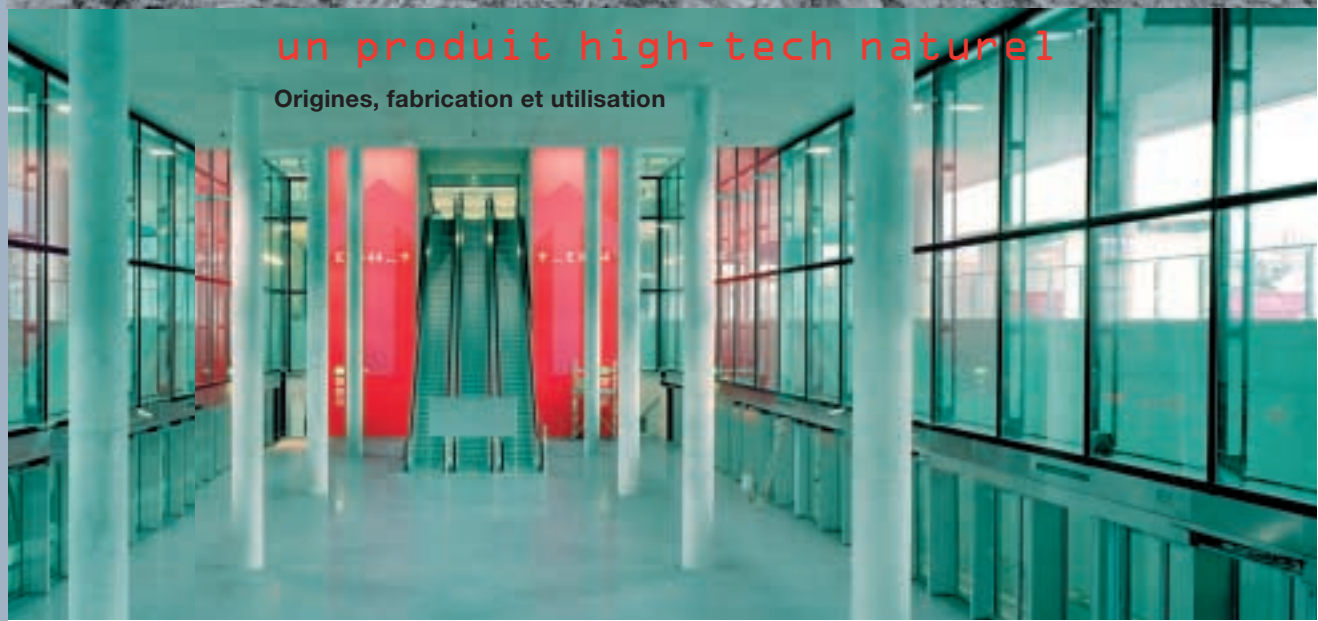
cem suisse

cem suisse

Le Ciment

un produit high-tech naturel

Origines, fabrication et utilisation



cem suisse

Le ciment

un produit high-tech naturel

Origines, fabrication et utilisation

Un matériau chargé d'histoire

Il y a plus de 5000 ans déjà, les Egyptiens savaient fabriquer, à partir de calcaire calciné et de plâtre, une pâte ressemblant au ciment, qui leur permettait de lier durablement les pierres.

De l'Antiquité...

Opus caementitium – c'est du latin que vient le terme de «ciment». Il désignait alors un liant hydraulique composé de calcaire, de marne et d'argile qui, une fois gâché avec de l'eau, durcit pour former un matériau de résistance élevée. Les architectes et les bâtisseurs de l'Empire romain ne sont pas sans connaître cette caractéristique, il y a près de 2000 ans. Avec le «béton romain», un ancêtre de notre matériau moderne, ils érigent dans la Ville éternelle de somptueux ouvrages qui n'auraient jamais vu le jour sans cette invention de génie. Le Panthéon, ce fantastique temple surmonté de la plus grande coupole maçonnée au monde, ou le gigantesque Colisée, majestueuse bâtisse de l'Antiquité, ainsi que d'innombrables habitations, rues, ponts, thermes, ports, citernes, aqueducs et canalisations dans toute l'Europe témoignent aujourd'hui encore de la sophistication de l'art de bâtir chez les Romains.

