

Étude qualitative des parpaings les plus utilisés dans la construction des bâtiments à Abidjan

**Ibrahima BAKAYOKO, Mamery Adama SERIFOU*, Conand Honoré KOUAKOU
et Edjikémé EMERUWA**

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire de Géomatériaux et Technologie de l'Habitat, 01 BPV 34 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

* Correspondance, courriel : smadamsdedjen@yahoo.fr

Résumé

Cette étude a pour but de mettre en évidence la qualité des parpaings fabriqués et utilisés couramment dans la construction à Abidjan. Dix parpaings creux et pleins ont été collectés chez cinq (5) fabricants formels (FF) et cinq (5) fabricants informels (FI) et testés. Plusieurs propriétés ont été mesurées notamment les caractéristiques d'aspect, de géométries, physiques (masse volumique et porosité) et mécaniques (résistance à la compression). Les résultats montrent que la quasi-totalité des parpaings à Abidjan ont des qualités insuffisantes par rapport aux exigences techniques. Seulement 5 % des parpaings respectent l'ensemble des critères de performance technique. Les parpaings des FI présentent de très mauvaises caractéristiques à savoir 100 % pour les exigences d'aspect de surface, la masse volumique, la porosité et la résistance mécanique. Certes, les parpaings de FF ont des qualités meilleures que les précédents, cependant ils souffrent également de beaucoup de défaillance. Les produits de FF sont non conformes à 40 % pour l'exigence géométrique, 20 % pour la présence de fissures, 90 % pour la porosité et à 70 % pour la résistance mécanique. Il ressort de ces analyses que seulement 15 % de l'ensemble des parpaings contrôlés respectent la résistance mécanique. Les défaillances décelées justifient l'apparition précoce de pathologies et la vulnérabilité structurelle du parc immobilier d'Abidjan, phénomènes devenus une inquiétude nationale suite à la chute de plusieurs bâtiments.

Mots-clés : *parpaings, Abidjan, caractéristique, géométrique, physique, mécanique, pathologie.*

Abstract

Qualitative study of most blocks used in the construction of buildings in Abidjan

This study aims to highlight the quality of the blocks used and commonly used in construction in Abidjan. Ten hollow and solid blocks were made and collected from five (5) formal manufacturers (FF) and five (5) informal manufacturers (FI) and tested. Several properties were measured including characteristics of appearance, geometry, physical (density and porosity) and mechanical (compressive strength). These results show that almost all the breeze blocks in Abidjan have insufficient qualities compared to the technical requirements. Only 5 % of the blocks meet all the technical performance criteria. FI breeze blocks have very poor characteristics, namely 100 % for surface appearance requirements, density, porosity and mechanical strength. Admittedly, the blocks of FF have better qualities than the previous ones, however they also suffer

from a lot of failure. FF products are 40 % non-compliant for the geometrical requirement, 20 % for the presence of cracks, 90 % for porosity and 70 % for mechanical strength. These analyzes show that only 15 % of all the checked blocks respect the mechanical resistance standard. The deficiencies identified justify the early onset of pathologies and the structural vulnerability of the Abidjan housing stock, phenomena that became a national concern following the fall of several buildings.

Keywords : *concrete blocks, Abidjan, characteristic, geometric, physics, mechanics, pathology.*

