

VERS UNE MEILLEURE CONNAISSANCE DE LA BRIQUE SILICO-CALCAIRE (DE L'ELEMENT DECORATIF A L'ELEMENT PORTEUR)

H. KHELAFI

Maître de Conférences, Institut de génie civil, USTOran

A. MOKHTARI

Maître de conférences, Institut de génie civil, USTOran

L. KARA MOHAMED

Ingénieur d'état en Génie Civil, USTOran

RESUME

La brique silico-calcaire (BSC) représente, plus que tout autre type de brique, le matériau de toutes les utilisations. Son utilisation est, cependant, limitée au simple habillage des constructions légères et ossaturées.

Nous présentons dans cet article une contribution à la revalorisation de ce nouveau matériau. On tend à lui faire retrouver les usages traditionnels des pierres, c'est-à-dire à l'utiliser sous formes d'éléments principaux constituants des murs porteurs. La présente étude met en évidence le grand nombre d'avantages que présente la BSC et le grand nombre de paramètres dont dépend la qualité finale du produit. Elle permet également une meilleure connaissance des méthodes de production de la brique ainsi que celles des différentes utilisations.

Mots clés : Silice • Chaux • Autoclave • Silicate • Résistance • Élément Porteur •

Les propriétés intrinsèques des produits : résistances mécanique et chimique, résistance au gel, isolations thermique et phonique... ont été améliorées. D'autre part, de nombreux produits de caractéristiques répondant à des exigences nouvelles, ont été créés. Ainsi, s'est développé un nouveau type de briques dites "Briques Silico-Calcaires (BSC)" à base de sable et de chaux.

Si actuellement, le béton armé et le métal jouissent d'un grand intérêt, la maçonnerie constitue encore une des "pierres angulaires" de l'art de bâtir. La BSC, pouvant être l'élément principal de cette maçonnerie, mérite à ce point de vue de faire l'objet d'études et de recherches.

La nécessité de connaître les propriétés de ces briques pour leur permettre des utilisations de plus en plus importantes, et d'en assurer la fiabilité, exige une présentation détaillée du matériau. C'est à quoi répond le présent travail, qui n'a d'autres prétentions que de servir d'introduction à une meilleure compréhension dans le domaine des produits silico-calcaires.

Actuellement en Algérie, le coût de la construction est quatre fois plus élevé que celui de l'année 1986; en effet, un logement de type F3 (économique) coûtait à l'époque 230.000.00 DA au lieu de 910.000.00 DA en 1994 [1].

Les coûts du ciment et de l'acier ainsi que ceux des transports de matériaux entraînent une augmentation sensible du prix de revient dans la construction. Les surcoûts, provenant d'une part de la crise de ces produits d'importation et d'autre part de l'inflation du dinar, sont à l'origine d'une

1 INTRODUCTION

L'industrie des briques, l'une des plus anciennes activités humaines, a considérablement évolué depuis une vingtaine d'années. De nouveaux moyens plus puissants d'investigation ont amené une meilleure connaissance des propriétés physico-chimiques des matières premières et de leur comportement avec le temps, ce qui a permis de mieux contrôler les techniques d'élaboration des produits classiques à base de compositions silicatées.

récession dans le bâtiment. Les travailleurs aux salaires modestes sont bien loin de pouvoir réaliser les maisons simples dont ils rêvent, et ils ne sont pas seuls, les cadres moyens et supérieurs ne peuvent prétendre à beaucoup mieux.

Pour traverser la crise sans heurts et satisfaire les besoins en habitat à moindre coût, et pour permettre à la majorité des bourses d'accéder au logement, plusieurs solutions ont été proposées. C'est ainsi que beaucoup de pays en voie de développement se sont tracé l'objectif suivant : construire avec des matériaux locaux très peu coûteux et disponibles en très grande quantité. Aussi, dans la plupart d'entre eux, des expériences ont été menées en vue de mettre au point des matériaux de construction très économiques. C'est ainsi qu'on a commencé à s'intéresser à des produits tels que le béton de terre stabilisé, le plâtre, la pierre, la chaux et la pouzzolane.