... aux temps modernes

Tombé dans l'oubli au Moyen Age, le caementum réapparaît lorsque l'Anglais Joseph Aspdin fait breveter en 1824 un produit comparable au ciment, qu'il obtient par le mélange et la cuisson de calcaire et d'argile. En raison de la ressemblance de ce matériau artificiel avec la pierre calcaire de la péninsule anglaise de Portland, celui-ci prend le nom de ciment Portland.

Les XIXe et XXe siècles voient le développement et l'amélioration constants de la composition et des processus de production de ce liant qu'est le ciment, ce qui explique que le béton se soit imposé aujourd'hui comme matériau universel. De nos jours, le ciment est proposé en différentes variétés pour les utilisations les plus diverses. A base de matières premières naturelles, il fait figure de produit high-tech sans lequel notre art de construire moderne serait inimaginable.

Sommaire

1

6 **Une Suisse riche en matières premières**
Préservation des ressources naturelles
Utilisation de matières premières de substitution

2

8 **Un ciment de haute qualité obtenu à partir de pierres naturelles**
Les matières premières: calcaire et marne
La préparation: broyage et mélange
Le processus de cuisson: la farine crue devient du clinker
La phase finale conduisant au ciment

3

12 **A chaque utilisation son type de ciment**
Différents types de ciment
Autres liants
Contrôle de la qualité du ciment
Au bon endroit et au bon moment

4

16 **De l'environnement, pour l'environnement**
Assumer ses responsabilités envers l'environnement: réduction du CO_2
Utilisation accrue des combustibles de substitution: préservation des ressources
La vie renaît dans la carrière: une contribution à la diversité des espèces

5

20 **Le ciment – un composant essentiel du béton**
Ce qui est nécessaire à la fabrication du béton
Mélanger, transporter et mettre en œuvre le béton
A chaque type d'utilisation le béton qui convient
Du béton pour la sécurité et le confort
Le béton dans le cycle écologique

6

26 **Mieux construire grâce au béton**
Le matériau universel de notre temps
Le béton dans la construction d'infrastructures
Le béton dans le bâtiment

7

30 **L'industrie suisse du ciment**
Des débuts modestes...
... à une branche économique importante
Le développement du marché autrefois...
... et de nos jours
Les entreprises qui produisent du ciment en Suisse

36 **Annexe**
Pour en savoir plus sur le ciment et le béton
Pour prendre contact

Une Suisse riche en matières premières

La Suisse est assez pauvre en ressources minérales. Font exception les abondants gisements de matières premières non métalliques comme le gravier, le calcaire et la marne; leur poids économique est important pour notre pays. Leur extraction, leur exploitation et le parti qu'on peut en tirer sont à l'origine – directement et indirectement – de nombreux emplois. C'est également le cas dans l'industrie suisse du ciment, qui trouve dans le pays le moyen de couvrir à 100 % ses besoins en matières premières.

Préservation des ressources naturelles

Pour sa fabrication, le ciment nécessite principalement du calcaire, ainsi que de l'argile ou de la marne. Ces roches sédimentaires sont disponibles en grande quantité dans l'arc jurassien et dans les Préalpes du nord; elles sont présentes en plus faible quantité dans les Alpes méridionales. On trouve également beaucoup de molasse marneuse riche en argile sur le Plateau, dans les régions frontalières du Jura et dans les Alpes calcaires du nord.
Les entreprises de l'industrie suisse du ciment ont conscience du fait que ces matières accumulées au cours de l'histoire de notre planète ne se renouvellent que sur des millions d'années. Pour cette raison, elles veillent à ménager ces précieuses ressources.

Utilisation de matières premières de substitution

Depuis de nombreuses années déjà, on s'efforce, en Suisse, de remplacer les matières premières extraites en carrière par des matières de substitution – dans les limites des exigences techniques et chimiques. C'est ainsi que des matériaux d'excavation (tunnels et terrains à bâtir propres), des terres polluées par des hydrocarbures ou provenant de l'assainissement d'anciennes décharges peuvent être réutilisés judicieusement au lieu d'être éliminés moyennant des processus coûteux. Les cendres des combustibles utilisés lors de la fabrication du clinker sont chimiquement très proches des matières premières nécessitées par celle-ci et peuvent donc elles-mêmes être valorisées dans les fours à ciment. Les combustibles de substitution présentant une forte teneur en cendres (p.ex. les boues d'épuration séchées) comptent ainsi parmi les matières premières de substitution.
En raison de la composition chimique bien définie du ciment, le recours à des matières premières de substitution a néanmoins des limites. Pour l'industrie suisse du ciment, la priorité absolue reste un ciment de haute qualité.

