

Lavie Arsène Mango-Itulamy

mangoarsene@gmail.com

In Mango-Itulamy, L. A. (2019). Valorisation des gisements argileux pour la fabrication des blocs de terre comprimée. Thèse de Doctorat. Université de Liège, Liège. <http://hdl.handle.net/2268/234994>

1.2.4 Bloc de Terre comprimée

Le Bloc de Terre Comprimée (BTC) est une évolution de la terre moulée ou adobe. L'idée de compacter la terre afin d'améliorer sa résistance serait apparue au XVIII^e siècle. Les premiers BTC étaient alors faits par pilonnage manuel dans un moule en bois. C'est à partir des années 1950 que sont apparues les premières presses pour BTC. La Cinva-Ram fut la première presse manuelle développée en 1952 par Raul Ramirez à Bogota (Rigassi, 1995).

La production des BTC nécessite une organisation industrielle, semi industrielle ou artisanale souvent en 6 étapes, ce qui fait du BTC un matériau largement accessible.

- (1) Extraction de la terre.
- (2) Préparation de la terre : séchage, broyage, tamisage.
- (3) Mélange avec l'eau et éventuellement stabilisation.
- (4) Pressage et démoulage.
- (5) Séchage, précédé d'une cure lorsque le BTC contient un stabilisant hydraulique.
- (6) Stockage.

Les BTC sont des éléments de maçonnerie dont le type et les dimensions varient selon le moule utilisé (Fig. 5). Les dimensions les plus courantes sont 29,5 x 14 x 9 cm et 20 x 20 x 9 cm (L x l x h) et les types les plus courants sont les blocs pleins, les blocs évidés, les blocs alvéolaires et les blocs à emboîtement (Rigassi, 1995). Une maçonnerie en BTC est constituée de blocs liés par un joint de mortier. Le mortier est généralement un mélange de sable et de liant hydraulique (ciment ou chaux). Il permet en plus de lier les blocs, de transmettre les efforts entre les éléments et de les distribuer sur tous les éléments, et de contribuer à l'esthétique du bâtiment (Rigassi, 1995 ; P'Kla, 2002).

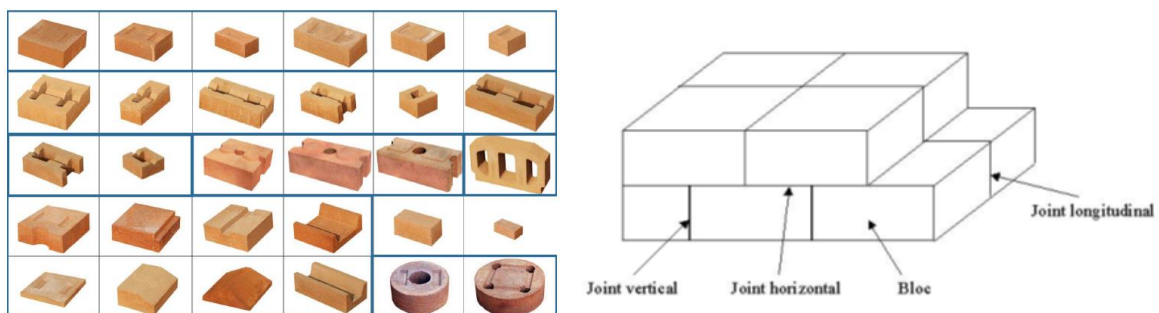


Fig. 5. À gauche, différents formats des BTC, à droite désignation des joints (P'Kla, 2002).

Les BTC peuvent être utilisés comme murs porteurs, cloisons, voûtes, arc, coupôles, fours à pain, poêles, etc. (P'Kla, 2002) tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du bâtiment. Depuis son apparition, plusieurs constructions se sont multipliées aux quatre coins de la planète (Fig. 6)



Fig. 6. Quelques réalisations en BTC. De gauche à droite : la Mosquée Al Medy à Ryad en Arabie Saoudite ; un chantier en BTC à Lubumbashi en R.D. Congo ; une maison en BTC à L'Isle-d'Abeau en France (Anger et Fontaine, 2009 ; Caritas Lubumbashi, 2011).

La comparaison des BTC par rapport à d'autres matériaux de construction a été faite par plusieurs auteurs et est résumée dans le Tableau 3.