Notre pays qui a lancé, depuis plusieurs années, un vaste plan de développement dans tous les secteurs socio-économiques s'est vite trouvé confronté au problème d'urbanisation des villes connaissant la poussée démographique et l'exode rurale. Qui dit urbanisation, dit construction de logements, d'édifices publics, à court terme. Conséquence : insuffisance de matériaux en grande partie importés. Face à cette situation de manque, dont les effets immédiats sont les arrêts fréquents des chantiers, des investigations ont été menées en vue de fabriquer des matériaux capables de concurrencer les matériaux dits traditionnels.

La brique silico-calcaire en est un, c'est un produit qui a déjà fait ses preuves dans beaucoup de pays du monde mais qui reste toujours insuffisamment connu en Algérie.

Ce matériau est utilisé depuis cent ans en Allemagne et en Angleterre et depuis trente ans dans les pays du golf, notamment au Koweït qui possède la plus grande unité de production des briques silico-calcaires.

2 PRESENTATION DU MATERIAU

Les matériaux silico-calcaires sont obtenus par mélange soigneusement dosé de chaux et de silice, broyé puis moulé par compression et traité à la vapeur dans un autoclave.

Ce matériau se présente sous la forme de briques aux surfaces lisses, à l'aspect blanchâtre et aux arêtes bien marquées.

Cinq formats sont actuellement disponibles en Algérie :

- La DF, dont le module en mm est de 240x 115x52 (L x l x h).
- La NF, dont le module en mm est de 240 x 115 x 71.
- La 2 DF, dont le module en mm est de 240x115x 113.

- La 3 DF, dont le module en mm est de 240x175x 113.
- La 3 DFA, dont le module en mm est de 240x175x 150.

D'autres dimensions pourraient être proposées et produites si le matériau trouvait son succès dans le bâtiment. Des éléments spéciaux seraient également très utiles pour la conception de l'appareillage par l'architecte et faciliteraient grandement la réalisation sur chantier.

Cette gamme complète existe déjà dans les pays producteurs de BSC notamment en Allemagne où la norme DIN 4172 [4] indique les dimensions pour la longueur, la largeur et la hauteur des différentes briques; elles sont résumées dans le tableau 1 suivant :

Format	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)
1DF	240	115	52
NF	240	115	71
2DF	240	115	113
3DF	240	175	113
4DF	240	240	113
5DF	300	240	113
6DF	365	240	113
8DF	240	240	238
10DF	300	240	238
12DF	365	240	238
15DF	365	300	238
16DF	490	240	238
20DF	490	300	238

Tableau 1 : Différents formats de BSC.

3 EXIGENCES POSEES AUX MATIERES PREMIERES

Dans la fabrication des briques silico-calcaires, le sable sert de granulats actifs et la chaux de liant. Du point de vue quantitatif, le sable (89 à 91 % en poids) et la chaux (89 à 91 % en poids) prennent la première place et forment en quelque sorte le squelette (matière de base de ces matériaux de construction). Il est également possible d'ajouter des matières secondaires en vue d'améliorer certaines caractéristiques telle que la couleur. L'eau (7% en poids du mélange chaux + sable) occupe une place très importante. D'une part elle est l'élément générateur des phases d'hydrates qui donnent au produit fini sa résistance et d'autre part, elle confère à la brique brute la stabilité requise et, dans ses pores, sert de milieu réactionnel au durcissement à la vapeur.

3.1 Sable

La résistance à la compression d'un matériau est naturellement liée à la force d'adhérence

superficielle que peut avoir le liant avec le grain de sable, ce qui résulte à la fois de sa forme et de sa nature. Les grains peuvent être arrondis, anguleux, lamelleux. Il n'est donc pas indifférent d'employer tel ou tel sable sans faire de choix.

Dans la confection des BSC, le sable comme le granulat, assure sa fonction en dépendance de sa composition minéralogique, de sa granulométrie, et de la géométrie de ses grains. Il est l'ossature maintenue par le Silicate-calcaire formé lors du traitement hydrothermal.

Les sables utilisés dans la production des BSC ne doivent pas contenir de matières végétales ou argileuses. En aucun cas, les minéraux argileux ne doivent enrober les grains de sable, car ils empêcheraient les phases d'hydrates de silicate calcaire de se produire lors du durcissement à la vapeur.

3.2 Chaux

Dans le mélange brut, servant à confectionner la BSC, qui fait partie des matériaux durcis à la vapeur, la quantité de chaux est inférieure à la quantité du sable. Cela n'a pas uniquement des raisons économiques, mais également dû au fait que, en cas d'un pourcentage trop élevé de liant et de sa conversion intégrale, le rapport phases hydrates/granulats diminue certaines propriétés du produit.