1 Carrière de calcaire: on fore les trous destinés aux charges explosives
2 Carrière de marne: extraction par rippage

Un ciment de haute qualité obtenu à partir de pierres naturelles

La fabrication du ciment est un processus exigeant, nécessitant une longue suite d'opérations. Elle est illustrée à la fin de cette brochure, sur le rabat de la couverture.

Les matières premières: calcaire et marne

En raison de leur composition naturelle, le calcaire et la marne – cette dernière aussi du fait de sa teneur en aluminium – conviennent parfaitement à la fabrication du ciment. Pour produire une tonne de ciment, il faut environ une tonne et demie de matières premières. Ces roches, déposées dans la mer jurassique il y a plusieurs millions d'années, sont extraites à ciel ouvert. Alors que, dans les carrières, le calcaire – matériau dur – doit être abattu par des tirs de mines, on peut généralement extraire la marne, moins dure, par rippage au moyen de bulldozers, sans avoir recours à des explosifs. Des sondages permettent d'analyser au préalable, dans le laboratoire de la cimenterie, les matières premières d'une nouvelle exploitation et de vérifier que celles-ci se prêtent à la fabrication du ciment.

Les matières extraites sont réduites en morceaux de la taille d'un poing dans le concasseur primaire, puis entreposées temporairement dans une halle de stockage ad hoc. Ce stockage permet encore de ne pas arrêter la production lorsque l'extraction ou le convoyage des matières premières sont interrompus.

1 La charge explosive de la paroi de calcaire a été allumée
2 Le calcaire abattu à l'explosif est chargé sur dumpers par des chargeuses sur pneus, puis amené au concasseur
3 Broyeur à farine crue: le calcaire y est réduit à l'état de poudre

La préparation: broyage et mélange

Depuis la halle de stockage, la roche brute est amenée dans le broyeur à farine sur une bande transporteuse. Là, elle est d'abord séchée par des gaz chauds sortant du four, puis broyée par des meules exerçant une très grande pression; la finesse ainsi obtenue – qui peut être comparée à celle de la farine de boulanger – fait alors l'objet d'un contrôle rigoureux.
Un ciment de haute qualité se distingue par sa composition chimique bien définie. Si certains éléments sont absents ou insuffisamment présents dans les matières premières, ils peuvent être remplacés par des matières de correction. C'est ainsi, p.ex., que l'on ajoute au mélange, dans le broyeur à farine, du sable siliceux pour compenser une teneur en silice trop basse des matières premières. La farine crue ainsi obtenue est alors soigneusement mélangée dans le silo d'homogénéisation, ce qui permet de garantir que chaque gramme de farine présente exactement la même composition chimique.

1 La cuisson proprement dite a lieu dans le four à ciment rotatif
2 Sorti du four rotatif, le clinker à ciment incandescent tombe sur la grille du refroidisseur
3 La tour à échangeur de chaleur: élément caractéristique de toute cimenterie
4 Halle de stockage des matières premières: le calcaire et la marne concassés attendent d'être broyés
5 Broyeur à boulets: le clinker est broyé au degré de finesse souhaité

