

# Matériaux de terre cuite

par **Michel KORNMANN**

Ingénieur civil des mines, Docteur Ingénieur

Consultant technique (Lancy Genève)

Ancien Directeur Technique du Centre Technique des Tuiles et Briques (Paris)

## Sources bibliographiques

### Références de l'article [C 905v2]

- [1] KORNMANN (M.) et CTTB. – *Matériaux de construction en terre cuite, fabrication et propriétés*. Ed. Septima, Paris (2005).
- [2] KORNMANN (M.) et CTTB. – *Clay bricks and roof tiles, manufacturing and properties*. Société de l'industrie minérale, Paris (2007).
- [3] CTTB. – *Tuiles et briques de terre cuite, caractéristiques, mise en œuvre et solutions pour le bâtiment*. le Moniteur, Paris (1998).
- [4] THOREZ (J.). – *L'argile, minéral pluriel*. Bull. Soc. Roy. Sci., Liège, vol 72, 1, 19-70 (2003).
- [5] NESS (W.D.). – *Introduction to mineralogy*. Oxford university press (2000).
- [6] MOJID (M.A.) et CHO (H.). – *Estimating the fully developed diffuse double layer thickness*. Applied Clay techn., 33, 278-286 (2006).
- [7] JOUENNE (C.A.). – *Traité de céramiques et matériaux minéraux*. 2<sup>e</sup> édit., édit. Septima, Paris (1990).
- [8] MAGNAN (J.-P.). – *Description, identification et classification des sols*. Techniques Ing., [C 208] (1997).
- [9] GIPPINI (E.). – *Contribution à l'étude des propriétés de moulage des argiles et des mélanges optimaux*. L'Industrie Céramique, 619, 423-435 (1969).
- [10] REVIL (A.), GRANLS (D.), BREVART (O.) et REVIL *et al.* – *Compaction of sand clay mixtures*. J. Geophysical Res. Solid earth, Section B 107, ECV 11 (2002).
- [11] *Best Available Technique reference document, Document de référence des Meilleures Techniques Disponibles*. Fabrication de céramiques, Union Européenne (2007).
- [12] JUNGE (K.). – *Energy demand for the production of bricks and tiles*. ZI, 4, 16-24 (2002).
- [13] LAMBERT (P.), LE COLLEN (J.) et PERRIN (P.). – *Les émissions gazeuses dans le secteur de la terre cuite*. Journée des procédés céramiques, Limoges (2000).

### Références de l'article [C 906]

- [14] BALAVOINE (L.), CRISTANCHO (R.) et YVON (J.). – *Maîtrise de la couleur et de l'aspect des produits de terre cuite*. L'Industrie céramique & verrière, 986, 16 (2003).
- [15] KIM (H.S.), GUIFANG (T.) et KIM (J.-Y.). – *Clayware mechanical properties porosity dependent*. American ceram. Bull., 81, 5, 20-25 (2002).

- [16] YOKOTA (K.), YAMASAKI (T.), NAKATO (T.) et KONDO (Y.). – *Effects of coarse grain sizes on mechanical strength of roof tile body*. J. Ceramic soc. Japan 107 (7), 678-681 (1999).
- [17] DONDI (M.) et PRINCIPI (P.) *et alii.* – *Thermal conductivity of bricks produced with Italian clays*. Ind. Lat 65, p. 309 (2000).
- [18] ROSSBACH (M.) et GREIFF (M.). – *Moisture expansion of brick masonry*. ZI 140-152 (2000).
- [19] KETELAARS (A.A.J.). – *Drying malleable media, kinetics, shrinkage and stresses*. thesis TU Eindhoven (1992).
- [20] KUNZEL (H.). – *Simultaneous heat and moisture transport in building components*. Fraunhofer Institut für Bauphysik, IRB Verlag (1995).

### À lire également dans nos bases

#### Références

- [21] LYONNET (C.). – *Couvertures en tuiles terre cuite, dispositions générales*. [C 3 520] (2003).
- [22] LYONNET (C.). – *Couvertures en tuiles terre cuite, Tuiles à emboîtements ou à glissement*. [C 3 521] (2004).
- [23] LYONNET (C.). – *Couvertures en tuiles terre cuite, Tuiles canal*. [C 3 522] (2004).
- [24] LYONNET (C.). – *Couvertures en tuiles terre cuite, Tuiles plates*. [C 3 523] (2005).