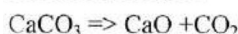
La fonction de la chaux consiste à obtenir des phases de silice de calcium hydraté reliant les grains du granulat pour former un monolithe solide. Dans la fabrication des BSC, la chaux peut être utilisée sous deux formes :

- Chaux vive (CaO).
- Chaux hydratée $\text{Ca}(\text{OH})_2$

L'utilisation de chaux hydratée comme matière de base n'est possible que dans les régions où les précipitations sont très minimales. Le degré d'humidité du sable utilisé doit être inférieur à 6% en moyenne annuelle. Dans la plupart des régions du globe, le taux d'humidité du sable se situe, pendant une grande partie de l'année, dans une gamme de 6 à 10%. Les raisons étant les suivantes:

- L'extraction du sable humide.
- Les précipitations.

Le liant proprement dit, lors du durcissement à la vapeur, est toujours la chaux hydratée, qui est obtenue de la chaux vive par réaction avec l'eau. La chaux telle qu'elle est utilisée pour la fabrication des briques silico-calcaires est un produit obtenu par cuisson de la pierre calcaire (CaCO_3) qui, à température élevée, donne de la chaux libre selon la réaction suivante :



3.3 Eau

Dans la fabrication des BSC, l'eau a une importance tout à fait particulière ; lors du durcissement à la vapeur, elle est aussi bien partenaire que milieu réactionnel et liant. L'eau joue donc un rôle déterminant dans la fabrication des BSC. Elle sert également à la production de la vapeur, en alimentant la chaudière à vapeur.

En fonction des résultats fournis par une analyse de l'eau, il est possible, si nécessaire, de procéder à un adoucissement ou à une déminéralisation de l'eau qui alimente la chaudière dans une installation de traitement.

4 STRUCTURE DES BRIQUES SILICO-CALCAIRES

La structure de la BSC crue avant durcissement est différente de celle du produit fini. A température normale, il ne se produit aucune réaction Ca-Si. Du point de vue chimique, les grains de quartz, d'une part, et le mélange chaux hydratée-eau d'autre part sont isolés. La formation de silicate calcaire a lieu pendant le durcissement à la vapeur. Il y a donc transformation chimique en silicate-calcaire à l'inclusion des couches superficielles des grains de sable [4]. A température normale aucune réaction Ca-Si ne se produit, par contre en autoclave et à 200°C, il y a formation intensive de silicate-calcaire.

5 APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE LA BSC

La première réalisation industrielle dans le monde des silico-calcaires a été faite en Allemagne vers 1894. Dès 1900, il y existait déjà environ 80 usines de BSC.

Actuellement, les pays ayant les plus fortes productions annuelles de briques et d'éléments silico-calcaires sont [5] :

- Allemagne avec 182 usines pour une production de 4500 millions de briques ;
- La Hollande avec 20 usines pour une production de 1200 millions de briques ;
- La Grande Bretagne avec 25 usines pour une production de 350 millions de briques
- La Russie fabrique actuellement de l'ordre de 5000 à 6000 millions de briques annuellement.

A l'échelle mondiale, on compte plus de 400 fabriques de BSC se situant (en plus des pays cités ci-dessus) en Suisse, Suède, Canada, Australie, Koweït, Arabie-Saoudite, Bahreïn, Irak, Egypte...

L'Algérie qui, à peine commence à se familiariser avec les produits silico-calcaires possède actuellement trois unités de production de ces matériaux

- L'unité de production de Ain-Sefra
- L'unité de production de Boussaada
- L'unité de production de Belacel (Relizane).

6 LA BRIQUE SILICO-CALCAIRE EN ALGERIE

L'industrie silico-calcaire a souvent regroupé différents corps d'état au sein de réunions et de journées d'information. Inquiète du manque d'attention qui pèse sur ce matériau, elle a voulu réhabiliter son image et montrer les nouvelles ressources d'expression qu'il offre au concepteur (en dehors de son utilisation habituelle comme simple habillage).

