

**Zeitschrift:** Bulletin du ciment  
**Herausgeber:** Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)  
**Band:** 12-13 (1944-1945)  
**Heft:** 12

**Artikel:** Les cristaux du ciment  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-145225>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BULLETIN DU CIMENT

DÉCEMBRE 1944

12ÈME ANNÉE

NUMÉRO 12

---

## Les cristaux du ciment

Les minéraux des matières premières et du produit fini. Les cristaux dans le ciment après la prise. Les combinaisons cristallines de la chaux avec la silice, l'alumine et l'oxyde de fer. Croissance et durcissement des cristaux. Bibliographie.

L'aspect pulvérulent du ciment ne permet pas de supposer qu'il se compose en grande partie de minéraux cristallisés. Ces **cristaux du ciment** sont toutefois **extrêmement petits** puisque leurs dimensions, qui ne dépassent guère plus de  $\frac{1}{50}$  mm, dépendent évidemment de la finesse de mouture. L'examen de ces cristaux doit donc s'effectuer au moyen du microscope.

Avec de bons instruments optiques, l'observateur fera des découvertes étonnantes dans cette poussière de ciment qui semble si peu intéressante. La **couleur grise se décompose** en une mosaïque d'admirables cristaux ou de fragments de cristaux colorés. Des prismes, des cubes, des rhomboèdres, parfois des aiguilles scintillent subitement sous l'œil émerveillé. Les différents indices de réfraction, les réflexions et les interférences des cristaux engendrent un chatoyement, une irisation du plus bel effet.

Le scrutateur qui étudie ce monde de merveilles sait bien que les composants purs du ciment apparaissent dans la nature sous forme de pierres précieuses ou semi-précieuses et qu'ils contiennent une grande variété de particules cristallines microscopiques, bien que les **produits techniques servant à la fabrication du ciment** ne permettent pas de le déceler sans autre.

### Minéraux cristallins des matières premières.

Le constituant principal du ciment portland, la chaux (jusqu'à 65 %), se trouve en général dans les matières premières sous forme de fins cristaux de **calcite** (carbonate de calcium, voir fig. 3).