1. Introduction

Un bâtiment au sens commun est une construction immobilière, réalisée par intervention humaine, destinée d'une part à servir d'abri, c'est-à-dire à protéger des intempéries des personnes, des biens et des activités, d'autre part à manifester leur permanence comme fonction sociale, politique ou culturelle. Un bâtiment est un ouvrage d'un seul tenant composé de corps de bâtiments couvrant des espaces habitables lorsqu'il est d'une taille importante [1]. De plus, la population mondiale connaît un développement démographique exponentiel, elle devrait représenter plus de 9 milliards de personnes en 2050 [2]. Ce développement se traduira forcément par des besoins immenses en logement et en infrastructures. Les pays en voie de développement sont plus touchés par cette problématique. De plus, l'ambition du gouvernement ivoirien est de faire de la Côte d'Ivoire un pays émergent à l'horizon 2020. Cette émergence ne peut se faire sans le développement des infrastructures de qualité durable et respectueuse de l'environnement. A cet effet, le secteur du Bâtiment et Travaux Publics (BTP) en Côte d'Ivoire est en pleine mutation et a connu un véritable boom ces dernières années, malgré la crise financière. Cette dynamique de croissance s'est malheureusement accompagnée d'une série de sinistres et d'effondrements d'immeubles. Il a été établi que les responsabilités de ces sinistres incombent à toute la chaîne de prestataires évoluant dans le secteur. Ainsi, les réalisateurs se voient reprochés le non-respect des normes de qualité, ainsi que la non fiabilité des ouvrages. Chez les fournisseurs, la livraison des matériaux bas de gamme, la pratique de prix élevés, et le non-respect des engagements sont le plus souvent soulignés.

Pour les clients, il est noté un "comportement informel" vis-à-vis des autres opérateurs de la construction, favorisant les non professionnels, une pratique aveugle du moins disant, le non-respect des engagements financiers, l'immixtion dans la conception et la réalisation des ouvrages, les préjugés négatifs sur les prestations et sur les entrepreneurs. Cependant, face à ces difficultés citées plus haut, il faut ajouter l'émergence de matériaux tel que le parpaing sable ciment et le béton jugés plus résistants et qualifiés de matériaux "durs", les fers à béton; malgré toutes ces présences nous assistons à l'émergence de l'effondrement des bâtiments à Abidjan. Cette chute de bâtiment est devenue récurrente et inquiétante à l'échelle nationale, a conduit le Laboratoire de Géomatériaux et Technologie de l'Habitat à mener une vaste campagne de contrôle de la qualité des matériaux couramment utilisés pour la construction du parc immobilier Abidjanais. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail qui vise à mettre en évidence la qualité des parpaings, encore appelés agglomérés de béton ou blocs de béton, fabriqués dans cette capitale économique de la Côte d'Ivoire. Ainsi, dans la quête d'une ébauche de solution à cet épineux problème, une recherche d'éventuelles défaillances de ces éléments pouvant entacher la qualité ou la durabilité des bâtiments, nous conduit à une étude qualitative des propriétés des parpaings de 10 fabricants à Abidjan. A cet effet, l'aspect de surface, les dimensions (longueur, largeur et hauteur), la masse volumique, la porosité accessible à l'eau et la résistance à la compression ont été déterminés pour chacun des parpaings des 10 fabricants.

2. Matériel et méthodes

2-1. Produits

2-1-1. Parpaings

Cette étude a porté sur les parpaings de 2 types de fabricants : les fabricants désignés « formels » (FF), constitués en sociétés et les autres désignés « informels » (FI) qui sont des fabricants exerçant cette activité de manière informelle. Dix (10) fabricants, en raison de 5 FI et 5 FF ont été sélectionnés. Les cinq fabricants informels sont désignés dans cette étude de F1 à F5 et de FF1 à FF5 pour les formels. La **Figure 1** montre les types courants de parpaing.