#### Autres articles

- DELAGE (P.) et CUI (Y.J.). – *L'eau dans les sols non saturés*. [C 301] (2000).
- DURVILLE (J.-L.) et SEVE (G.). – *Stabilité des pentes, glissement en terrains meubles*. [C 254] (1996).
- DESPANCHES (H.) et CHEVALLIER (J.-L.). – *Mélange de milieux pâteux de rhéologie complexe : théorie*. [J 3 860] (1999).
- GUIBET (J.-C.). – *Carburants liquides*. [BE 8 545] (1998).
- TILAGONE (R.). – *Gaz naturel - Énergie fossile*. [BM 2 591] (2004).
- CHARREAU (A.) et CAVAILLE (R.). – *Séchage Théorie et calculs*. [J 2 480] (1991).
- CHARREAU (A.) et CAVAILLE (R.). – *Opérations unitaires Séchage II Appareillage et choix d'un procédé*. [J 2 482] (1991).
- PANIEZ (G.). – *Éléments de thermique des fours*. [BE 95 100] (1997).

JACUBOWIEZ (I.). – *Fours industriels*. [BE 8 842] (1998).

LE DOUSSAL (H.) et VOUILLEMET (M.). – *Céramiques du bâtiment, carreaux et produits sanitaires*. [C 940] (1995).

MERLET (J.D.). – *Maçonnerie, introduction*. [C 2 100] (1996).

MERLET (J.D.). – *Maçonnerie, matériaux*. [C 2 101] (1996).

MERLET (J.D.). – *Maçonnerie, conception des ouvrages*. [C 2 102] (1996).

MERLET (J.D.). – *Maçonnerie, mise en œuvre des ouvrages*. [C 2 103] (1996).

MERLET (J.D.). – *Maçonnerie, revêtements muraux*. [C 2 104] (1996).

MERLET (J.D.). – *Maçonnerie, pathologie*. [C 2 105] (1996).

### Autres ouvrages

- JOUENNE (C.A.). – *Traité de céramiques et matériaux minéraux*. 2<sup>e</sup> édit., édit. Septima, Paris (1990).
- BENDER (W.) et HANDLE (F.). – *Brick and tile making*, Bauverlag GmbH. Wiesbaden (1982).
- GRIMSHAW (R.W.). – *Chemistry and physics of clays*. E. Benn Ltd., 4<sup>e</sup> édit., London (1971).
- SIGG (J.). – *Les produits de terre cuite*. éditions Septima, Paris (1991).
- WARREN (J.). – *Conservation of Brick, Butterworths Heinemann*. Oxford (1999).
- The BDA guide to successful brickwork*. 2nd edit, Brick development association ISBN 0-340-75899-6 (2000).
- FACINCANI (E.). – *Tecnologia ceramica i laterizi*. Gruppo Editoriale Faenza Editrice (3<sup>e</sup> édit) ISBN 88-8138-093-5 (2001).
- KOENIG (R.). – *Ceramic drying. a reference book* by Novokeram, Krumbach (1998).
- KINGERY (W.D.). – *Introduction to Ceramics*. (1976).
- REED (J.S.). – *Principles of Ceramics Processing*. Wiley, John and Say (1994).
- BENDER (W.). – *Vom Zielgott zum Industrie-elektroniker*. Bundesverband des Deutschen Ziegelindustrie e.V. 3-9807595-1-2 (2004).
- PEIRS (G.). – *La brique, fabrication et traditions constructives*. Eyrolles, ISBN 2-212-11212-2 (2005).

CAMPBELL (J.W.R.) et PRYCE (W.). – *Brick, a world of history*. Thames and Hudson ISBN 0-500-34195-8 (2003).

KORNMAN (M.). – *Matériaux de construction en terre cuite, fabrication et propriétés*. Septima, Paris, ISBN 2-904845-32-1 (2005).

KORNMAN (M.) et CTTB. – *Clay bricks and roof tiles, manufacturing and properties*. Société de l'industrie minérale, Paris ISBN 2-9517765-6-X (2007).

BENBOW (J.) et BRIDGWATER (J.). – *Paste flow and extrusion*. Clarendon press, Oxford (1993).

BOCH (Ph.). – *Propriétés et applications des céramiques*. Hermès, Paris (2001).

EDGELL (G.). – *Testing of ceramics in construction*. Whittles Publish. Ltd, Caithness (2005).