Le processus de cuisson: la farine crue devient du clinker

L'installation qui frappe le plus dans une cimenterie est la tour à échangeur de chaleur. C'est là, dans des cyclones – des cylindres d'acier de 4 à 6 m de diamètre – que la farine crue est préchauffée par les gaz brûlants sortant du four à 1000° C et qu'elle est déjà en partie calcinée, c'est-à-dire décarbonatée. Elle arrive ensuite directement dans le four cylindrique rotatif, où a lieu le processus de cuisson proprement dit. Ce four en acier légèrement incliné a un diamètre de 4 à 5 m pour une longueur de 50 à 70 m et il tourne autour de son propre axe longitudinal. Par un processus chimique à 1450° C, les minéraux qui constituent la farine y sont transformés en clinker, un minéral artificiel composé essentiellement de silicate de calcium. Le clinker, qui a l'aspect de cailloux incandescents, voit très rapidement sa température baisser jusqu'à 100° C environ dans un refroidisseur, au contact de l'air froid. Les gros morceaux de clinker sont réduits en morceaux plus petits dans un concasseur avant leur transport et leur stockage intermédiaire dans des halles ou des silos. Même si le clinker n'est pas encore utilisable sous cette forme, il possède déjà toutes les propriétés qui, par la suite, font la valeur du ciment.

La phase finale conduisant au ciment

Dans le broyeur à ciment – en règle générale, un broyeur à boulets à 2 ou 3 compartiments – le clinker est réduit en poudre pour donner du ciment dont le degré de finesse est déterminé en fonction de son utilisation ultérieure. Les composants principaux et secondaires incorporés dans le broyeur à ciment, comme le calcaire, les cendres volantes de houille, le laitier de haut-fourneau ou les autres ajouts, sont, au même titre que le degré de finesse, décisifs pour donner au ciment les qualités spécifiques exigées par les utilisations les plus diverses. On peut donc fabriquer différentes sortes de ciment à partir d'un seul et même clinker. De plus, en ajoutant environ 5 % de gypse, on garantit que la prise débute au moment optimal pour permettre la mise en œuvre du béton.

A chaque utilisation son type de ciment

En fonction de sa composition et de sa granulométrie, le ciment présente des caractéristiques techniques différentes qui ont des effets sur son ouvrabilité, la rapidité de sa montée en résistance et la résistance normalisée à la compression du béton que ce liant aura permis de fabriquer.

Différents types de ciment

La qualité du ciment et du béton est réglementée par les normes européennes. La norme SN EN 197-1 concerne le ciment et la norme SN EN 206-1 le béton. En Suisse, compte tenu des spécifications des produits figurant dans la norme SN 197-1, on distingue cinq types de ciment (CEM I à V), voir tableau sur la prochaine page.

En fonction de leur résistance normalisée à la compression (MPa) au bout de 28 jours, les ciments sont répartis en trois classes de résistance: 32,5 / 42,5 / 52,5. Celles-ci peuvent encore être subdivisées en fonction de la rapidité de la montée en résistance, c'est-à-dire de la résistance initiale: les ciments atteignant une résistance normale au bout de deux jours sont identifiés par la lettre «N» (= normale), et ceux qui ont une résistance plus élevée au bout de deux jours sont identifiés par «R» (= rapide). En règle générale, plus le ciment est broyé fin, plus sa résistance se développe rapidement.

Par le passé, en Suisse, on ne fabriquait pour ainsi dire que des ciments à partir de clinker Portland. Toutefois, à la suite de considérations d'ordre écologique, l'industrie suisse du ciment a encouragé de manière ciblée l'utilisation de ciments Portland composés (CEM II), qui comportent une part significative de calcaire pur.

1 Laboratoire pour bétons: on y étudie la structure du béton
2 Laboratoire pour bétons: ces blocs de béton seront soumis à des essais de résistance
3 Laboratoire de la production de ciment: un robot analyse les échantillons de farine crue