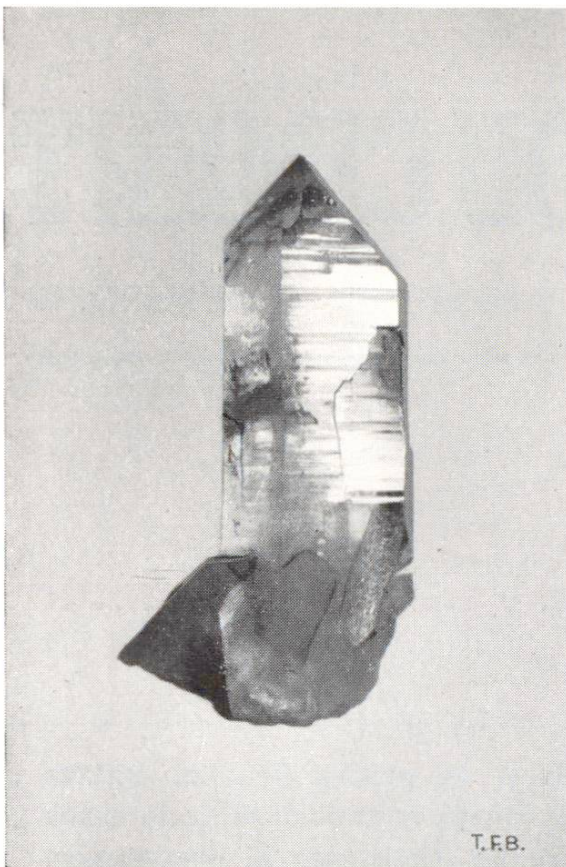


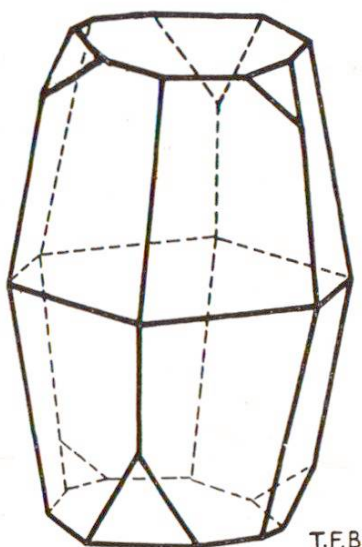
Fig. 1 Le quartz (cristal de roche) est techniquement de la silice pure. Celle-ci est un des principaux constituants élémentaires du ciment qui en contient environ  $\frac{1}{5}$  ème de son poids

Le second constituant, la **silice**, dont la proportion atteint environ 20 %, existe souvent à l'état de cristaux microscopiques de quartzite (voir fig. 1), quoique la majeure partie de la silice soit dispersée dans les produits initiaux en une substance argileuse résultant de la décomposition des feldspaths, dont on connaît les purs cristaux. L'**alumine** nécessaire à la fabrication d'un sac de ciment permettrait de préparer artificiellement 3 à 5 kg des plus beaux saphirs et rubis. L'**oxyde de fer**, autre constituant du ciment portland, peut apparaître dans la nature sous forme de cristaux rouges d'oligiste (Hématite). Enfin le gypse (sulfate de chaux), utilisé dans une faible proportion, est aussi un minéral cristallin (voir fig. 2, 4 et 5).

### Les minéraux du ciment.

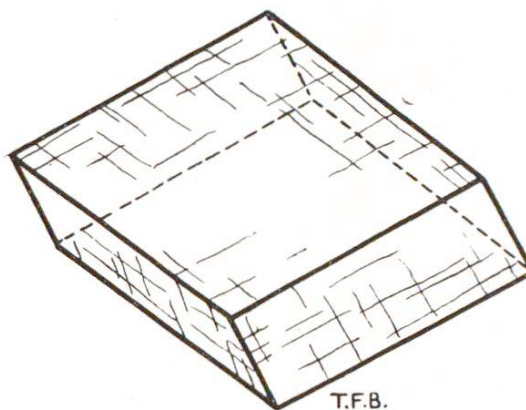
Il peut paraître curieux qu'à la suite des diverses transformations brutales que l'on fait subir aux matières premières du ciment (concassage, malaxage, cuisson, mouture), il puisse de nouveau se produire une cristallisation de minéraux. Dans la chaleur à blanc du four à ciment, les particules de calcaire se décomposent et laissent échapper l'acide carbonique. La chaux vive se combine aux autres minéraux et donne naissance à de nouveaux constituants. Cette réaction chimique est favorisée par le fait que les molécules isolées sont extrêmement dispersées et finement réparties; elles peuvent donc se combiner dans la proportion la plus favorable. Sous l'**influence de l'énorme chaleur** (jusqu'à 1500° C), qui ferait fondre l'acier et ramollir la porcelaine, cette réaction s'effectue assez rapidement. Une petite partie de la farine soumise à la cuisson fond et se **vitriifie**, provoquant ainsi un **suintement** de toute la masse. La matière parvenue ainsi à la limite de

3 ramolissement ou de vitrification est appelée **clinker**. Elle contient dès lors tous les **composants minéraux** donnant les propriétés techniques du ciment portland. Après refroidissement rapide, on la laisse se reposer un certain temps dans les silos, puis on la moule en y ajoutant un peu de gypse pour régulariser la prise. Le ciment est alors prêt à l'emploi.



T.F.B.

Fig. 2 Saphir et rubis. Les deux sont de l'alumine cristallisée



T.F.B.

Fig. 3 Cristal idéal de calcite (carbonate de calcium), constituant important des matières premières du ciment

Le fabricant de ciment sait depuis fort longtemps que ce liant contient des minéraux cristallisés, mais seuls les procédés modernes de l'investigation ont permis, grâce à un travail patient, de déterminer comment naissent ces minéraux et quelle est leur nature et leur composition. Il était surtout intéressant de déceler les propriétés spécifiques inhérentes aux différents cristaux et de rechercher auxquels d'entre eux il faut imputer essentiellement les qualités techniques du ciment.