CTTB. – *Tuiles et briques de terre cuite, caractéristiques et mise en œuvre*. Le Moniteur, Paris (1998).

FABBRI (B.) et DONDI (M.). – *Caratteristiche e difetti del laterizio*. Faenza editrice, ISBN 88-8138-003-X (1995).

FABBRI (B.) et DONDI (M.). – *La produzione del laterizio in Italia*. Faenza editrice (1995).

REEVES (G.M.), SIMS (I.) et CRIPPS (J.-C.). – *Clay materials used in construction*. Geological Society (London) (2006).

## Sites Internet

- **ALVEOTER**  
[www.alveoter.com](http://www.alveoter.com)
- **Blog sur les dernières nouvelles de la terre cuite**  
<http://claypride.blogspot.com>
- **Monomur**  
<http://www.monomur.com>
- **Site de l'auteur** qui comprend différentes informations techniques et un lexique franco-anglais de 1 500 mots de la terre cuite  
<http://www.tuiles-briques.com>

## Événements

- **Salon Batimat**, Reed Expositions, salon international de la construction qui a lieu tous les deux ans à Paris (années impaires)  
<http://www.batimat.com>
- **Salon Bau**, le plus important salon européen de la construction qui se tient annuellement à Munich  
<http://www.bau-muenchen.com>
- **Salon Ceramitec**, Messe München GmbH, salon international des fournisseurs de l'industrie céramique qui a lieu tous les trois ans à Munich  
<http://www.ceramitec.de>
- **Salon Technagrilla**, Riminifera, Rimini, salon international des fournisseurs de l'industrie céramique qui a lieu tous les deux ans à Rimini  
<http://www.technargilla.it>

## Normes et standards

### Calcul des ouvrages

NF EN 1990 (Eurocode 0)	Base de conception des ouvrages
NF EN 1991 (Eurocode 1)	Sollicitations des ouvrages
NF EN 1996-1-1 (Eurocode 2)	Partie 1-1 : règles communes pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée
NF EN 1996-1-2	Partie 1-2 : Calcul du comportement au feu
NF EN 1996-1-2/NA	Annexe nationale
NF EN 1996-2	Partie 2 : conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries
NF EN 1996-2/NA	Annexe nationale
NF EN 1996-3	Partie 3 : méthodes de calcul simplifiées pour les ouvrages de maçonnerie non armée
NF-EN 1998 (Eurocode 8)	Conception parasismique des ouvrages
NF P 10-202-1 (DTU 20.1)	Ouvrages en maçonnerie
NF P 10-204-1 (DTU 20.13/ 25.13)	Partitions
NF P-06-014	Règles de construction parasismique, application à la maison individuelle PS-MI
NF P 31 201 (DTU 40.22)	Couverture en tuile canal de terre cuite
NF P31-202 (DTU 40.21)	Couverture en tuiles terre cuite à emboîtement ou glissement à relief
NF P31-203 (DTU 40.211)	Couverture en tuiles de terre cuite à emboîtement à pureau plat

NF P 31 204 (DTU 40.23)

Couvertures en tuiles plates de terre cuite

### Normes produits

NF EN 771-1	Spécifications pour éléments de maçonnerie, Partie 1 Briques de terre cuite
NF P 12-021-2	Spécifications pour les éléments de maçonnerie, Partie 1 Briques de terre cuite- complément national à la NF EN 771-1
NF EN 845-2	Spécifications pour accessoires de maçonnerie- Partie 2 Linteaux
NF EN 1304	Tuiles terre cuite et accessoires, définitions des produits et spécifications
NF EN 1806	Conduits de fumée- Boisseaux en terre cuite/céramique pour conduits de fumée simple paroi, Exigences et méthodes d'essai
NF EN 13502	Conduits de fumée- Terminaux en terre cuite/céramiques- Conception et mise en œuvre
NF EN 1344	Pavés de terre cuite- Spécifications et méthodes d'essai
NF EN 998-2	Spécifications des mortiers pour maçonnerie, Partie 2 : Mortiers de montage

### Normes de tests

NF EN 772-1	Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie, Partie 1 Détermination de la résistance à la compression
-------------	---