En Juin 1992, le CNERIB (Centre National d'Etude et de Recherches Intégrées du Bâtiment) a organisé une journée d'information sur les produits silico-calcaires ; la conception et la réalisation d'un prototype en BSC a fait l'objet de ce rassemblement. Ce prototype représentait la première véritable utilisation de la BSC (il s'agit d'une bâtisse de 60 m² composée de deux pièces, un séjour, une salle de bain + toilette et une petite cuisine intégrée dans le séjour).

En Octobre 1994, eut lieu la journée d'étude de la brique silico-calcaire à M'sila. Les préoccupations tournaient autour de la possibilité de son utilisation dans la maçonnerie porteuse.

En Mars 1995, la Direction de la Recherche et de la Construction (Ministère de l'Habitat) a présenté un rapport sur les conditions utiles et nécessaires pour l'utilisation de la BSC en maçonnerie porteuse lors d'une journée d'information sur ce matériau.

Une étude comparative des coûts de réalisation d'un logement en BSC et d'un logement en matériaux traditionnels a été établie par Génie-Consult (Société d'Etude et de Réalisation) lors d'une journée d'étude et d'information sur la BSC.

L'E.P.R.C. (Entreprise des produits rouges, région du centre) a, de sa part, organisé une journée d'information sur la BSC et a présenté à l'occasion un rapport intitulé "Caractéristiques et propriétés de la BSC".

En Mars 1996, la CNEP (caisse de nationale d'épargne et de prévoyance) a rassemblé à la fois (et pour la première fois) l'industrie Silico-Calcaire, le Maître d'Ouvrage, l'étude et la réalisation pour une journée d'étude sur la BSC. Trois projets pilotes ont été programmés lors de cette réunion. L'objectif de ces journées se résume en deux actions essentielles :

- L'aspect réglementaire de la BSC quasi-inexistant.
- L'aspect économique de la BSC comparé aux matériaux utilisés et dits stratégiques.

Ces journées ont été un début pour la relation qui est actuellement établie entre les différents partenaires et qui va se traduire au cours des années

à venir par des actions favorisant les connaissances et l'appréciation du matériau BSC.

La promotion de ce matériau en Algérie reste subordonnée aux textes réglementaires pour son introduction de manière rationnelle en fonction de ses véritables propriétés et les avantages qu'elle présente et qui permettent en conséquence, son utilisation non seulement comme élément décoratif mais impérativement comme élément porteur, afin de contribuer à la résolution des contraintes d'approvisionnement et d'atténuer les importations. La valorisation des matériaux de construction localement disponibles ne peut être caractérisée que par l'existence de règles techniques. Il est donc impératif de réaliser des actions telles que :

- Elaboration immédiate de documents techniques réglementaires en matière de conception, de calcul et de mise en oeuvre propre pour la BSC ;
- Mise en place de textes officiels Algériens qui entraînera le développement significatif de ce matériau.

Le recours systématique aux ossatures en béton, nous incite à revaloriser la construction, notamment la maçonnerie porteuse, d'où la nécessité d'une mise en place d'un outil réglementaire définissant les règles de conception et de calcul. Le CNERIB a le mérite d'essayer d'effectuer un travail dans ce sens. Il a proposé un calcul issu de la méthode Belge et de la méthode Russe tout en se basant sur les résultats des différents essais physico-chimiques et mécaniques effectués sur les matériaux Algériens.

7 PRINCIPE DE CONSTRUCTION DES OUVRAGES EN BSC

Dans la maçonnerie avec les BSC, il est possible, grâce à la haute résistance en compression de celles-ci (nettement supérieure à 150 bars), et même très raisonnable que cette maçonnerie assume, en plus de la protection contre la pluie et les agents atmosphériques, la fonction portante. Il en résulte que les ossatures en béton armé (poteaux poutres) peuvent ne pas être utilisées.

Pour l'utilisation des BSC en Algérie, le type de réalisation envisagé est de la manière suivante :

Les planchers seront exécutés en corps creux permettant la faible consommation d'acier, de ciment, un minimum de coffrage et un temps réduit jusqu'à obtention de la résistance finale.

Le raidissement de mur est assuré par un ancrage annulaire disposé sous le plancher et reposant sur toute la maçonnerie.

Selon les prescriptions Allemandes, un ancrage annulaire est obligatoire pour le raidissement contre les charges horizontales en cas de plancher supportant des charges unidirectionnelles. Il est exécuté en béton de résistance 15N/mm² et comporte deux barres d'acier de diamètre 10 mm.