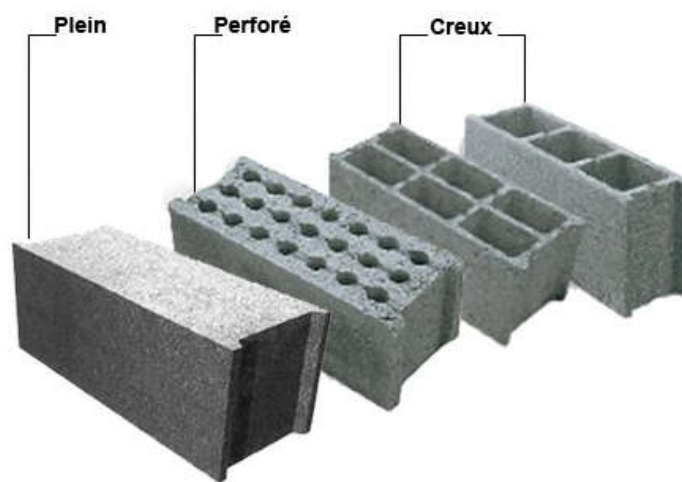


Figure 1 : Les types courants de parpaing

Les parpaings de 15 cm de largeur, pleins, creux et souvent perforés, étant les plus utilisés à Abidjan, ont fait l'objet de caractérisation. Ils sont aussi bien utilisés dans les constructions où ils sont soumis à des exigences structurelles que dans celles où ils servent simplement d'éléments de remplissage. Ils sont de classe D1, ce qui signifie qu'ils sont à maçonner et enduire. Vingt (20) de ces parpaings (10 creux et 10 pleins) ont été prélevés de façon aléatoire chez chaque fabricant. Les dimensions (longueur, largeur et hauteur), l'aspect de surface, la masse volumique apparente, la porosité accessible à l'eau et la résistance à la compression ont été déterminés.

2-2. Méthodes de caractérisation des produits

Les parpaings ont été soumis à des essais de caractérisation mécanique et physique. Ainsi, la détermination de la masse volumique et de la porosité accessible à l'air pour la caractérisation physique et la résistance à la compression a été déterminée pour la caractérisation mécanique. Cependant, les caractéristiques géométriques ont fait l'objet d'une première étude. L'étude de caractérisation de ces parpaings a été menée essentiellement selon la norme [3], visant à déterminer les caractéristiques d'aspect, géométriques, physiques, et mécaniques.

2-2-1. Caractéristiques d'aspect

L'aspect de surface a été contrôlé de façon visuelle conformément à la norme [3]. Des défauts tels que les fissures, déformations et épaufrures susceptibles de nuire à la performance mécanique des parpaings ont été recherchés.



Figure 2 : Parpaing fissuré

2-2-2. Caractéristiques géométriques

La détermination des caractéristiques géométriques a consisté à mesurer les dimensions comme la longueur, la largeur et la hauteur. Cette mesure a été réalisée avec un mètre ruban comme l'indique la **Figure 3**.



Figure 3 : Mesurage des dimensions des parpaings

2-2-3. Caractéristiques physiques

Les masses volumiques et porosités accessibles à l'eau des bétons constitutifs des parpaings ont été déterminées par porosimétrie à l'eau selon le protocole de [4] sur des morceaux de parpaings ayant servi à l'essai de compression. La masse volumique ρ et la porosité accessible à l'eau η s'écrivent par la **Formule** :

$$\rho = \frac{M_{\text{sec}}}{M_{\text{air}} - M_{\text{eau}}} \quad (1)$$

ρ étant la masse volumique apparente exprimé en kg/m^3 , M_{air} masse du corps d'épreuve imbibé pesé dans l'air en kg, M_{sec} masse du corps d'épreuve sec pesé dans l'air en kg, M_{eau} masse du corps d'épreuve immergé dans l'eau en kg.

$$\eta = \frac{M_{\text{air}} - M_{\text{sec}}}{M_{\text{air}} - M_{\text{eau}}} \times 100 \quad (2)$$

η porosité accessible à l'eau, M_{air} masse du corps d'épreuve imbibé pesé dans l'air en kg, M_{sec} masse du corps d'épreuve sec pesé dans l'air en kg, M_{eau} masse du corps d'épreuve immergé dans l'eau en kg. Les échantillons ont été séchés à 105°C dans une étuve (**Figure 4a**) et La pesée se fait à l'aide d'une balance de précision 0.01 g près (**Figure 4b**).