NF EN 772-3	Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie, Partie 3 Détermination du volume net et du pourcentage de vide des éléments de maçonnerie en terre cuite par pesée hydrostatique		méthode de la plaque chaude gardée et la méthode fluxmétrique
NF EN 772-5	Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie, Partie 5, Détermination des sels solubles actifs des éléments de maçonnerie terre cuite	NF EN 538	Tuiles en terre cuite pour pose en discontinu- Détermination de la résistance à la rupture par flexion
NF EN 772-7	Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie, Partie 7, Détermination de l'absorption d'eau à l'eau bouillante des éléments de maçonnerie en terre cuite servant de coupure de capillarité	NF EN 539-1	Tuiles en terre cuite pour pose en discontinu, Détermination des caractéristiques physiques, Partie 1 Essai d'imperméabilité
NF EN 772-13	Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie, Partie 13 Détermination de la masse volumique absolue sèche et de la masse volumique apparente des éléments de maçonnerie	NF EN 539-2	Tuiles en terre cuite pour pose en discontinu, Détermination des caractéristiques physiques, Partie 2 Essais de résistance au gel
NF EN 772-16	Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie, Partie 16, Détermination des dimensions	NF EN 1024	Tuiles en terre cuite pour pose en discontinu, Détermination des caractéristiques géométriques
NF EN 772-18	Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie, Partie 18 Détermination de la dilatation à l'humidité des grands éléments de maçonnerie en terre cuite perforée horizontalement		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>AENOR</b>, <i>Asociación española de normalización y certificación</i> <a href="http://www.aenor.es">http://www.aenor.es</a></li> <li>• <b>AFNOR</b>, <i>Association française de normalisation</i> <a href="http://www.afnor.fr">http://www.afnor.fr</a></li> <li>• <b>ASTM</b>, <i>American Society for testing and materials</i> <a href="http://www.astm.org">http://www.astm.org</a></li> <li>• <b>BSI</b>, <i>British Standards Institution</i> <a href="http://www.bsi-global.com">http://www.bsi-global.com</a></li> <li>• <b>CEN</b>, <i>Comité européen de normalisation</i> <a href="http://www.cen.eu">http://www.cen.eu</a></li> <li>• <b>DIN</b>, <i>Deutsches Institut für Normung eV</i> <a href="http://www.din.de">http://www.din.de</a></li> <li>• <b>GOST</b>, <i>Gosudarstvenny standart</i> <a href="http://www.russiangost.com">http://www.russiangost.com</a></li> <li>• <b>IBN</b>, <i>Institut belge de normalisation</i> <a href="http://www.ibn.be">http://www.ibn.be</a></li> <li>• <b>ISO</b>, <i>International organisation for standardization</i> <a href="http://www.iso.org">http://www.iso.org</a></li> <li>• <b>SIA</b>, <i>Société suisse des ingénieurs et architectes</i> <a href="http://www.sia.ch">http://www.sia.ch</a></li> <li>• <b>UNI</b>, <i>Internazionale di Unificazione</i> <a href="http://www.uni.com">http://www.uni.com</a></li> </ul>
NF EN ISO 15148	Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment, Détermination du coefficient d'absorption d'eau par immersion partielle		
NF EN ISO 12570	Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment, Détermination du taux d'humidité par séchage à chaud		
NF EN ISO 12572	Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment, Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau		
NF EN 12664	Performance thermique des matériaux et produits pour le bâtiment, Détermination de la résistance thermique par la		

## Réglementation

Arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrière et aux installations de premier traitement des matériaux de carrière.

Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toutes natures des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermique et à la performance énergétique des bâtiments existants.

## Annuaire

### Producteurs de terre cuite (non exclusifs)

#### Producteurs européens

##### France

- **Imerys**, société internationale de produits minéraux  
<http://www.imerys-structure.com>  
<http://www.imerys-toiture.com>
- **Monier** (ex Lafarge couverture), le plus grand producteur mondial de tuiles terre cuite et béton  
<http://www..monier.com>
- **Terreal**, briques et tuiles, en majorité française (ex-Saint Gobain)  
<http://www.terreal.com>

##### Italie

- **Pica**, tuiles  
<http://www.pica.it>

#### Allemagne, Suisse et Autriche

- **Bellenberg**, briques  
<http://www.bellenberg.de>
- **Creton**, tuiles  
<http://www.creton.de>
- **Erlus**, tuiles  
<http://www.erlus.com>
- **Jüwo**, briques  
<http://www.jüwo.de>
- **Morandi**, tuiles et briques suisse  
<http://www.morandi.ch>
- **Poroton**, consortium allemand de producteurs de briques thermiques  
<http://www.poroton.org>
- **Rimmele**, briques  
<http://www.rimmele.de>