La fondation peut être en maçonnerie, la haute résistance à la compression de la BSC le permet. Il faudra cependant que cette fondation soit réalisée à une profondeur d'au moins 1.2m pour éviter les effets du gel.

Il est parfois possible que des agents agressifs présents dans le sol ou dans les eaux souterraines détruisent la BSC et / ou le mortiers. Il est possible, cependant, d'utiliser pour les fondations des briques ayant pour liant du ciment métallurgique sursulfaté et / ou du mortier avec du ciment métallurgique sursulfaté.

Dans les zones sismiques qui atteignent des valeurs élevées sur l'échelle Richter, il peut s'avérer indispensable d'armer les fondations.

7.1 Utilisation du mortier bâtard

La BSC doit être maçonnée avec un mortier bâtard (il s'agit d'un mortier composé d'un bon sable à maçonner, de chaux grasse hydratée et de ciment).

Un mortier bâtard a pour avantage un temps de durcissement plus long qu'un mortier à ciment et de ce fait les tensions éventuelles se réduisent. On obtient de cette façon un mur meilleur, sans fissures ni briques détachées, ce qui empêche les pertes de chaleur et les infiltrations d'eau.

Ce mortier a une meilleure isolation thermique ($\lambda = 0.92$ W/mk) par rapport à un mortier à base de ciment ($\lambda = 1.39$ W/mk) [3]. Il a également une meilleure résistance à la pénétration d'eau ce qui est important pour l'étanchéité des caves et des étables. Il a enfin une meilleure adhérence car en période de sécheresse, la chaux grasse conserve l'humidité dans le mortier et assure ainsi une bonne adhérence. Notons que le prix d'un mortier bâtard est moins élevé que celui d'un mortier à base de ciment.

8 TECHNOLOGIE DE PRODUCTION DES BSC

La silice cristalline (SiO_2) que l'on trouve en grande quantité sous forme de sable siliceux et qui est utilisée dans la construction comme granulats ne montre, à température normale, aucune réaction ni avec la chaux, ni avec le ciment. Il s'agit au contraire d'un granulat inerte.

Le dosage est composé de pâte de chaux (9 à 11 % en poids) et de sable (89 à 91% en poids) qui ne durcit que très lentement à l'air avec évaporation d'eau (7% en poids du mélange chaux-sable). Aux conditions normales, il y a absorption de dioxyde de carbone et la résistance atteinte est faible (environ 0.5 à 1N/mm^2 au bout de 28 jours).

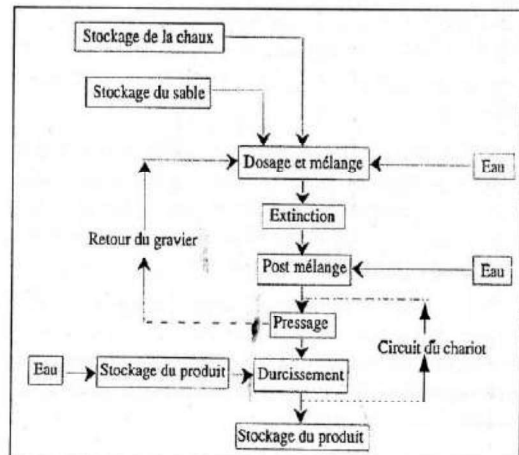
Amené à une température de 200°C dans une autoclave, le mélange durcit en quelques heures

pour devenir une brique avec une résistance à la compression de 15N/mm^2 (cela est dû au fait que l'hydroxyde de calcium se transforme en une solution alcaline forte à une température supérieure à 170°C).

La méthodologie adoptée pour la confection du matériau basée sur ce principe, se compose d'un certain nombre d'opérations citées ci-après :

- Stockage des matières premières : sable et chaux
- Conditionnement des matières premières comprenant :
 - * L'extinction du prémélange ;
 - * Post mélange du mélange éteint et addition d'eau.
- Façonnage de la brique brute par pressage du mélange.
- Empilage des briques brutes dans l'autoclave.
- Durcissement à la vapeur des briques brutes à des températures de 200°C jusqu'à obtention, au bout de 6 heures, du produit fini (aucune maturation n'est nécessaire après traitement en autoclave).
- Stockage et expédition du produit fini.