			Pourcentages en masse		
Type de ciment	Désignation	Dénomination	Clinker	Additifs	Constituants secondaires
CEM I	**CEM I**	Ciment Portland	95 – 100		0 – 5
CEM II	**CEM II/A-S**	Ciment Portland	80 – 94	6 – 20	0 – 5
	CEM II/B-S	au laitier	65 – 97	21 – 35	0 – 5
	CEM II/A-D	Ciment Portland à la fumée de silice	90 – 94	6 – 10	0 – 5
	CEM II/A-P	Ciment Portland	80 – 94	6 – 20	0 – 5
	CEM II/B-P	à la pouzzolane	65 – 79	21 – 35	0 – 5
	CEM II/A-Q		80 – 94	6 – 20	0 – 5
	CEM II/B-Q		65 – 79	21 – 35	0 – 5
	CEM II/A-V	Ciment Portland	80 – 94	6 – 20	0 – 5
	CEM II/B-V	aux cendres volantes	65 – 79	21 – 35	0 – 5
	CEM II/A-W		80 – 94	6 – 20	0 – 5
	CEM II/B-W		65 – 79	21 – 35	0 – 5
	CEM II/A-T	Ciment Portland	80 – 94	6 – 20	0 – 5
	CEM II/B-T	au schiste calciné	65 – 79	21 – 35	0 – 5
	CEM II/A-L	Ciment Portland	80 – 94	6 – 20	0 – 5
	CEM II/B-L	au calcaire	65 – 79	21 – 35	0 – 5
	CEM II/A-LL		80 – 94	6 – 20	0 – 5
	CEM II/B-LL		65 – 79	21 – 35	0 – 5
	CEM II/A-M	Ciment Portland	80 – 94	6 – 20	0 – 5
	CEM II/B-M	composé	80 – 94	21 – 35	0 – 5
CEM III	**CEM III/A**	Ciment de haut-fourneau	35 – 64	36 – 65	0 – 5
	CEM III/B		20 – 34	66 – 80	0 – 5
	CEM III/C		5 – 19	81 – 95	0 – 5
CEM IV	**CEM IV/A**	Ciment pouzzolanique	65 – 89	11 – 35	0 – 5
	CEM IV/B		45 – 64	36 – 55	0 – 5
CEM V	**CEM V/A**	Ciment composé	40 – 64	18 – 30	0 – 5
	CEM V/B		20 – 38	31 – 50	0 – 5

Autres liants

Parmi les liants se présentant sous forme d'une poudre qui durcit après gâchage à l'eau, le ciment est de loin le plus important. Il existe également des chaux hydrauliques qui sont cuites à température plus basse. Compte tenu de leurs propriétés chimiques, elles ne peuvent pas atteindre la résistance du ciment. Il en va de même pour le plâtre, qui est utilisé soit pour la fabrication de panneaux ou pour enduire les murs et les plafonds, soit pour le stucage. Depuis quelques années, on trouve également sur le marché des liants dits spéciaux utilisés dans le secteur géotechnique. Il s'agit là de mélanges non normalisés, conçus spécialement pour l'usage auquel ils sont destinés, essentiellement dans le domaine de la stabilisation des sols, de la consolidation des couches de fondation et de l'injection à haute pression.

Contrôle de la qualité du ciment

Toutes les fabriques de ciment suisses disposent d'un système de gestion de la qualité certifié selon la norme ISO 9000. Cela permet de s'assurer que le déroulement complet des opérations est optimisé et standardisé, et garantit la traçabilité. Une surveillance de tous les instants, tout au long du processus de fabrication – des analyses en laboratoire des matières premières jusqu'aux essais de résistance sur le produit final –, assure la qualité des produits et leur conformité aux normes en vigueur. Ainsi est apportée en permanence la preuve du respect de la norme SN EN 197-1. La procédure de contrôle de la conformité et de certification des ciments est définie dans la norme SN EN 197-2. De plus, le contrôle interne des produits est confié à une instance extérieure à l'entreprise.

Au bon endroit et au bon moment

Le ciment en provenance des usines suisses est toujours disponible dans la qualité voulue, en quantité souhaitée, au bon moment et au bon endroit. Cela n'est possible que grâce à une planification minutieuse de l'ensemble des processus de production et à une optimisation permanente de la logistique de distribution.
Seuls 6% environ de la production totale de ciment sont vendus en sacs, par les commerçants en matériaux de construction ou les magasins de bricolage.
Le reste, soit 94% est vendu en vrac et transporté vers des centrales à béton prêt à l'emploi, des bétonnières de chantier ou des fabricants de produits en béton. Ces livraisons «just in time» évitent aux acheteurs une gestion coûteuse des stocks. Dans la mesure du possible, ces transports s'effectuent par rail, dans des wagons-silos spéciaux. Sur de courtes distances et pour la distribution finale, on utilise en revanche des camions.