Caractéristiques	BTC	Adobe	Pisé	Brique cuite	Bloc de béton
Aspects <i>Surface</i> <i>Esthétique</i>	Lisse Moyen à bon	Irrégulière Pauvre	Rugueuse à lisse Bon à excellent	Rugueuse à lisse Bon à excellent	Rugueuse Moyen
Performances <i>Résistance en compression (MPa)</i> <i>Dilatation thermique (%)</i> <i>Isolation thermique (W/m°C)</i> <i>Masse volumique (kg/m³)</i> <i>Durabilité</i>	1 à 4 0,02 à 0,2 0,81 à 1,04 1700-2200 Faible à très bonne	0 à 5 0,4 à 0,8 1200 à 1700 Faible	0,5 à 3 1,05 1900 Faible à très bonne	0,5 à 6 0 à 0,02 0,7 à 1,3 1400 à 2400 Faible à excellente	0,7 à 5 0,02 à 0,05 1 à 1,7 1700 à 2200 Faible à très bonne
Emploi en maçonnerie	Porteur	Porteur	Porteur	Porteur	Remplissage
Coût au m ² (euros) : exemple à Kinshasa	100 à 180*			20 à 50	20 à 35
Coût au m ² (euros) : exemple en Belgique	250 à 500		500 à 700	50 à 140	60 à 90

Tableau 3. Comparaison entre le BTC et d'autres matériaux de construction (Rigassi, 1995 ; Caritas Lubumbashi, 2011 ; Chirhalwirwa Mwilarhe, 2008 ; Moles et al. 2009 ; CRAterre et Urbaplan, 2010 ; Prix-construction, 2019).

* Ce coût est à prendre avec précaution étant donné qu'il a été calculé sur des projets réalisés par des ONG qui ne sont pas habituées à ce système constructif.

Malgré le fait que le BTC soit un matériau accessible, construire en BTC reste cher, surtout dans les pays développés, car sa mise en œuvre demande généralement plus de temps. Cependant ce temps plus élevé est souvent lié à un manque de professionnels formés à cette technique de construction. Les BTC sont en général plus lourds et demandent plus de précautions lors de la mise en œuvre s'ils ne sont pas stabilisés (chantier à l'abri des intempéries, Chirhalwirwa Mwilarhe, 2008 ; CRAterre et Urbaplan, 2010). Le prix plus élevé des matériaux en BTC par rapport aux matériaux industriels est généralement dû au fait que ces derniers bénéficient d'un marché plus important, d'une production à grande échelle, et d'automatisation des procédés de production plus importante (LOCI, 2016 ; Bolle, 2017).

Le choix du BTC dans cette étude se justifie par :

- la rapidité de production et de mise en œuvre par rapport à d'autres techniques de construction en terre crue ;
- la régularité des matériaux obtenus, ce qui facilite leur comparaison ;
- sa longue durée de vie obtenue grâce au compactage ;
- le stockage plus facile, car les blocs directement produits peuvent être empilés et ont une durée de séchage plus rapide ;
- la faible technologie nécessaire à la production ;
- l'intérêt des architectes et des populations pour ce matériau par rapport à d'autres techniques de construction en terre crue.
- la fabrication contrôlée à l'échelle industrielle qui permet également d'assurer la reproductibilité et favorisera la standardisation et une utilisation plus généralisée.

Les normes concernant l'usage des BTC trouvées dans la littérature concernent principalement la résistance à la compression. Il existe en effet depuis quelques années dans certains pays, des normes d'utilisation des BTC en construction. Ainsi, on peut citer ARS (Afrique), ASTM E2392M-10 (Amérique), NBR (Brésil), NTC 5324 (Colombie), UNE 41410 (Espagne), KS 02-1070 (Kenya), IS 1725 (Inde), NT (Tunisie), NZS (Nouvelle-Zélande), XP P13-901 (France), SLS 1382 (Sri Lanka), NMAC 147.4 (Nouveau-Mexique). Ces normes sont variables d'un pays à l'autre. La Fig. 7 illustre un exemple de cette différence basée sur la résistance en compression minimale admissible.

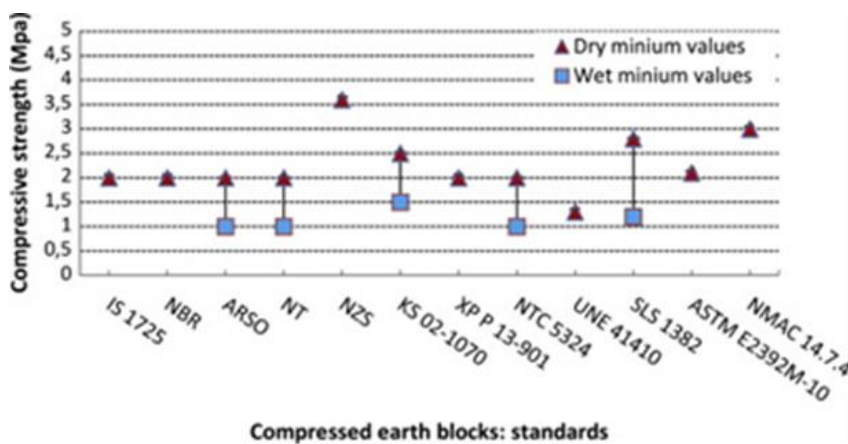


Fig. 7. Résistances à la compression minimales admises pour les BTC (Cid-Falceto et al., 2012).

