

5D. LE BÉTON ARMÉ OU FIBRÉ DE BAMBOU

Des études ont démontré dans les années 60 que le bambou peut être utilisé comme armature du béton. L'apport de 3% d'armatures de bambous sur une poutre béton permet de quadrupler la charge admise. Par ailleurs l'énergie nécessaire pour produire le bambou est faible comparée à celle de l'acier, ce qui confère à ce matériau naturel, le meilleur bilan énergie consommée/résistance mécanique.

Énergie nécessaire pour la production de matériaux en comparaison avec leur résistance (1981 Janssen)

Matériaux	Énergie nécessaire à la production (MJ/ m ³)	Masse volumique (kg/ m ³)	Résistance (MPa)	Rapport de l'énergie de production nécessaire sur la résistance
Béton	1 920	2 400	8	240
Acier	234 000	7 800	160	1 500
Bois	600	600	7.5	80
Bambou	300	600	10	30

Le bambou *Dendrocalamus asper* est l'un des meilleurs candidats de climat chaud testé pour réaliser des armatures béton. Il atteint 20 à 30 m de haut avec des entrenœuds de 20 à 45 cm de longueur pour un diamètre de 8 à 20 cm et une paroi épaisse de 1.1 à 3.5 cm. Il est très utilisé en construction (maisons, ponts, greniers,...) dans les communautés rurales, pour sa résistance mécanique et sa durabilité.

Toutefois, 4 conditions sont requises pour armer le béton.

La première est de n'utiliser de préférence que la partie externe de la canne, sous forme de lamelles. En effet, cette partie possède la meilleure densité de fibres et absorbe moins d'eau que la partie interne qui, elle, dispose d'une texture plus lâche et perméable. Or sur certaines espèces de bambou de climat chaud et de fortes sections la partie externe la plus résistante ne peut ne représenter que 30% de l'épaisseur du bois. Il faut aussi savoir que le bambou est à placer sur le chant ou orienté avec le creux (partie concave) vers le haut, pour ne pas bloquer la remontée des bulles d'air dans le béton. Il conviendra de bien les ligaturer pour éviter qu'ils ne se touchent lors de la coulée du béton et/ou de les maintenir (voire caler) pour qu'ils restent positionnés au bon endroit.

La 2ème condition est d'utiliser une densité d'armatures en bambou suffisante, 4 à 5 % de la section de l'élément béton (poutre, dalle, colonne, ...) étant l'optimal. Les lamelles à utiliser doivent avoir un espace entre-elles supérieur ou égal à leur largeur + 7,5 mm ou au diamètre maximal des granulats (graviers) constitutifs du béton afin de permettre leur placement libre dans le béton frais.

Une fois la question de la résistance mécanique optimisée, **le 3ème problème** à résoudre est de limiter la variabilité dimensionnelle (gonflement) des armatures de bambous en contact avec l'eau du béton ce qui laisserait inévitablement des vides de retrait au séchage. Plus le bois est sec et plus il est stable. Un séchage d'au moins 3 semaines à l'air libre des lames, suivi d'un traitement imperméabilisant (goudron, néoprène, vernis etc.) et un ratio d'eau faible dans le béton (béton auto plaçant par exemple) permet de réduire ce phénomène. Le positionnement des armatures en bambou est identique au métal et donc éloignée des bords. Une épaisseur d'enrobage de 2 cm paraît un strict minimum pour des petites pièces béton et des petites armatures afin d'éviter que le béton éclate au niveau de l'armature bambou du fait de la réhydratation du bois (cas d'un béton poreux) ou si la pièce de béton est soumise à des contraintes mécaniques ou d'érosion en bordure.

La dernière condition est de s'assurer d'une adhérence suffisante du bambou au béton pour se rapprocher au mieux des valeurs obtenues avec l'acier, qui lui possède une surface nervurée et une oxydation de surface

(rouille) augmentant l'accroche. C'est là que le bât blesse. À l'image des planches de bois qui servent de coffrage pour le coulage du béton, le bambou adhère mal au ciment d'autant que sa partie externe est naturellement cireuse. L'utilisation de lames dotées de nœuds + entrenœuds ou mieux, crénelées à façon mécaniquement, peut assurer ce meilleur ancrage. L'ajout de sable siliceux au traitement imperméabilisant, voire l'entourage des lamelles avec du fil de fer ou le recouvrement par du grillage augmente encore l'adhérence.

Mais malgré ces actions, il n'est pas possible en l'état actuel de la recherche, d'assurer la même adhérence béton/bambou que celui du duo béton/acier qui reste, d'après les essais de la littérature, 50 fois supérieur. Des pistes d'amélioration sont possibles par exemple en fabriquant des pièces bambou en forme de cadre ou de cages noyées dans le béton. Dans ce cas les pièces bambous travaillent différemment et l'adhérence obtenue est, en théorie, équivalente à celle de l'acier. Une autre solution astucieuse, encore non testée, mais d'usage dans le bâtiment pour assurer l'adhérence du PVC lisse au béton, consiste à enduire le matériau de colle et le rouler dans du sable siliceux lavé (sans fines). La colle adhère au bambou, le sable à la colle et une fois sec, le sable est ensuite pris avec la pièce dans le béton.

