

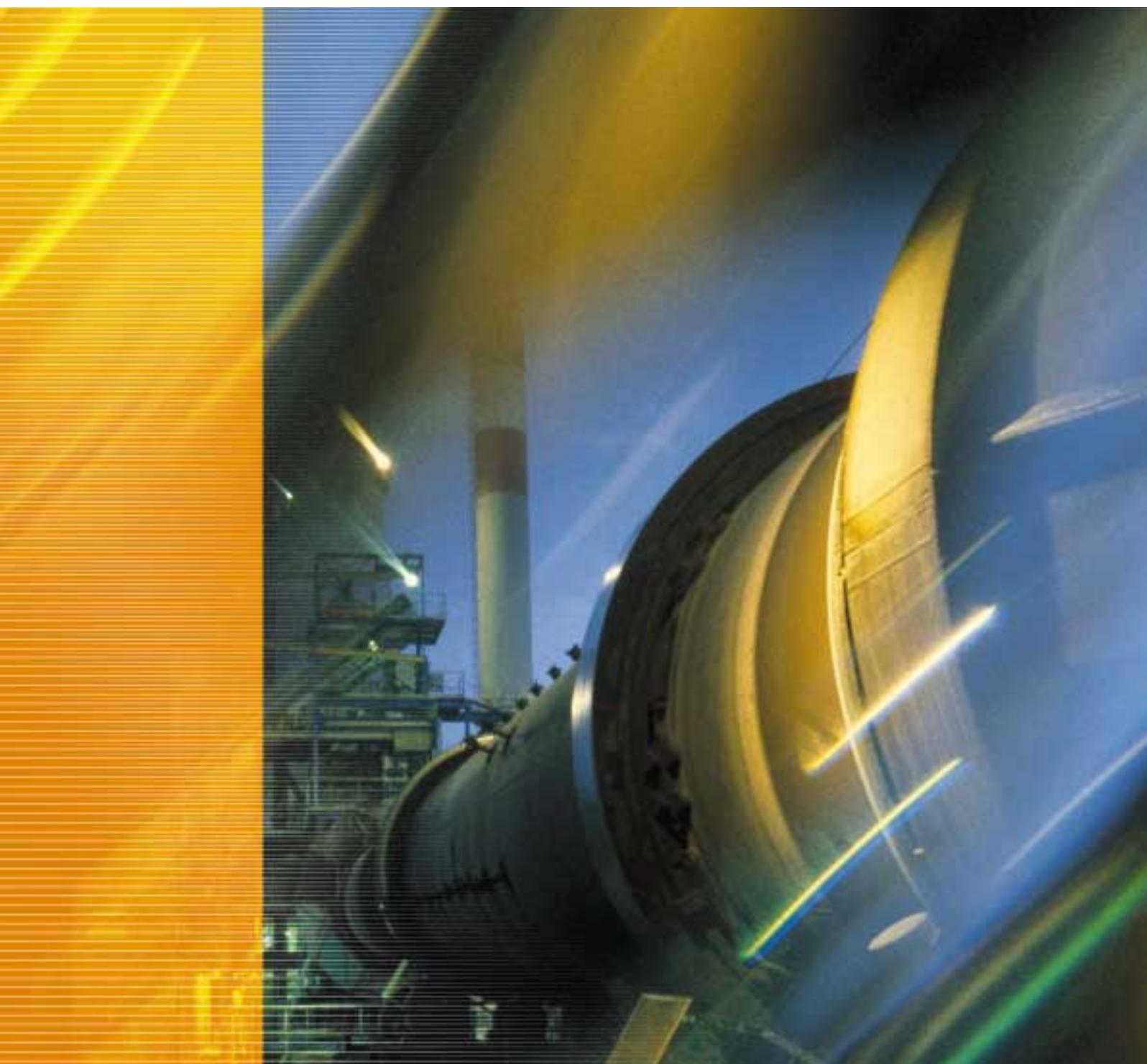


Ciments Calcia

Italcementi Group

Etre 1^{er} à vos côtés

La fabrication du ciment





● L'extraction et la préparation des matières premières

Les matières premières sont extraites des parois rocheuses d'une carrière à ciel ouvert par abattage à l'explosif ou à la pelle mécanique ou encore par ripage au bulldozer. La roche est reprise par des dumppers vers un atelier de concassage.