La plupart de ces normes (NZS, NBR, NTC 5324) concernent les BTC stabilisés au ciment, fabriquées à l'aide d'une presse manuelle (Cid-Falceto et al. 2011). Notons également que ces normes encouragent la stabilisation au ciment et recommandent l'usage d'un enduit protecteur pour augmenter la durabilité des murs en terre (Bruce King, 2006).

Les conditions de test varient également d'une norme à l'autre. C'est pourquoi les valeurs obtenues doivent être comparées avec précaution. Seules les données avec les mêmes conditions de test (e.g., dimension des BTC, pression de mise en forme) peuvent être comparées (Bruce King, 2006). La Fig. 8 illustre le mode opératoire de détermination de la résistance à la compression des BTC selon certaines normes. Les informations obtenues dans la bibliographie témoignent d'un manque de consensus sur la méthode à utiliser pour caractériser les BTC.

Certaines normes donnent des recommandations sur la durabilité ou la résistance à la flexion des BTC et sur leur usage (Tableau 4).

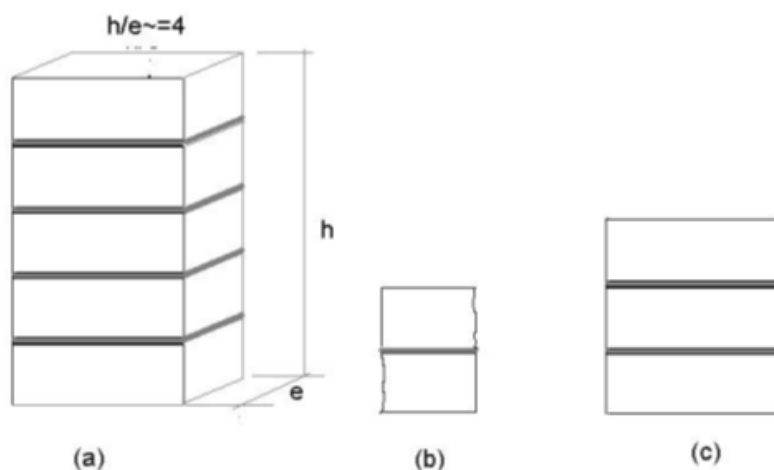


Fig. 8. Normes de détermination de la résistance à la compression. a) norme [CYT 93] Pérou, Brésil et Cuba ; b) norme Afrique ORAN [NOR 98] ; c) norme [VEN 92] Inde. Il s'agit de blocs 29,5x14x9,5 cm (Lxlxh, d'après P'kla,2002).

Région	Durabilité	Résistance à la flexion (MPa)	Résistance en compression (MPa)	Mise en œuvre
Afrique [NOR 98]			> 2 (compression 2 demi blocs, h/e = 1,3)	
USA [CID 91]	Capillarité < 4% après 7 jours ^b	> 0,34 (essai de flexion 3 points)	> 2 (compression d'un bloc entier)	Construction limitée à 2 étages, élancement h/e = 10
Pérou, Brésil, Cuba			0,2 ^a ; 2 ^b (compression simple sur maçonnerie)	
Inde [VEN 92]			2 ^{a,b} (compression 3 blocs maçonnés)	
Australie Bull. 5	Taux d'érosion < 1mm/min ^b		≥ 2 (compression sur bloc h = 1,3 à 2 fois e)	Mur extérieur ou intérieur
Nouvelle Zélande [NZS 4298]			3,5 ^b (compression d'un bloc entier)	
OIA 1970	Test d'érosion ^b		≥ 2,1	

Tableau 4. Normes propres aux BTC (P'kla, 2002 ; Jiménez et Guerrero, 2007). h = hauteur, e = épaisseur, a = non stabilisé, b = stabilisé au ciment.

D'autres normes donnent la valeur de l'épaisseur du mur en terre en fonction de la résistance à la compression (Tableau 5, données concernant la technique du pisé).

Pays	Norme	Épaisseur minimale du mur extérieur (mm)	Épaisseur minimale du mur intérieur (mm)	Résistance à la compression (MPa)
Australie	CSIRO Bull. 5 4th ed. (1995) et EBAA (2004)	200	200	0,7-1
Allemagne	Lehmbau Regein (2009)	400	400	0,3-0,5
Inde	IS : 2110 (1998)	300	200	1,4
Kirghizstan	PCH-2-87 (1998)			0,63-3,6
Nouvelle Zélande	NZS 4297-9	250		0,5
Suisse	Regein Zum Bauen mit Lehm (1994)	300		0,3-0,5
USA	14.7.4 NMAC (2006)	457	305	1,725-2,07
Zimbabwe	SAZS 724 (2001)	300		1,5 -2

Tableau 5. Normes concernant l'épaisseur du mur en fonction des résistances à la compression pour le pisé (TotalBoox et TBX, 2012).