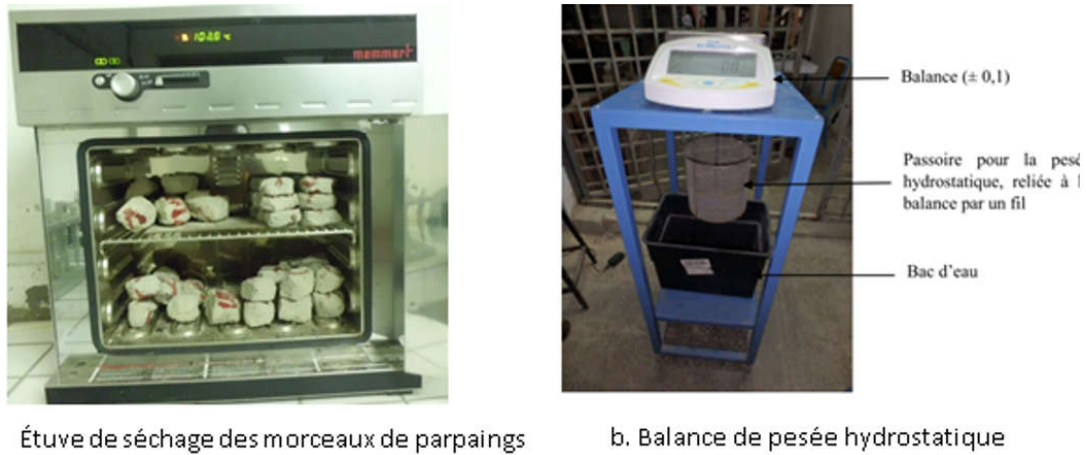


Figure 4 : Matériel de détermination de la masse volumique et de la porosité

2-2-4. Caractéristiques mécaniques

Les essais de résistance à la compression ont été réalisés. Ils ont été effectués selon la norme [5] avec une presse de compression universelle. La résistance à la compression s'écrit :

$$R_b = \frac{F_b}{S_n} \times 10 \tag{3}$$

R_b résistance à la compression en MPa, F_b charge maximale de rupture s'exprime en KN, S_n section nette du bloc en cm^2 .



Figure 5 : Essai de résistance à la compression sur les parpaings

3. Résultats et discussion

3-1. Aspect de surface

L'aspect physique ou surfacique des parpaings a été vérifié comme prescrit par la norme. Ainsi, chaque parpaing a fait l'objet de contrôle pour une mise en évidence des défauts suivants: fissure, déformation et

épaufrement. Cette inspection visuelle, a pour objectif de rechercher les défauts susceptibles de nuire à la performance mécanique des parpaings. De plus, elle prescrit que tous les éléments affectés par ces défauts doivent être systématiquement rejetés. Les résultats de l'inspection visant à déterminer ces défauts sur les parpaings sont résumés dans le **Tableau 1** avec « oui » pour présence du défaut recherché et « non » pour son absence.

Tableau 1 : Aspect de surface des parpaings

Fabricants	Type de Blocs	Fissure	Déformation	Épaufrement
FI1	Creux	non	oui	oui
	Plein	non	oui	oui
FI2	Creux	non	oui	oui
	Plein	non	oui	oui
FI3	Creux	non	oui	oui
	Plein	non	oui	oui
FI4	Creux	non	oui	oui
	Plein	non	oui	oui
FI5	Creux	non	oui	oui
	Plein	non	oui	oui
FF1	Perforé	non	non	non
	Plein	non	non	non
FF2	Perforé	non	non	non
	Plein	non	non	non
FF3	Creux	oui	non	non
	Plein	non	non	non
FF4	Perforé	non	non	non
	Plein	non	non	non
FF5	Creux	oui	non	non
	Plein	non	non	non

A travers le **Tableau**, on observe les défauts d'aspects comme les fissures, déformations et les épaufrements. Pour les fissures, seul deux (2) fabricants formels sur cinq (5) présentent cette pathologie qui n'existe pas chez les fabricants informels. Elle n'est visible que sur les blocs creux du FF3 et FF5. Cependant, les deux autres pathologies à savoir les déformations et épaufrements absents chez tous les fabricants formels se retrouvent les défauts d'aspects majeurs chez tous les fabricants informels et sur les deux types de blocs. En terme de proportion, il ressort que 100 % des FI contre 20 % des FF présentent des défauts d'aspects. Ainsi, ces défaillances constituent des facteurs de vulnérabilité des blocs et de leur assemblage (les murs). Les fissures et les épaufrements peuvent être des points de faiblesse mécanique et les déformations, des sources de contraintes de cisaillement inadmissibles dans les murs, avec pour corollaire, l'apparition de pathologies précoces dans les bâtiments. Entre autres, elles nuisent surtout à la résistance mécanique des parpaings.