Pour produire des ciments de qualités constantes, les matières premières doivent être très soigneusement échantillonnées, dosées et mélangées de façon à obtenir une composition parfaitement régulière dans le temps.

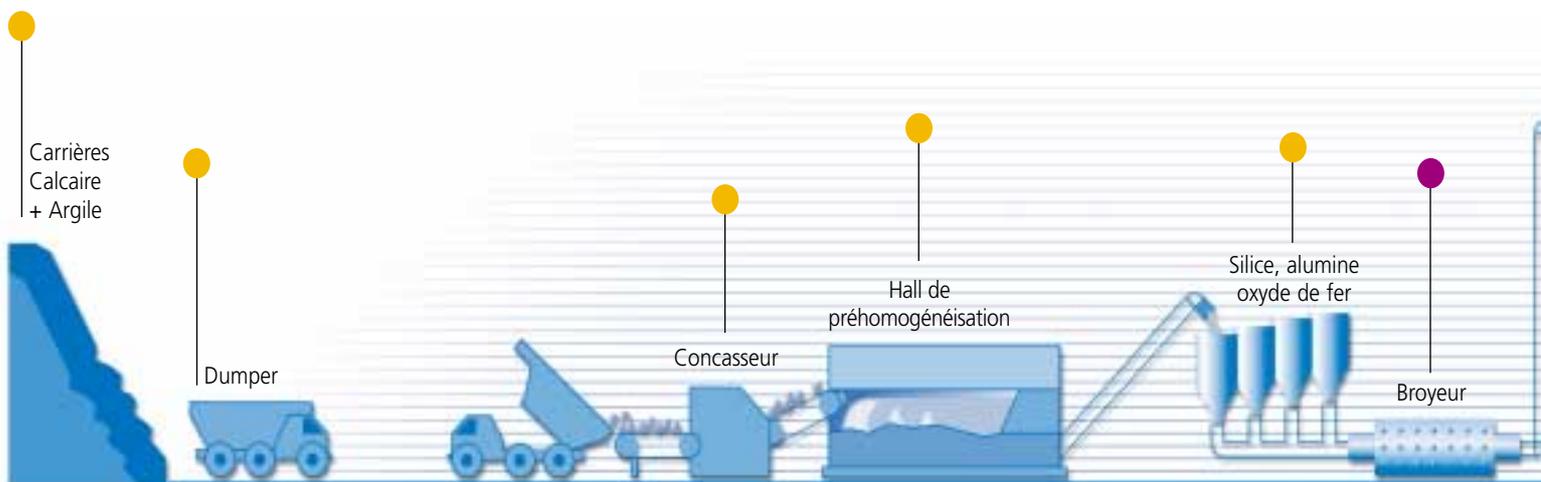
De la roche naturelle à la **Pierre de l'homme**

La fabrication du ciment est un procédé complexe qui exige un savoir-faire, une maîtrise des outils et des techniques de production, des contrôles rigoureux et continus de la qualité.

Mais si elle peut varier d'une cimenterie à l'autre en fonction de la qualité du gisement exploité, la composition du cru reste dans des proportions bien définies :

- Carbonate de calcium (CaCO_3) : de 77 à 83 %
- Silice (SiO_2) : de 13 à 14%
- Alumine (Al_2O_3) : de 2 à 4%
- Oxyde ferrique (Fe_2O_3) : de 1,5 à 3 %

La roche est échantillonnée en continu pour déterminer la quantité des différents ajouts nécessaires (oxyde de fer, alumine et silice). Le mélange est ensuite réalisé dans un hall de préhomogénéisation où la matière est disposée en couches horizontales superposées puis reprise verticalement.



● Le séchage et le broyage



Pour favoriser les réactions chimiques ultérieures, les matières premières doivent être séchées et broyées très finement (quelques microns)

dans des broyeurs à boulets ou dans des broyeurs à meules verticaux. Ces derniers, plus récents, sont plus économes en énergie et permettent un séchage plus efficace.

Ensuite 3 voies sont possibles : la voie humide, la voie sèche et semi-sèche.

La première est plus ancienne et implique une grande consommation d'énergie pour évaporer l'eau excédentaire. Aujourd'hui, Ciments Calcia n'utilise plus que la voie sèche ou semi-sèche.

Dans ces procédés, les matières premières sont parfaitement homogénéisées et séchées lors de l'opération de broyage afin d'obtenir la farine.

Celle-ci peut être introduite directement dans le four sous forme pulvérulente (voie sèche), ou préalablement transformée en "granules" par humidification (voie semi-sèche).