Voici dans ce qui suit un organigramme d'une fabrique de briques silico-calcaires :



9 CARACTERISTIQUES DE LA BSC

Les caractéristiques de la BSC sont décrites dans la norme Allemande DIN 106, parties 1 et II. Actuellement, l'industrie silico-calcaire en Algérie est basée sur cette norme et applique ses recommandations dans la production et l'utilisation de ce matériau.

9.1 Résistance à la compression

Selon leurs catégories, les BSC ont des exigences prévues pour la résistance à la compression. Pour les briques IDF, la résistance à la compression est de 176 bars, elle est de 209 bars pour les briques 2DF [6].

Dans les calculs, la résistance à prendre en compte est de 150 bars. Elle est comparable à celle du béton et permet la réalisation de murs porteurs. On peut donc construire avec ces briques, sans risques d'instabilité.

A noter que cette maçonnerie n'admet que des sollicitations de compression ; les efforts de traction (comme pour le béton) doivent être totalement évités ; il est donc parfois indispensable d'armer la maçonnerie en vue d'absorber les contraintes de traction.

Les briques silico-calcaires doivent répondre aux exigences prévues pour la résistance à la compression de chaque catégorie. (Tableau 2)

Catégories des résistances à la compression	Résistance à la compression (MPa)	
	Valeur moyenne	Valeur minimum
4	5.0	4.0
6	7.5	6.0
8	10.0	8.0
12	15.0	12.0
20	25.0	20.0
28	35.0	28.0
36	45.0	36.0
48	60.0	48.0
60	75.0	60.0

Tableau 2 : Résistance à la compression pour différentes catégories de BSC [4].

9.2 Poids volumique

Les valeurs moyennes des poids volumiques des briques silico-calcaires ne doivent pas dépasser les tolérances indiquées dans le tableau 3 pour chaque catégorie de poids volumique.

Catégorie de poids volumique	Valeur moyenne du poids volumique
0.6	0.51 à 0.60
0.7	0.61 à 0.70
0.8	0.71 à 0.80
0.9	0.81 à 0.90
1.0	0.91 à 1.00
1.2	1.01 à 1.20
1.4	1.21 à 1.40
1.6	1.21 à 1.60
1.8	1.61 à 1.80
2.0	1.81 à 2.00
2.2	2.01 à 2.20

Tableau 3 : Poids volumique des BSC pour différentes catégories [4].

9.3 Isolation thermique

La conductivité thermique λ [W/mk] est le paramètre servant à spécifier le pouvoir d'isolation thermique d'un matériau de construction. Elle est

fonction du poids volumique [kg/m³] du matériau de construction ; plus le poids volumique est élevé, plus la conductivité thermique est élevée et plus l'isolation thermique est faible. Les propriétés isolantes des briques en terre cuite sont légèrement meilleures que celles des BSC. Le béton avec un poids volumique d'environ 2300 kg/m³ possède les qualités les plus pauvres.

En raison des conditions climatiques prévalant en Allemagne, l'isolation thermique en période d'été n'a aucune importance, par conséquent, la norme Allemande ne traite que marginalement cette isolation. Dans la littérature, cependant, on trouve quelques études traitant ce sujet : on y trouve le paramètre S_{24} [w/m²k] permettant de caractériser la capacité d'isolement thermique d'été des matériaux de construction. Ce paramètre représente la capacité calorifique pendant 24 heures.

La valeur S_{24} dépend de la masse du matériau de construction. Plus la capacité calorifique est élevée plus la masse l'est aussi.

Rappelons enfin que le coefficient de conductivité thermique de la BSC varie entre 0.7 et 0.75 w/m°C [3].

9.4 Isolation acoustique

L'isolation acoustique d'un mur se calcule avec la formule suivante :

$$R_w = -9 \cdot 18.63 + 26.80 \log M [\text{Db}]$$

avec $M = 9' \cdot d + g_{\text{enduit}}$ [kg/m²]

$9'$: étant le poids volumique théorique pour l'isolation acoustique. Il se calcule à partir du poids volumique des briques comme suit :

Poids volumique des briques en (Kg/m ³)	Poids volumique théorique de l'isolation acoustique (Kg/m ³)
700	730
1000	1010
1600	1540
2000	1880

Tableau 4 : Valeurs des poids volumique théoriques de l'isolation acoustique [4]

d : épaisseur du mur [m].

g_{enduit} : 50 Kg/m²

Avec un mur de 20 cm d'épaisseur, d'un poids volumique égal à 60 Kg/m³ on obtient une isolation acoustique de 48 Db.