## MATÉRIAUX DE TERRE CUITE

- **Tondach**, tuiles autrichiennes et Europe de l'Est  
<http://www.tondach.com>
- **Unipor**, consortium allemand de producteurs de briques thermiques  
<http://www.unipor.de>
- **Wienerberger**, le plus grand producteur de terre cuite autrichien, (comprend Koramic pour la tuile et Terca)  
<http://www.wienerberger.com>

## Espagne

- **La Escandella**, tuiles  
<http://www.laescandella.com>
- **Mazarron**, tuiles  
<http://www.ceramicamazarron.com>
- **Tejas Borja**, tuiles  
<http://www.tejasborja.es>
- **Uralita**, tuiles  
<http://www.uralita.com>

## Belgique

- **Etex**, groupe international belge de produits de construction  
<http://www.etexgroup.com>

## Autres

- **Austral bricks**, un grand producteur australien  
<http://www.australbrick.com.au>
- **Boral**, le plus grand producteur de briques américain  
<http://www.boralbrick.com>
- **CRH plc**, un grand producteur international de produits de construction dont terre cuite  
<http://www.crh.com>
- **Hanson**, briques apparentes  
<http://www.hansonbrick.com>
- **IBSTOCK** briques  
<http://www.ibstock.com>

## Constructeurs – Fournisseurs d'équipements (non exclusifs)

- **Bedeschi machine**, usines et machines  
[www.bedeschi.com](http://www.bedeschi.com)
- **Beralmar**, fours et séchoirs  
[www.beralmar.com](http://www.beralmar.com)
- **Bongioanni macchin**, extrudeuses, presses  
[www.bongioannistampi.com](http://www.bongioannistampi.com)
- **Ceratec**, briqueterie, tuilerie clé en main  
[www.ceratec.eu](http://www.ceratec.eu)
- **De Boer**, machine soft mud  
[www.deboermachines.nl](http://www.deboermachines.nl)
- **Keramik**, usines clé en main, équipement  
[www.keramik.com](http://www.keramik.com)
- **Keyria (Ceric, Händle, Pèlerin, Equipceramic, Poitemill, Morando, Rietter, Favole...)**, briqueterie, tuilerie clé en main, équipements, fours, séchoirs, préparation, extrudeuses  
[www.ceric.fr](http://www.ceric.fr)  
[www.keyria.com](http://www.keyria.com)
- **Lingl**, briqueterie, tuilerie clé en main  
[www.lingl.com](http://www.lingl.com)
- **Piccinini impianti**, fours séchoirs  
[www.piccinini-impianti.it](http://www.piccinini-impianti.it)
- **Rochet**, coupeurs  
[www.brickcutter.com](http://www.brickcutter.com)
- **Sabo**, usine clé en main, équipement  
[www.sabo.gr](http://www.sabo.gr)
- **Sacmi**, presses  
[www.sacmi.fr](http://www.sacmi.fr)
- **Takasago**, fours  
[www.takasago-inc.co.jp](http://www.takasago-inc.co.jp)
- **Verdes Talleres Felipe**, équipements préparation et extrusion  
[www.verdes.com](http://www.verdes.com)

## Organismes – Fédérations – Associations

Ces listes ne sont bien entendu pas exhaustives

- **ANDIL**, *Associazione Nazionale Degli Industriali dei Laterizi*, Rome  
<http://www.andil.it/>
- **ANICER**, Association brésilienne, Rio de Janeiro  
<http://www.anicer.com.br>
- **APICER**, *Associação portuguesa da industria de ceramica*  
<http://www.apicer.pt>
- **ASITEC**, Association suisse de l'industrie de la terre cuite, Beme  
<http://www.domoterra.ch>
- **BDA**, *Brick development association*, Londres  
<http://www.brick.org.uk>
- **BIA**, *Brick industry association*, Reston Va (USA)  
<http://www.gobrick.com>
- **BRIQUE**, Fédération belge de la brique, Bruxelles  
<http://www.brique.be>
- **CBTIA**, Association chinoise de l'industrie de la tuile et brique, Beijing  
<http://www.cbtia.com>
- **Clay brick and paver Institute CBPI**  
<http://www.claybrick.com.au>
- **Clay roof tile council, UK**  
<http://www.clayroof.co.uk>
- **FFTB**, Fédération française des tuiles et briques, Paris  
<http://www.ffb.org>
- **HISPALYT**, Association espagnole, Madrid  
<http://www.hispalyt.es>
- **KNB BAKSTEEN**, Association néerlandaise, Amsterdam  
<http://www.knb-baksteen.nl>
- **TBE**, Tuiles et briques Europe, association européenne des fabricants de terre cuite, Bruxelles  
<http://www.tbe-euro.com>
- **Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie**, Boon  
<http://www.ziegel.de>
- **All India brick and tile manufacturers federation**, New Delhi