● La cuisson

La cuisson se fait à une température voisine de 1450 °C dans un four rotatif, long cylindre

tournant de 1,5 à 3 tours/minute et légèrement incliné. La matière chemine lentement et se combine en venant à la rencontre de la source de chaleur, une longue flamme alimentée au charbon pulvérisé, au fuel lourd,

au gaz, ou encore partiellement avec des combustibles de substitution (valorisation de résidus d'autres industries).

L'énergie calorifique consommée est considérable : 3 200 à 4 200 K Joules (l'équivalent de 100 kg de charbon) par tonne de clinker produit.

Pour améliorer le bilan thermique, on utilise en amont du four un échangeur thermique qui préchauffe le cru à environ 800 °C.

Deux types d'échangeurs sont utilisés :

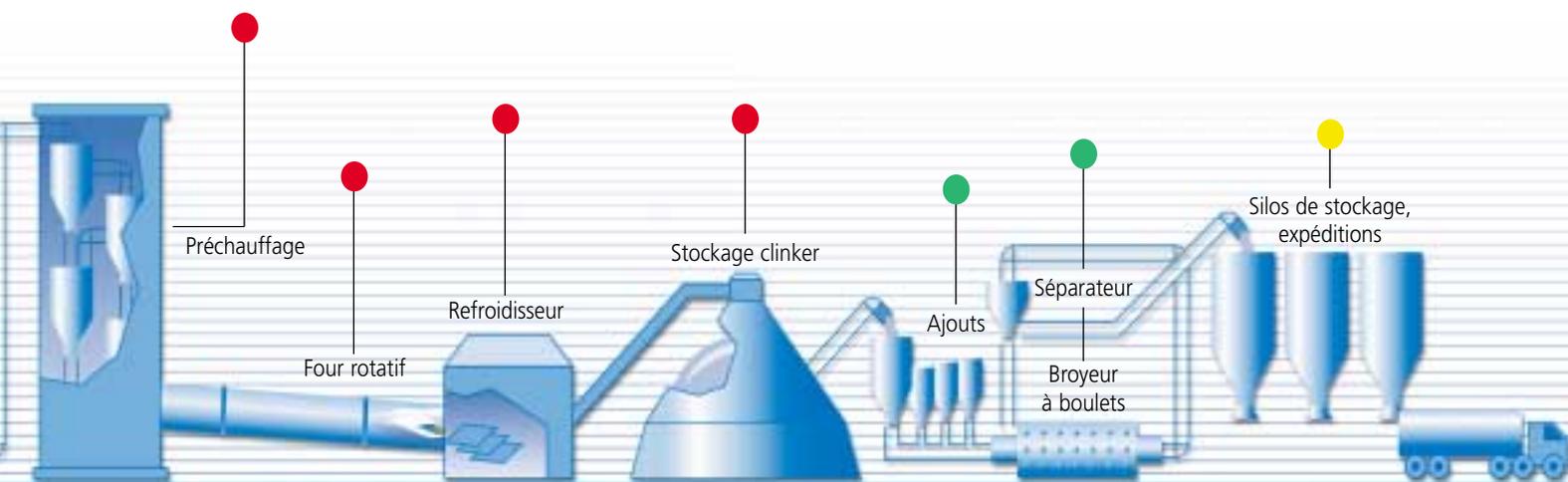
- l'échangeur à cyclone si le cru est introduit dans le four sous forme pulvérulente (voie sèche),
- l'échangeur à grille s'il est introduit sous forme de granules humidifiées (voie semi-sèche).

Entre l'échangeur et le four, est quelquefois installé un brûleur supplémentaire assurant une «précalcination», c'est à dire une décarbonatation partielle qui favorise les réactions ultérieures de clinkérisation et améliore la fiabilité de l'atelier de cuisson.

A la sortie du four, un refroidisseur à grille permet d'assurer la trempe des nodules incandescents et de les ramener à une température d'environ 100 degrés.

Tout au long de la cuisson, un ensemble de réactions physico-chimiques conduit à l'obtention du clinker :

- la décarbonatation du carbonate de calcium (calcaire) donne de la chaux vive,
- l'argile se scinde en ses constituants : silice et alumine qui se combinent à la chaux pour former des silicates et aluminates de chaux. Ce phénomène progressif constitue la clinkérisation.