Dans la masse en fusion du clinker, on trouve **4 constituants principaux différents, tous des minéraux cristallisés**, auxquels on a donné, lors de leur découverte, les noms d'alite, belite, celite et felite, se réservant encore 2 lettres de l'alphabet pour des découvertes éventuelles d'autres cristaux. Aujourd'hui, l'on sait qu'il n'y a pratiquement pas d'autres composants à ajouter à ces 4 minéraux, que l'on désigne maintenant par leur nom chimique, leur composition et leur nature ayant été étudiées à fond.

**Alite** = silicate de calcium tribasique ou silicate tricalcique. Cette combinaison se compose, comme son nom l'indique, de 3 molécules de chaux vive (oxyde de calcium) et de 1 molécule de silice (Quartz). C'est la substance la plus riche en chaux du ciment portland. On la trouve à l'état de cristaux prismatiques blancs (voir fig. 6). Le durcissement hydraulique et les résistances initiales du ciment sont principalement dues à l'alite.

**4 Belite et Felite** = silicate de calcium dibasique ou silicate bicalcique. Composition : 2 molécules de chaux et 1 molécule de silice. Cette combinaison se présente sous deux formes de cristaux. L'une (belite) appartient au système rhomboédrique avec cristaux incolores ou jaunâtres. L'autre (felite) s'apparente au système orthorhombique. Ses cristaux sont aussi incolores. Ces deux constituants du ciment jouent un rôle important dans le durcissement ultérieur.



Fig. 4 Cristal idéal d'hématite, oxyde de fer que l'on trouve aussi dans le ciment

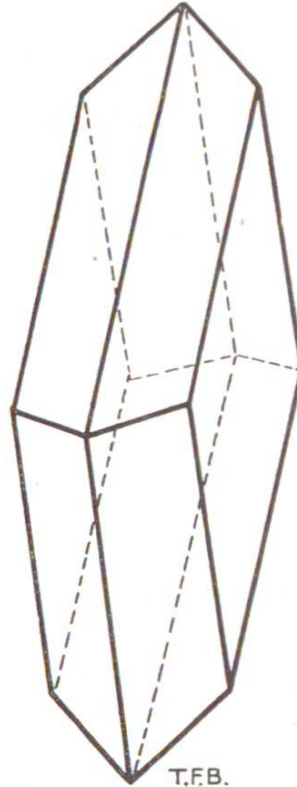


Fig. 5 Cristal de gypse, Celui-ci est employé pour régulariser la durée de la prise du ciment

**Celite** = Brownmillerite, du nom de celui qui l'a découverte. C'est une combinaison complexe de 4 molécules de chaux, 1 molécule d'alumine et 1 molécule d'oxyde de fer. Elle se présente sous forme de cristaux prismatiques de couleur brunâtre à brun-rouge. Elle a de remarquables propriétés hydrauliques.

Dans la substance vitrifiée du ciment, de coloration souvent foncée, on a encore décelé diverses combinaisons, dont la plus importante est l'aluminate tricalcique (3 molécules de chaux et 1 molécule d'argile).

Le **règlage** adéquat de la proportion des divers composants minéraux garantit la **valeur** technique du **liant**.