## Documentation – Formation – Séminaires

Industrie Céramique et Verrière (Paris)  
[www.lasim.org](http://www.lasim.org)  
Journal of the European ceramic society, Elsevier  
Berichte des Deutschen Keramischen Gesellschaft  
Ziegelindustrie International  
[www.zi-online.info](http://www.zi-online.info)  
Industria dei laterizi,  
[www.laterizio.it](http://www.laterizio.it)  
Costruire in laterizio,  
Ceramica Informacion  
Steklo I keramika (traduit du russe : Glass and ceramics, SpringerLink)  
Stroitelnye Materialy  
Tile and Brick international

## Laboratoires – Bureaux d'études – Écoles – Centres de recherche

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, CSTB, Paris,  
<http://www.cstb.fr>  
Centre Scientifique et Technique de la Construction, CSTC, Bruxelles,  
[www.cstc.be](http://www.cstc.be)  
Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung, BAM, Berlin  
[www.bam.de](http://www.bam.de)

European Network of Building Research Institute ENBRI,  
www.enbri.com

Centre technique des Matériaux Naturels de Construction, CTMNC,  
précédemment

Centre Technique des Tuiles et Briques, Paris  
www.ctmnc.fr

Société Française de Céramique, Paris,  
www.ceramique.fr

Institute für Ziegel Forschung, IZF, Essen,

www.izf.de

Ceram, Stoke on Trent,  
www.ceram.com

Centro ceramico, Bologne,  
www.cencerbo.it

Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle, ENSCI, Limoges  
www.ensci.fr

## Données statistiques et économiques

### Industrie des briques et tuiles

On donne ci-dessous un bref aperçu du marché des briques et tuiles en France, en Europe et dans le monde.

#### ■ En France

La production de terre cuite en France est un peu supérieure à 6 millions de tonnes (en 2007). Au tableau 1, on montre la décomposition de la production selon les produits pour différentes années. On s'aperçoit que la production totale n'a pas beaucoup augmenté depuis 1984, après la forte diminution des années 1990. Par contre la distribution des produits a beaucoup changé. Les hourdis, classés dans « autres » ont presque disparu. Les briques apparentes montrent une décroissance lente, mais continue. Les briques de structure, dont la production avait beaucoup baissé, reprennent de la vigueur avec des produits nouveaux comme le Monomur. De leur côté, les tuiles ont pris la part du lion.

Si on décompose un peu plus la production actuelle, selon les produits tuiles et briques de structure, on obtient le tableau 2.

Durant ces vingt dernières années, on a assisté, à la fois, à une très grande concentration de l'industrie française, où quatre groupes industriels représentent actuellement plus de 90 % du chiffre d'affaires, à une forte sophistication du procédé accompagnée d'une grande automatisation, et à l'emploi important d'ordinateurs et de robots. Ceci a entraîné la concentration de la production sur un plus petit nombre d'usines très automatisées et à grande productivité comme on le voit au tableau 3.

On notera que, sur ces quatre groupes, deux sont la propriété de fonds d'investissement de « *private equity* ».

#### ■ En Europe

Sur le tableau 4, on donne quelques chiffres comparatifs de la production européenne de terre cuite en 2003. On indique les productions, le nombre d'usines et les consommations par nouveau bâtiment.

On voit que l'industrie française est relativement petite par rapport à celles des autres pays européens, en particulier l'Espagne et l'Italie. Dans sa

maison, le français consomme peu de brique (9,2 t) par rapport à la moyenne européenne (35 t), car elle est concurrencée par les produits à base de béton. Par contre, comme l'allemand, c'est un grand consommateur de tuiles de terre cuite, utilisée en construction neuve et en rénovation.

#### ■ Dans le monde

Il est assez difficile de se faire une idée précise de l'industrie mondiale de la terre cuite car les technologies mises en œuvre sont très variées, la production très dispersée et les statistiques manquent ou sont souvent fausses. La Chine, l'Inde et le Brésil sont les producteurs principaux (voir le tableau 5).