● Du clinker aux ciments

Pour obtenir un ciment aux propriétés hydrauliques actives, le clinker doit être à son tour broyé très finement. Ce broyage s'effectue dans des broyeurs à boulets. Les corps broyants sont constitués de boulets d'acier qui, par choc, font éclater les grains de clinker et amènent progressivement le ciment à l'état de fine farine, ne comportant que très peu de grains supérieurs à 40 microns. A la sortie du broyeur, un cyclone sépare les éléments suffisamment fins des autres qui sont renvoyés à l'entrée du broyeur.

C'est également lors du broyage que l'on ajoute au clinker le gypse (3 à 5%) indispensable à la régulation de prise du ciment. On obtient alors le ciment "Portland". Les ciments "à ajouts" sont obtenus par l'addition au clinker, lors de son broyage, d'éléments minéraux supplémentaires contenus par exemple dans les laitiers de hauts fourneaux, les cendres de centrales thermiques, les fillers calcaires, les pouzzolanes naturelles ou artificielles. Ainsi sont obtenues les différentes catégories de ciments qui permettront la réalisation d'ouvrages allant du plus courant au plus exigeant.

● Les expéditions



Acheminés vers les silos de stockage par transport pneumatique ou mécanique, les ciments quittent l'usine en sacs ou en vrac. Les sacs contiennent généralement 25 ou 50 kg de ciment et l'ensachage atteint fréquemment 100 tonnes par heure. Les sacs sont acheminés vers des palettiseurs qui constituent des palettes de 1500 kg transportées par camion. Le ciment livré en vrac constitue 70% de la production. Il est transporté par camion-citerne, par train ou par bateau.

La salle de contrôle



Les cimenteries modernes sont aujourd'hui fortement automatisées.

Les ordinateurs analysent en permanence les données transmises par les capteurs disposés en différents points de l'unité de production. De la salle de contrôle, 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, les techniciens supervisent l'ensemble des phases de la production, de la carrière jusqu'à l'ensachage.

Le contrôle qualité



De la qualité du ciment dépendent la résistance et la pérennité des ouvrages.

Le ciment répond à des normes françaises et européennes très sévères sur lesquelles les cimenteries s'engagent. C'est pourquoi Ciments Calcia a depuis longtemps mis en place des procédures de contrôle rigoureuses qui lui permettent de garantir la qualité du produit.

La certification ISO 9002

Cette maîtrise de la qualité a permis à Ciments Calcia de devenir le premier cimentier de l'Union Européenne intégralement certifié ISO 9002. Cette reconnaissance officielle attribuée par un organisme indépendant — l'AFAQ — concerne la totalité de l'organisation, de l'usine au siège, en passant par les services, la distribution et les agences commerciales.



La magie du ciment

Lors du gâchage, l'hydratation se produit : les silicates bi et tricalciques se dissolvent et recristallisent pour former du silicate monocalcique hydraté et d'autres éléments cristallins. Ces cristaux, en se fixant entre eux et aux granulats, confèrent au ciment sa résistance.

Le ciment

Les chercheurs ont longtemps été intrigués

par la composition d'une roche naturelle présente à Portland, en Angleterre, dont les remarquables propriétés hydrauliques (faculté de durcir en présence d'eau) laissaient entrevoir, si sa production pouvait être maîtrisée, des développements considérables pour les bâtisseurs. C'est au milieu du 19^{ème} siècle que la structure du ciment fut vraiment découverte par le français Louis Vicat.

Le ciment est produit en portant à une température de 1450 °C un mélange de calcaire et d'argile.

On obtient alors des nodules durs appelés clinker.

Le clinker additionné de gypse est broyé très finement pour obtenir le ciment "Portland". L'ajout au clinker, lors de son broyage, d'autres éléments minéraux (laitiers de hauts fourneaux, cendres de centrales thermiques, fillers calcaires, pouzzolanes naturelles ou artificielles) permet l'obtention des différentes catégories de ciments "à ajouts".

Mélangé à des granulats, du sable, des adjuvants et de l'eau, le ciment est l'élément de base indispensable pour la fabrication du béton, dont il est le composant actif. C'est pourquoi il est aujourd'hui l'élément essentiel et incontournable du secteur de la construction contemporaine et donc du monde moderne.

Calcaire

Argile



Clinker

Gypse



Produits d'addition



Ciment



Nous vivons avec le ciment.

Quotidiennement.