Des exigences particulières sont posées à l'isolation acoustiques :

- Cloisons entre appartements : $R_w = 52 \text{ Db}$.
- Cloisons entre pièces : $R_w = 40 \text{ Db}$.

9.5 Protection contre les incendies

Les briques silico-calcaires sont des matériaux inflammables. La sécurité d'un élément de construction est exprimée par la durée pendant

laquelle cet élément, en présence du feu, continue à exercer la fonction qui lui est attribuée.

- Murs de 9 cm 90 minutes
- Murs de 14 cm 150 minutes
- Murs de 19 cm 360 minutes

Les murs en silico-calcaires offrent une grande sécurité au feu, dans la plupart des cas, ils donneront aux habitants le temps d'évacuer l'immeuble.

9.6 Stabilité dimensionnelle

Une des causes les plus importantes des fissurations et de déformations dans la maçonnerie est le changement de dimensions, ce changement est à considérer de quatre formes :

Par durcissement, par humidité, par variation de la température et par fluage [3].

- Par durcissement : Pour les BSC, le retrait n'existe pas, étant donné que le processus de durcissement est terminé au moment où les matériaux sortent de fabrication.
- Par humidité : Lors de la construction, la pluie et l'apport d'eau pour maçonner et pour plafonner engendrent un gonflement. Plus tard, et ceci est dû aux conditions favorables intérieures, l'humidité disparaîtra en grande partie des murs, ce qui provoque un retrait dans le matériau. Des essais pratiques ont montré que le retrait par humidité se situe aux environs de 0.2mm par mètre pour les produits silico-calcaires.
- Par variation de température : Pour la BSC, la valeur de déformation maximale est de 10.10-6 m/mk. Cette valeur étant par degré Kelvin on ne devra en tenir compte que pour les grandes variations de température (exemple des fours).
- Fluage : Le fluage indique l'augmentation de la déformation sous charge prolongée ; pour une maçonnerie en BSC, la valeur de fluage est de 1.5 mm par mètre.

10 ETUDE COMPARATIVE:

BRIQUE ROUGE, BSC ET BETON ARME

En vue de préciser les propriétés des BSC, les plus importantes d'entre elles au niveau de la technique de construction sont opposées à celle du béton armé et des briques creuses en terre cuite. La comparaison tient compte du poids volumique et de la résistance à la compression ainsi que de l'absorption d'eau capillaire (tableau 5).

	Brique creuse en terre cuite	Brique Silico-Calcaire	Béton armé
Poids volumique [kg/m ³]	12 trous : 700 8 trous : 1000	Briques pleines : 1800 à 2000 Briques perforées et blocs 1200 à 1900	2500
Résistance à la compression (Mpa)	5	≥ 15	≥ 15
Absorption d'eau capillaire ω(%)	9 à 25	4 à 8	2 à 3

Tableau 5 : Propriétés des briques rouges, des BSC et du béton armé.

11 AVANTAGES DE LA BSC

Les études qui ont été effectuées pour déterminer les propriétés et les applications possibles de la BSC en Algérie, ont montré que cette brique se prêtait particulièrement bien à la construction des murs dans les pays de Maghreb, et ce pour les raisons suivantes :

- Les matières premières (sable et chaux) existent en qualité et quantité suffisantes sur de nombreux sites nord-africains.
- La résistance élevée à la compression des BSC permet la réalisation de bâtiments en maçonnerie, les murs devenant porteurs et se substituant aux ossatures en béton armé habituellement prévues en Algérie.
- Le haut degré de précision dimensionnelle des briques ainsi que leur surface lisse réduit la consommation du mortier et permet de monter des murs unis sous forme de maçonnerie apparente, ceci étant valable autant pour les murs intérieurs que pour les murs extérieurs.
- La couleur blanche des BSC permet de supprimer l'enduit extérieur et intérieur sans pour autant affecter l'aspect esthétique des bâtiments.
- En raison de la densité structurelle de la BSC, les murs réalisés forment, même sous enduit, une excellente barrière anti-humidité face aux sollicitations de la pluie.
- Compte tenu du climat nord-africain, la capacité calorifique élevée de la BSC garantit sur l'ensemble de l'année une ambiance intérieure confortable.
- De part leur assortiment étendu, les BSC permettent à l'architecte une grande liberté dans la construction qui permet en cas de maçonnerie apparente, de donner satisfaction à tous les goûts et à toutes les exigences.
- Après 100 ans d'expérience, les constructions en BSC dans beaucoup de pays du monde ont prouvé leur longévité.