3-2. Caractéristiques géométriques

Les dimensions moyennes obtenues par fabricant pour chaque type de parpaing (creux et plein) sont consignées dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Caractéristiques dimensionnelles des parpaings

Fabricants	Type de Blocs	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)
F11	Creux	40,4	14,8	19,3
	Plein	40,5	14,6	19,4
F12	Creux	40,0	15,0	19,6
	Pleins	40,0	15,0	19,2
F13	Creux	38	15,0	19,5
	Plein	40,0	15,0	19,2
F14	Creux	40,0	15,0	19,3
	Pleins	40,2	15,0	19,1
F15	Creux	40,0	15,0	19,5
	Pleins	40,0	15,0	19,6
FF1	Creux	40,5	15,0	20,0
	Plein	40,5	15,0	20,0
FF2	Creux	40,0	15,0	20,0
	Plein	40,0	15,0	20,0
FF3	Creux	40,0	15,0	19,0
	Plein	40,0	15,5	19,0
FF4	Creux	39,0	15,0	19,3
	Pleins	39,0	15,0	19,3
FF5	Creux	49,6	15,0	19,7
	Pleins	49,7	15,0	19,8

Pour les parpaings collectés, les dimensions nominales de coordination courantes pour l'ensemble des fabricants sont : longueur = 40 cm, largeur = 15 cm et hauteur = 20 cm ; seule la longueur des produits du FF5 pourrait être référencée à 50 cm [6]. Les résultats concernant les caractéristiques géométriques sont mitigés. En effet, la norme [3] prescrit, pour les blocs de classe D1, des tolérances de -5 à +3 mm entre dimensions de fabrication et dimensions de coordination modulaire pour tous les côtés des parpaings. On constate que 60 % des parpaings fabriqués par les F1 et 40 % de ceux fabriqués par les FF soit un total de 50 % de tous les blocs caractérisés, ne sont pas conformes à cette exigence. Pourtant, la garantie du respect des dimensions de coordination modulaire et des dimensions de fabrication, dans les tolérances dimensionnelles, facilite la pose et assure la régularité des maçonneries avant enduit. Cette prescription est donc tout à fait importante. D'ailleurs, les bâtiments se composent en règle générale d'un grand nombre de pièces individuelles, mises en place à des moments différents, et produites et montées par divers fabricants ; c'est pourquoi des règles géométriques constantes sont nécessaires pour assurer, la réalisation d'une construction globale sans défaut [7]. Par ailleurs, le F15 et le FF2 sont les seuls à respecter les exigences dimensionnelles. Cependant, la standardisation géométrique des parpaings pourrait permettre d'utiliser des produits de plusieurs fabricants pour un même mur, si nécessaire, sans risque lié à ces paramètres. Les risques majeurs sont essentiellement d'ordre mécanique dus à une transmission non uniforme des charges dans les murs. Et ceci entraîne généralement un tassement différentiel, cause des fissures graves dans les bâtiments.

3-3. Masse volumique et porosité accessible à l'eau des bétons constitutifs des parpaings

Les valeurs de masse volumique et de porosité accessible à l'eau sont présentées par les *Figures 6 et 7*.

