d'origine. L'impact environnemental est ici très favorable à l'acier.

La meilleure façon de protéger les ressources naturelles est de limiter leur consommation, en construisant des structures de faible poids, nécessitant des fondations moins importantes et en utilisant si possible des matériaux indéfiniment recyclables.

Les solutions en acier sont celles qui atteignent le mieux ces objectifs, tout en laissant aux architectes une grande liberté créative.

6 - COMPARAISON ÉNERGIE PRIMAIRE POUR LA STRUCTURE EN ACIER POUR UNE ANNUITÉ ET ÉNERGIE CONSOMMÉE PENDANT UN AN DE FONCTIONNEMENT

Pour pré-dimensionner un immeuble de bureaux de 5 000 m² (cas du bâtiment étudié dans l'encadré n°5), on peut prendre en compte 50 kg de structure en acier par m² (cette valeur n'est pas optimisée).

La structure d'un immeuble de 5 000 m² sur la base de 50 kg/m² est donc de 250 t.

En prenant en compte la valeur de l'énergie primaire citée dans la FDES poutrelle en acier et exposée dans l'encadré 2 (valeur donnée en MJ/kg par annuité), le calcul pour 250 t d'acier donne 53 390 MJ par annuité.

Ce chiffre est à comparer à celui donné dans l'encadré 5 : présentant la consommation : 900 000 MJ (soit un ratio de 6%).

En suivant les trois principales étapes de la vie d'un bâtiment, nous avons mis en évidence :

- que la construction en acier est quasi équivalente à des solutions béton lors de la création du bâtiment ;
- que la période d'exploitation du bâtiment est de très loin la plus consommatrice en énergie ;
- que la construction en acier est la plus performante lors de la déconstruction du bâtiment.

Ensemble faisons confiance aux concepteurs et aux constructeurs pour proposer des solutions performantes fondées sur l'utilisation de l'acier pour la structure, l'enveloppe et la métallerie des bâtiments neufs ainsi que pour l'adaptation des bâtiments anciens. Soyons également convaincus que l'acier, utilisé avec d'autres matériaux, est un vecteur de progrès des systèmes constructifs.

Construire **ACIER**