- La BSC est inerte, de ce fait, elle résiste aux réactions chimiques des fumiers, ce qui rend superflu le cimentage intérieur des fosses à fumier des étables.
- La BSC a une structure homogène et dense avec haute résistance à l'éclatement. En choisissant bien le type de brique, le consommateur est assuré d'un matériau durable qui conserve sa belle apparence.
- Les tubes encastrés dans les BSC (*gaz naturel, électricité ...*) ne rouillent pas et sont même protégés contre la rouille.
- De son aspect blanc d'origine, la BSC exerce une réflexion naturelle élevée permettant d'aboutir à un éclairage optimum.
- Les murs en BSC offrent une grande sécurité au feu. Dans la plupart des cas, ils donneront aux habitants d'un immeuble suffisamment de temps pour l'évacuer.
- De tous ces avantages, l'essentiel de la BSC réside dans la possibilité de faire des économies de matières chères et rares : ciment, acier et bois de coffrage.
- Rappelons également que les indices techniques et économiques des BSC sont supérieurs à ceux des briques d'argile. Sa production demande 2 fois moins de combustible, 3 fois moins d'énergie électrique et 2.5 fois moins de main-d'oeuvre. En fin de compte, le prix de revient des BSC est de 25 à 35% inférieur à celui de la brique d'argile [2].

12 CONCLUSION

A travers cette synthèse bibliographique, nous avons essayé de mieux revaloriser et faire connaître les propriétés de la BSC. La recherche et l'étude de ce matériau nous ont permis de conclure les points suivants :

- La BSC présente des caractéristiques très importantes qui permettent son utilisation en maçonnerie porteuse.
- Elle permet, grâce à son assortiment étendu, une grande variété dans la construction et répond à tous les goûts et à toutes les exigences.
- La BSC permet de faire des économies de matières chères tels le ciment, l'acier et le bois de coffrage.

- La BSC représente, plus que tout autre type de brique, le matériau de toutes les utilisations : Elle offre cette particularité grâce à ses qualités intrinsèques et ses possibilités variées d'emploi qui permettent de l'adapter aux diverses formes d'architecture, de lui faire suivre l'évolution des techniques et les conditions économiques des époques, si variables dans le temps.

Si ce matériau présente des qualités indéniables, il demande une certaine maîtrise lors de la conception et de la réalisation. Il ne sera plus question d'improviser des plans sur le chantier comme on le voit. Il ne sera plus question non plus de monter une maçonnerie approximative et de la recouvrir ensuite par un enduit en guise de costume cachant les malfaçons.

La BSC est un matériau noble qui demande beaucoup de soins et qui supporte mal l'approximation, son utilisation présente également le suprême avantage de mettre en valeur, le savoir faire de l'architecte, la maîtrise du maçon, avec comme corollaire une architecture de bien meilleure qualité.

Enfin, ce matériau demande un stockage protégé afin d'éviter les souillures et beaucoup de soins lors de sa manipulation (conditionnement, acheminement, stockage intermédiaire) sous risque d'abîmer le bel aspect qu'il présente.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Génie Consult : "*La mise en oeuvre de la brique silico-calcaire*". Bureau d'Etude et de Réalisation.
- [2] A. OMAR : "*Matériaux et éléments de construction*" Edition Mir, Moscou 1978.
- [3] Journées d'études (M'sila). "*Les briques silico-calcaires*". Octobre 1994.
- [4] Construire : "*Pour la promotion des matériaux de construction*". Revue Construire du BTP, N°17.
- [5] M.A. BENOITHMANE : "*Etude de béton silico-calcaires, application à l'utilisation de deux sables locaux tunisiens*". Doctorat en Génie Civil, 1986.
- [6] M. BEKARA : "*Avis sur la brique silico-calcaire*". Rapport sur les conditions nécessaires pour l'utilisation de la BSC.