En conclusion, le bambou est environ 2 fois moins résistant que l'acier et 25 fois moins rigide, ce qui rend le béton armé de bambou très déformable. La plus faible résistance du bambou peut cependant être compensée en doublant le diamètre des armatures de bambou par rapport à la même armature en métal, au besoin en contre-collant 2 lamelles sur leurs faces internes. L'usage du bambou en remplacement de l'acier dans les bétons est donc possible pour des éléments bétons préfabriqués ou coulés sur site mais sous certaines conditions et avec des contraintes de construction faibles : poutres de petites portées, planchers et petits bâtiments, maisons individuelles, habitats écologiques, si on ne veut pas trop augmenter les sections des armatures de bambou et/ou les épaisseurs de béton.

Le bambou est parfois aussi utilisé pour renforcer les dalles en béton de chaux du fait de leur perméabilité qui favorise la corrosion des armatures en fer.

On peut également renforcer le béton en le fibrant avec des fibres végétales. Le béton fibré a un comportement plus homogène et des performances mécaniques meilleures que le béton seul car il assure une bonne répartition des contraintes mécaniques et de la fissuration : les fibres limitent l'apparition et surtout l'ouverture de microfissures, ce qui lui permet de continuer à supporter des charges après fissuration.

Il semble possible d'utiliser des fibres naturelles (feuille d'agave ou sisal, lin, bambou, ...) dans le béton, d'autant qu'elles ont un coût de production jusqu'à 10 fois inférieur aux fibres synthétiques. Les fibres sont réparties dans la masse pour remplacer, dans une certaine mesure et pour certains types d'ouvrages comme les bétons minces, les armatures classiques. En effet, la résistance de fibres de bambous de 0.3 à 1mm de diamètre est proche, en traction de celles de fibres métalliques de même diamètre. En 1990, M.F. BUYLE-BODIN, actuellement chercheur à l'université de Lille, a communiqué le résultat concluant de ses essais de renfort du béton par des fibres de bambous dans un article de la revue AEB bambou n°5 : les propriétés du béton de bambou sont comparables à celles obtenues avec les fibres de verre et même supérieures en compression. Les essais montrent également que la teneur optimale du béton en fibre de bambou du béton se situe à 25% en volume pour des fibres utilisées de 10 à 15 mm de long. Toutefois sur ces essais, le vieillissement du matériau n'a pas été bon, les fibres n'étant pas stables vis-à-vis de l'eau. Sur ce point le bambou n'est pas meilleur que d'autres végétaux, sachant que pour cet essai les fibres de bambous ont été produites à façon, par écrasement puis délitement manuel de chaumes (moso ?) provenant de la bamboueraie de Prafrance.

Les essais sur le bambou mériteraient d'être refaits avec des fibres sélectionnées et traitées pour limiter l'absorption d'eau et augmenter l'adhérence à la pâte de ciment, comme évoqué précédemment pour les armatures. Il est également possible, d'utiliser des fibres ou des groupes de fibres de bambous plus longues, dans une fourchette de 5 à 60 mm voire dans un autre rapport d'élançement (rapport longueur sur diamètre),

pour assurer une meilleure tenue. Dans tous les cas, un dosage élevé en superplastifiant est indispensable pour diminuer la teneur en eau et maintenir l'ouvrabilité du béton.

Par ailleurs, les fibres doivent être faciles à incorporer (dispersion rapide) pour ne pas perturber le malaxage du béton et bien se répartir dans la masse lors de leur incorporation et lors du bétonnage de l'ouvrage. Ce point ne semble pas avoir fait l'objet de tests ou de publications, pour le bambou.

Si les essais avec le bambou s'avéraient concluants, le domaine d'emploi des fibres de bambous dans le béton pourrait être celui de la fibre de verre, à savoir la réalisation d'éléments préfabriqués minces à valeur ajoutée, des éléments design, des dalles sans joints, des parements architecturaux et des façades mais avec en plus l'aspect économe en énergie ou stockage de CO2.

Une autre possibilité d'utilisation des fibres de bambou dans le bâtiment consiste à réaliser des matériaux de construction plus légers, autoporteurs à faibles contraintes mécaniques ou destinés au remplissage et à l'isolation répartie de type « briques ». Le liant n'est plus le ciment, mais la chaux aérienne qui contrôle mieux l'humidité.

La résistance mécanique des briques de béton de bambou devrait logiquement être supérieure aux produits courants (béton de chanvre), mais la valeur économique du bambou reste à prouver pour cet usage car il entre en concurrence avec le chanvre, plus isolant, plus facile à produire et disponible en France. Il en est de même pour les bétons de bois notamment utilisés pour les écrans acoustiques d'autoroutes et de réseaux ferroviaires : le bambou est concurrencé par la fibre de bois disponible en France et moins chère dans ce domaine d'application, voire plus performante acoustiquement.



*Vaisseaux de **Guadua angustifolia***