### Les cristaux du ciment après la prise.

Pendant sa prise et son durcissement subséquent, le ciment se transforme de fond en comble. Une partie de l'eau de gâchage

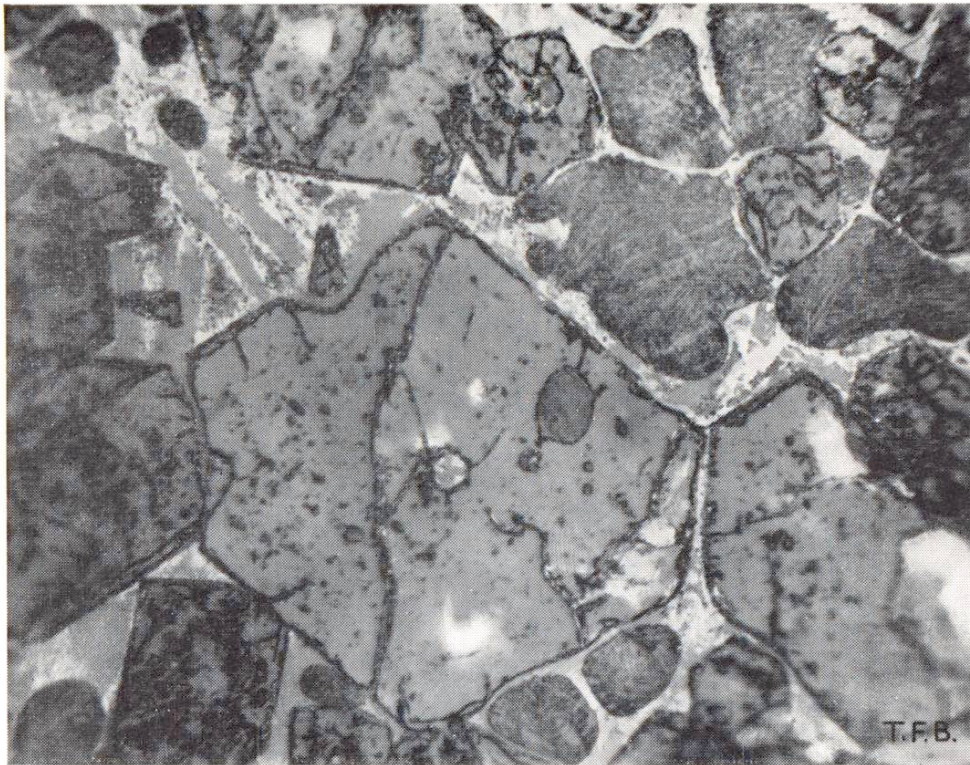


Fig. 6 Microphotographie d'une coupe polie de clinker (agrandissement linéaire 540 x). Les grandes plaques hexagonales sont des cristaux d'alite. Les grains arrondis avec dessin croisé de lamelles sont constitués par la belite. Dans la masse vitrifiée entre les cristaux d'alite et de belite, on aperçoit encore d'autres minéraux

est combinée chimiquement. Au cours de cette réaction, les cristaux isolés et la substance vitrifiée se transforment en **combinaisons hydratées**. La vitesse de réaction varie beaucoup. Elle est d'autant plus rapide que la basicité, c'est à dire la teneur en chaux des composants, est plus élevée. De **nouvelles sortes de cristaux** naissent, d'abord sous forme colloïdale-gels extrêmement dispersés et finement répartis. Puis avec l'augmentation du durcissement et surtout sous l'influence si important du maintien prolongé du mortier ou du béton à l'humidité, ces petits cristaux croissent, s'enchevêtrent et forment des ponts rigides et adhérents entre les diverses surfaces limitrophes des matériaux inertes. Ce sont ces ponts cristallins qui créent la résistance de l'agrégat. Ils seront **d'autant plus durables** que la croissance des cristaux ne sera **pas gênée par des inclusions ou impuretés étrangères**.

Le nombre des diverses combinaisons résultant de l'hydratation du ciment est **notablement plus grand** que dans le ciment lui-même. Ceci est dû au fait que les produits décomposés par l'eau peuvent se recristalliser avec celle-ci de diverses manières et que les eaux-mères, c'est à dire l'eau de gâchage résiduelle qui reste entre les grains de ciment et dont la composition varie continuellement, engendrent aussi une grande variété de cristaux. Malgré les grandes difficultés que présente l'étude de ces intéressants cristaux, on a tout de même pu en identifier déjà un certain nombre, ce qui a permis d'obtenir d'utiles informations sur le processus des réactions caractérisant la prise et le durcissement. Il n'est pas sans intérêt de signaler que des **cristaux de calcite** peuvent se former à la surface du ciment durci sous l'influence