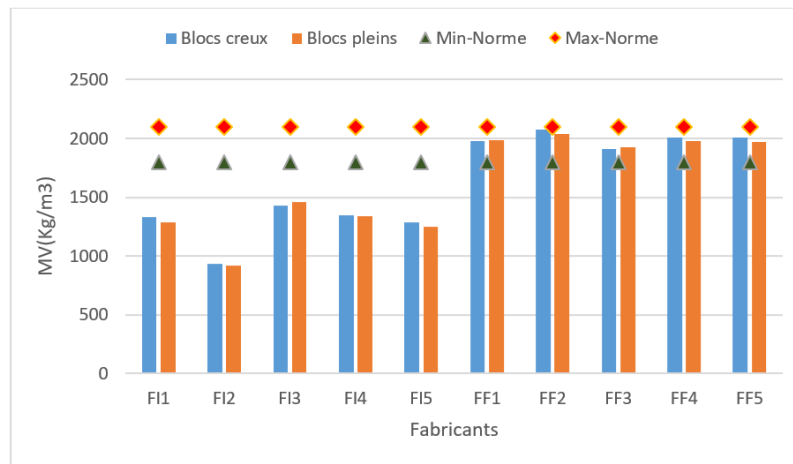


Figure 6 : Masse volumique des blocs

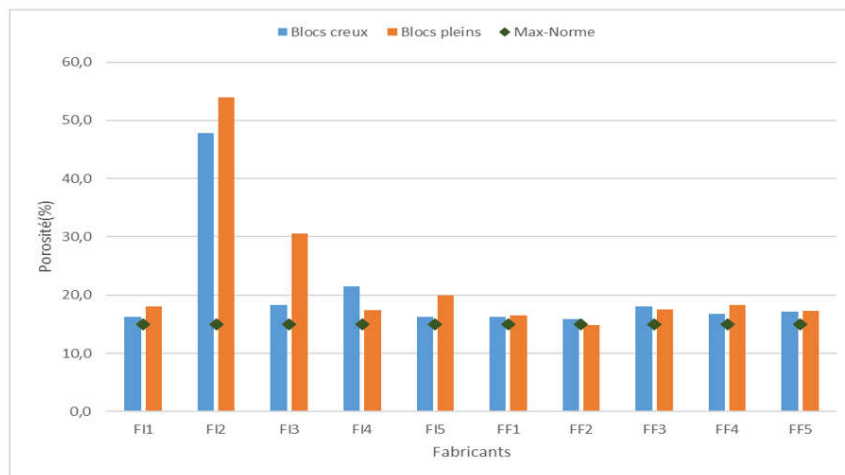


Figure 7 : Porosité moyenne accessible à l'eau des blocs

A l'observation des **Figures 6 et 7**, de façon générale la masse volumique des parpaings creux est supérieure à celle des pleins tandis que la porosité est inférieure pour les FI. Cependant, pour les FF la porosité des pleins est inférieure à celle des creux. Ainsi, la masse volumique et la porosité évoluent inversement. On note aussi sur la **Figure 6** que 100 % des parpaings des FI ont des masses volumiques inférieures au minimum de 1800 kg/m³ préconisé. Par contre, seul le FI3 dans le groupe des fabricants informels respecte les masses volumiques des bétons de granulats légers et du sable alluvionnaire qui varient de 1410 à 1640 kg / m³ [8]. Quant aux FF, l'ensemble de leurs blocs présente des valeurs de masse volumique se situant dans l'intervalle de 1800 à 2100 kg/m³ prescrit pour les bétons de parpaings par la fiche n° 391 du Centre d'Étude et de Recherches de l'Industrie de Béton (CERIB) [9]. Ici encore, des différences nettes apparaissent entre FI et FF. On remarque aussi avec la **Figure 7** que 90 % des parpaings ont une porosité supérieure à la valeur limite de 15 % recommandée par [10]. Cette insuffisance qualitative de masse volumique et de porosité réduit la solidité mécanique et la durabilité des blocs. Toutefois, les faibles masses volumiques observées chez les FI peuvent être expliquées par le mode de fabrication des parpaings et aussi la matière première. En effet, on constate dans la littérature que la compaction est un élément important dans la densification des matériaux. Ainsi, les auteurs comme [11, 12] soulignent qu'une pression de compactage élevée, entraîne une diminution de la porosité. La diminution de la porosité entraîne à son tour une densification et donc une augmentation de la masse volumique. Ce qui signifie que la porosité et la masse

volumique évoluent effectivement en sens inverse exactement comme nous l’avons observé. Les faibles masses volumiques des blocs des FI seraient donc dues à la quasi-inexistence de compaction de ces parpaings. De plus, cette insuffisance de ces caractéristiques physiques réduit la solidité mécanique et la durabilité des blocs. Ce qui se traduit d’une part, par des pathologies comme des microfissures et fissures et d’autres parts, par la présence de microorganismes sur les murs [13].