**Le ciment est partout,
élément basique, donc essentiel.**

**Par l'extraordinaire diversité
de ses usages, le ciment est
le matériau du XXI^e siècle.**

Lexique

► **Broyeur à boulets** : Grand cylindre métallique horizontal mis en rotation et rempli au 1/3 de boulets d'aciers qui broient la matière en se heurtant et en se frottant dans un mouvement de cascade.

► **Broyeur vertical** : Broyeur de conception plus récente où la roche est broyée par des meules, à la façon des moulins à huile de l'antiquité.

► **Cendres de centrale thermique** : Résidu de la combustion des charbons dans les centrales thermiques (EDF) recueilli dans les filtres. A l'état vitreux, elles peuvent devenir actives et leur silice se combine à la chaux dégagée par l'hydratation du clinker.

► **Clinker** : Produit de la cuisson des constituants du ciment, à la sortie du four et avant broyage.

Le clinker se présente sous forme de nodules durs et cristallisés, de teinte gris foncé pour les ciments habituels et verte pour le clinker de ciment blanc.

La composition des clinkers gris est en moyenne :

- Silicate tricalcique ($\text{SiO}_2 - 3 \text{CaO}$), en abrégé C3S : 50 à 65%
- Silicate bicalcique ($\text{SiO}_2 - 2 \text{CaO}$), en abrégé C2S : 15 à 20%
- Aluminate tricalcique ($\text{Al}_2\text{O}_3 - 3 \text{CaO}$), en abrégé C3A : 5 à 15%
- Ferro-aluminate tétracalcique ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3 - 4 \text{CaO}$), en abrégé C4AF : 5 à 10%

La composition minéralogique du clinker obtenu après cuisson des matières crues est fonction de la composition du mélange mais aussi de la température de cuisson et des conditions de refroidissement (trempé à l'air).

► **Clinkérisation** : Passage de la matière de l'état de farine crue à l'état de clinker (cuisson).

► **Cuisson** : Les composés du ciment sont cuits dans des fours où, à environ 1450 °C, ils prennent une consistance pâteuse et sont proches de la fusion. A la fin de la cuisson ils forment le clinker.

► **Dumper** : Camion benne de fort tonnage (30 tonnes et plus) qui transporte les roches abattues du front de carrière au concasseur.

► **Echangeur à cyclone** : Tour de préchauffage de la farine où les particules sont chauffées en suspension dans un flux de gaz chaud.

► **Echangeur à grille** : Système utilisé pour préchauffer le cru sous forme de granules (voie semi-sèche).

La grille supporte une couche de granules qui est traversée par un flux de gaz chaud.

► **Farine** : Ou mouture ; état du cru après broyage et avant cuisson.

► **Filler calcaire** : Poudre de calcaire.

► **Hydraulicité** : Faculté de former, par réaction avec l'eau, des composés hydratés stables très peu solubles dans l'eau.

► **Laitiers de hauts fourneaux** : Résidu de la fabrication de la fonte provenant de la gangue des minerais de fer et des fondants que l'on ajoute au minerai. Sa composition est d'environ 1 partie d'alumine pour 2 parties de silice et 3 parties de chaux. Pour être actif, le laitier doit être granulé (projeté à l'état fondu dans un courant d'eau froide). C'est dans cet état vitreux qu'il peut être mélangé au clinker pour former un des éléments résistants des ciments hydratés.

► **Pozzolane** : Matière silico-alumineuse naturelle ou artificielle dans laquelle la silice et l'alumine peuvent se combiner à la chaux à température ordinaire et en présence d'eau, pour former des composés stables. Vient de "Pozzoles", ville proche de Naples, riche en roche silicieuse naturelle éruptive.

► **Pozzolanique** : Qui possède les propriétés des pouzzolanes.

► **Voie humide** : Dans la voie humide, le cru est broyé et malaxé en présence d'eau pour former une pâte liquide avant cuisson. Dans la voie semi-humide, le mélange est en partie débarrassé de son eau avant cuisson.

► **Voie sèche et semi-sèche** : Dans la voie sèche le cru est éventuellement séché puis broyé finement et envoyé dans le four sous forme pulvérulente. Dans la voie semi-sèche, le cru est aggloméré en boulettes avant cuisson.

Ciments Calcia
Les Technodes
78930 Guerville
tél. : 01 34 77 78 00
fax : 01 34 77 79 06
www.ciments-calcia.fr
info@ciments-calcia.fr