La production mondiale, basée sur les 15 premiers pays producteurs, devrait être de l'ordre de 3 milliards de tonnes.

**Tableau 2 – Décomposition par familles (chiffres 2006)**

Tuiles	%	Briques de structure	%
« Grand moule » <sup>a</sup> fortement galbées	39	Briques de mur	78
« Grand moule » <sup>a</sup> faiblement galbées	26	Briques de cloison	18
Petit moule	10	Hourdis	2
Tuiles plates	9	Conduits de fumée	2
Tuiles canal	10		
Accessoires	6		
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>100</b>

<sup>a</sup> les tuiles sont dites « grand moule » quand leurs dimensions sont grandes et qu'il faut moins de 15 tuiles pour couvrir un 1 m<sup>2</sup>.

**Tableau 1 – Distribution de la production française de terre cuite selon les produits**

Année	1984	1992	2007
Tuiles (1 000 t)	1 865	2 002	3 246
Briques de structure (1 000 t)	3 174	2 149	2 647
Briques apparentes et pavés (1 000 t)	502	478	382
Autres (1 000 t)	182	204	35
<b>Total (1 000 t)</b>	<b>5 811</b>	<b>4 835</b>	<b>6 310</b>

**Tableau 3 – Nombre d'usines et quantité de personnel**

Année	1984	1992	2007
Nombre d'usines	250	150	100
Chiffre d'affaires (Millions €)			1 113
Personnel			6 163
dont ingénieurs et cadres			811

**Tableau 4 – Production européenne de terre cuite**

Année 2003	France	Allemagne	Italie	Espagne	Portugal	Benelux	UK	EU (15)
<b>Briques</b> (en millions de tonnes)	2,6	8,4	18,2	28	4	5	6,9	~ 80
<b>Tuiles</b> (en millions de tonnes)	2,9	2,6	1,7	1,6	0,8	n.a.	0,12	~ 10
<b>Total</b> (en millions de tonnes)	<b>5,5</b>	<b>11</b>	<b>19,9</b>	<b>27,6</b>	<b>4,1</b>	<b>5</b>	<b>7,1</b>	<b>~ 90</b>
Nombre d'usines	100	153	161	395	73	80	102	~ 1 500
Bâtiments construits (milliers/ an)	314	240	257	636	60	110	203	~ 2 275
Consommation de briques / bâtiment (t/ bâtiment)	8,3	35	70,8	44	66	45	34	35
Consommation de tuiles / bâtiment (t/ bâtiment)	9,2	10,8	6,6	2,5	13		0,6	4,4

**Tableau 5 – Production mondiale de briques de terre cuite (chiffres 2000)**

Pays	Personnel (en milliers)	Production (en millions de tonnes)	Nombre de bâtiments/ an (en milliers)	Nombre d'usines (en milliers)	Consommation/bâti- ment (t/bâtiment)
Chine	5 000	1 300	25 000	90	52
Inde	1 500	360		50	
Brésil	400	100		5,5	
Europe (15)	69	90	2 275	1,5	39
Iran		23,4		0,9	
USA	15	19	2 000	0,2	9,5
Pakistan	250	18		> 3	
Russie		16	510		31
Maghreb	20	14		0,42	
Turquie	45	19	360		53
Afrique du sud	12	10			
Indonésie	125	10		4,5	
Bangladesh	130	8		3	
Ukraine		4,2			
Australie	3,85	3,4			
<b>Sous-total</b>		<b>2 007</b>			

## Définitions

On donne ci-dessous quelques définitions utilisées dans l'article principal.

La **capacité d'échange cationique** (CEC) d'un sol est une mesure du nombre total de sites disponibles pour l'échange de cations, ou nombre total de cations échangeables, ou nombre de sites négatifs dans la matrice du sol. L'unité est le *milliéquivalent par 100 grammes* (mEq/100 g) de sol ou le *centimole de charge positive par kilogramme* sachant que 1 cmole(+)/kg = 1 meq/100 g.

### Épaisseur de la double couche

L'épaisseur de cette couche  $x$  est calculée selon la théorie de la double couche.

$$x = \sqrt{(DkT/8\pi n_0 e^2 v^2)}$$

avec	D	permittivité relative du milieu,
	k	constante de Boltzmann,
	T	température (K),
	$n_0$	concentration ionique,
	$e$	charge électronique élémentaire,
	$v$	la valence des cations.