3-4. Résistance à la compression

Les résultats de l’essai de résistance à la compression sont présentés à la **Figure 8**. A l’observation de cette **Figure**, on constate que les valeurs obtenues sont pour la plupart nettement inférieures aux valeurs minimales de tolérance qui sont de 4 MPa pour les blocs creux et 8 MPa pour les pleins [14, 15]. Aussi, on remarque une différence énorme entre les fabricants formels et informels à travers les résultats. Les FI ont les résistances les plus faibles qui n’atteignent pas pour la plupart les 1 MPa aussi bien pour les blocs creux que pleins. En ce qui concerne les fabricants formels, un seul (FF2) atteint les minimums exigés aussi bien pour les blocs creux que pleins. Aussi, le (FF5) est légèrement en dessous du minimum pour les parpaings creux (3,59 MPa) et très au-dessus pour les pleins (11,85 MPa). Il présente la résistance la plus élevée des parpaings pleins. Cependant, les valeurs de résistances très faibles pourraient être liées à la formulation et à la mise en œuvre des parpaings. Ainsi, la compacité expérimentale dépend non seulement du matériau, mais également des techniques de mélange, de placement ou de compactage [16]. Il ressort de cette analyse mécanique que 100 % des parpaings des FI ont des résistances inférieures à la valeur minimale prescrite. De même, 80 % des parpaings creux et 60 % des pleins des FF ne sont pas conformes à cette exigence. Ces valeurs médiocres de résistances à la compression pourraient incontestablement avoir un impact négatif sur les performances mécaniques des bâtiments où ces parpaings sont utilisés comme élément porteur. Il est donc fort probable, que les parpaings utilisés dans bon nombre de constructions dans la capitale économique ivoirienne soient de mauvaise qualité.

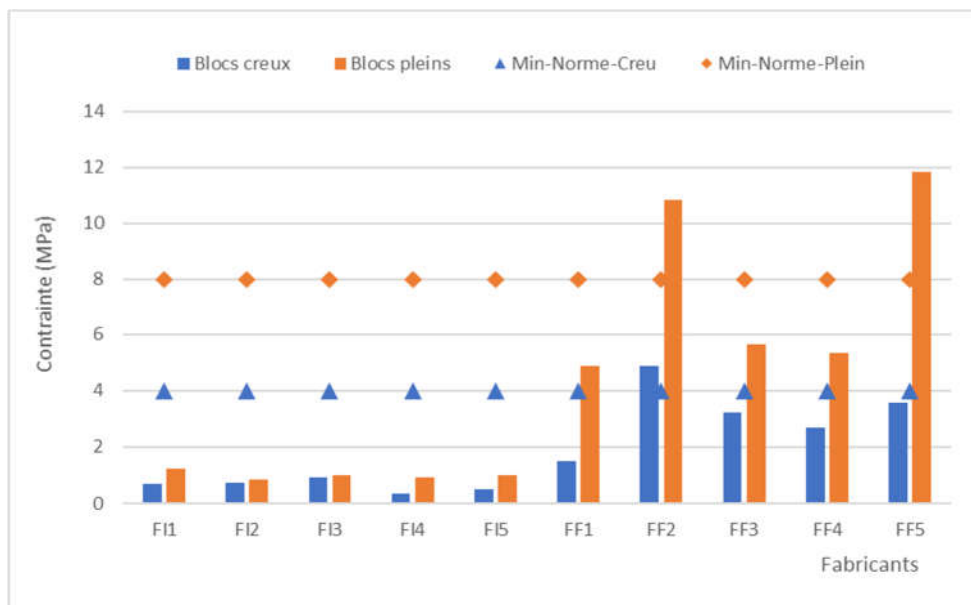


Figure 8 : Résistances à la compression et limites de la norme

4. Conclusion

Suite à nos travaux de recherche, nous pouvons conclure que :

- Les essais de caractérisation physiques et mécaniques effectués sur les parpaings montrent une différence hors tolérance entre les produits des fabricants.
- L'ensemble des produits des FI présentent des défauts d'aspect de surface et uniquement les produit de type creux des FF présentent des fissures.
- En ce qui concerne les masses volumiques des parpaings de quatre fabricants informels sur cinq sont en dessous du minimum préconisé tandis que tous les produits des fabricants formels respectent l'intervalle préconisé.
- Pour les propriétés mécaniques, les résultats des essais de résistance à la compression sont très faibles pour tous les fabricants informels. Par contre, pour les fabricants formels un seul (FF2) présente des valeurs qui respectent les minimums. Et, les trois autres (FF1, FF3 et FF4) ont des valeurs supérieures à celle de tous les fabricants informels mais qui ne respectent pas le minimum. Par contre, le FF5 a pour les creux une résistance légèrement en dessous du minimum et pour les pleins une résistance supérieure au minimum.