6



Fig. 7  
Cristal triple d'hydrate de chaux nouvelle combinaison résultant de la décomposition de l'alite pendant la prise (agrandissement 50 x)

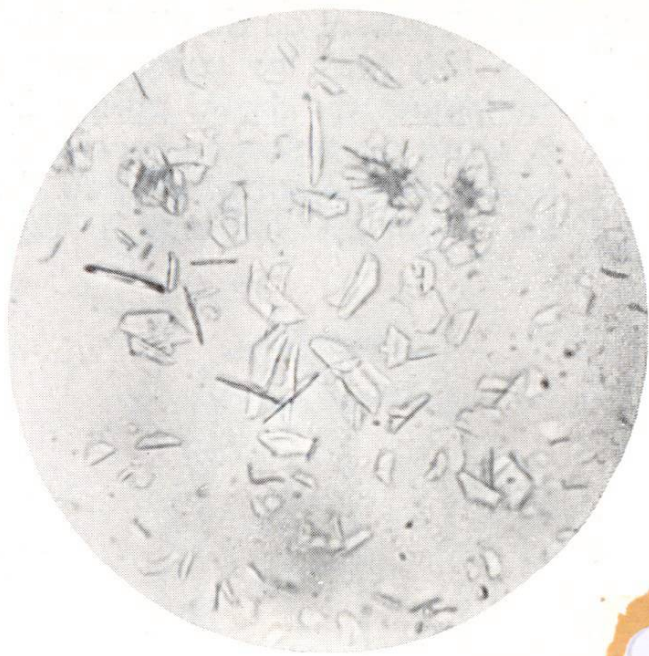


Fig. 8  
Cristaux d'hydrate de chaux et d'alumine résultant de la décomposition de l'aluminat tricalcique pendant la prise (agrandissement 300 x)

(Ces deux illustrations ont été empruntées à P. Schläpfer et G. Berger, voir bibli.)

de l'acide carbonique de l'air. Quoiqu'il s'agisse d'un produit artificiel, le **cycle naturel** s'accomplit donc inéluctablement, du moins partiellement.

### Bibliographie:

- P. Niggli: Manuel de minéralogie. Ed. Borntraeger (dont les fig. 2 à 5 sont empruntées).
- H. Gessner: Essais physico-chimiques de ciments, Annuaire 1927 de la Société suisse des fabricants de ciment, chaux et gypse.
- H. Gessner: La prise du ciment. Rapport No. 41 du LFEM, Zurich, 1929.
- P. Schläpfer et G. Berger: Recherches sur les propriétés des silicates mono-, di-, tribasiques de calcium et des aluminates mono-, tri-, et pentacalciques. Rapport annuel 1932 de la Société suisse des fabricants de ciment, chaux et gypse.
- P. Schläpfer: L'importance des divers composants du ciment pour la prise et le durcissement. Annuaire de la Société suisse des fabricants de ciment, chaux et gypse.
- G. A. Rankin et F. E. Wright, Amer. J. Sc. (IV), **39**, 1, 1915.
- W. C. Hansen, L. T. Brownmiller et R. H. Bogue, J. Amer. chem. Soc. **50**, 396.
- B. Tavasci: Les composants du clinker. Giorn. Chim. Ind. Applic. **16**, 539.
- H. Insley: Caractéristique structurelle de quelques composants du clinker de ciment portland. Bur. Standards J. Res. **17**, 353.
- L. Forsén: De la chimie du ciment portland, Rapport No. 35 de l'Association suisse pour l'essai de matériaux, Zurich, 1935.
- E. Brandenberger: Structure des cristaux et chimie des ciments, Rapport No. 114 du LFEM, Zurich, 1938.

Pour tous autres renseignements s'adresser au

SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES DE L' E. G. PORTLAND  
WILDEGG, Téléphone 8 43 71