Via ce travail de recherche, la conjugaison de cet ensemble de défaillance géométrique, physique et mécanique pourrait entraîner de manière précoce, l'apparition de fissures sur les murs, des défaillances d'isolation phonique, thermique et une augmentation de la perméabilité des maçonneries, des facteurs pouvant rendre les bâtiments impropres à leur destination.

Références

- [1] - K. AMAR, Notions sur le bâtiment, cours en ligne, Licence Génie Civil—Option : Construction Bâtiment, <https://www.univ-chlef.dz/fgca/chapitre1.pdf>, (2019)
- [2] - D. ABDELJEBBAR, K. NACER, A. T. MOHAMMED, A. B. LAHCEN, B. LAHCEN, Congrès International Matériaux et Stabilité Structurelle, Rabat, Maroc, (2013) 9 p.
- [3] - NF EN 771-3+A1, Spécification pour éléments de maçonnerie – Partie 3 : éléments de maçonnerie en béton de granulats (granulats courants et légers), (2015)
- [4] - AFPC-AFREM, Compte rendu des journées techniques : Durabilité des bétons : méthodes recommandées pour la mesure des grandeurs associées à la durabilité. Toulouse, Octobre, (1997) 11 - 12 p.
- [5] - NF EN 772-1, Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie - Partie 1 : détermination de la résistance à la compression, (2011)
- [6] - G. KARSENTY, La fabrication du bâtiment : Le gros œuvre. Edition Eyrolles, (2005) 285 p.
- [7] - T. HERZOG, R. KRIPPNER et W. LANG, Construire des façades ; éditions Presses Polytechniques et Universitaire Romandes, (2007) 47 - 50
- [8] - L. H. NGUYEN, Bétons de structure à propriétés d'isolation thermique améliorées : Approche expérimentale et modélisation numérique. Thèse de doctorat de l'Université de CERGY-PONTOIS, (2013) 77 p.
- [9] - D. DUBAN et S. POUDEVIGNE, Mesure de la masse volumique apparente sèche des blocs et de la masse volumique du béton des blocs. Fiche technique, N°391 du CERIB, (2007)
- [10] - L. COURARD, Constructions : Matériaux et Pathologies. Document pédagogique, Université de Liège, Belgique, (2011) 208 p.
- [11] - P. MEUKAM, Valorisation des briques de terre stabilisées en vue de l'isolation thermique des bâtiments ; Thèse de doctorat ; université Cergy-Pontoise (France) et de l'université de Yaoundé I (Cameroun), (2004) 01 - 23 p.

- [12] - T. T. NGUYEN, Contribution à l'étude de la formulation et du procédé de fabrication d'éléments de construction en béton de chanvre ; Thèse de doctorat en génie civil ; université de Bretagne Sud, France, (2010) 167 p.
- [13] - P. PHILIPPARIÉ, La pathologie des façades : Diagnostic, réparations et prévention. Editions CSTB et AQC, (2011) 174 p.
- [14] - D. MONTHARRY et M. PLATZER, La technique du bâtiment : Tous les corps d'état. Edition Le Moniteur, ISBN 978-2-281-11446-1, (2006) 105 p.
- [15] - D. MONTHARRY et M. PLATZER, La technique du bâtiment, Tous corps d'état, Editions Le Moniteur, (2006) 119
- [16] - T. SEDRAN, Rhéologie et rhéométrie des bétons : Application à la formulation des bétons autonivelants », Thèse de Doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, France, Mars, (1999) 1 - 77 p.