1 50% des livraisons de ciment sont effectuées par le rail

De l'environnement, pour l'environnement

La production de ciment engendre une forte consommation de matières premières et d'énergie. Toutefois, les fabricants suisses de ciment savent ce qu'ils doivent à l'environnement et quelle est leur responsabilité à cet égard. Pour eux, la gestion durable n'est pas un slogan, mais une réalité vécue au quotidien, comme le prouvent les trois exemples qui suivent.

Assumer ses responsabilités envers l'environnement: réduction du CO_2

En ce qui concerne les méthodes de production écologiques, l'industrie suisse du ciment occupe une position de pointe au niveau mondial, que ce soit pour la préservation des ressources, le recours à des combustibles de substitution ou la réduction des émissions. Elle est la première industrie suisse à avoir mis en application la loi sur le CO_2: dans le cadre d'un accord conclu avec le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC), les émissions de CO_2 résultant de la combustion de carburants fossiles lors de la fabrication du ciment seront réduites de 44,2 % d'ici à 2010. Par ailleurs, l'industrie du ciment s'est engagée à diminuer de 30,3 % les émissions géogènes découlant de la décarbonatation du calcaire. Parties prenantes de l'économie helvétique, les producteurs suisses de ciment contribuent au plus haut point à ce que la Suisse soit en mesure de respecter les obligations qu'elle a contractées en signant le protocole de Kyoto.

1 Processus de cuisson: les combustibles de substitution permettent de réduire massivement les émissions de CO_2
2 Carrière: la nature reprend ses droits

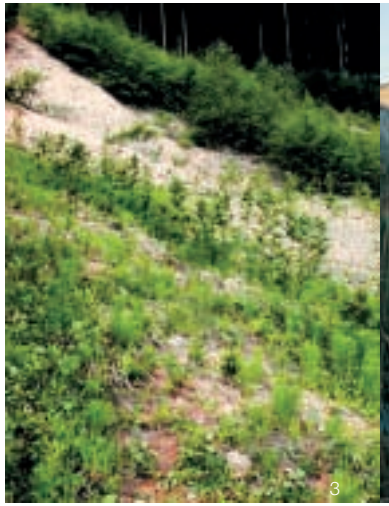
Utilisation accrue des combustibles de substitution: préservation des ressources

Le clinker de ciment est cuit à 1450° C dans des fours rotatifs. Les combustibles conventionnels utilisés à cet effet depuis longtemps, comme l'huile lourde et le charbon, sont de plus en plus remplacés par des combustibles de substitution. Pour atteindre leurs objectifs ambitieux en matière de réduction des émissions de CO_2, les fabricants de ciment ont développé des processus novateurs et ont engagé des investissements considérables. Ainsi, aujourd'hui, près de la moitié des besoins annuels en combustibles pour la fabrication du clinker sont couverts par des farines animales, des boues d'épuration séchées, des huiles usées, des solvants, de vieux pneus et des matières plastiques, ce qui fait 250 000 tonnes par an au total. Toutes ces substances seraient autrement mises en décharge ou brûlées en pure perte dans des incinérateurs. L'industrie suisse du ciment est soutenue par l'OFEFP dans son utilisation, judicieuse du point de vue écologique, des combustibles de substitution, en particulier dans la valorisation des boues d'épuration séchées.

1 Charbon: un combustible important pour la production de ciment
2 Vieux pneus: une valorisation judicieuse comme combustible de substitution
3 Dans les carrières remises en culture, le terrain retrouve sa vocation première
4 Rendue à la nature, l'ancienne carrière de Musital, près de Rekingen AG, offre son espace à une vie nouvelle

La vie renaît dans la carrière: une contribution à la diversité des espèces

L'extraction raisonnée des matières premières naturelles nécessaires à la fabrication du ciment et leur remplacement partiel par des matières de substitution ont déjà été abordés au premier chapitre de cette brochure. La remise en culture ou la restitution à la nature de carrières de calcaire et de marne après exploitation est l'une des grandes préoccupations de l'industrie suisse du ciment.
Lors de la remise en culture, les zones en cause sont réaménagées et rendues à l'agriculture ou à la sylviculture. Pour ce faire, on extrait d'abord les roches qui ne peuvent être utilisées pour la fabrication du ciment puis on dépose une couche de terre végétale destinée à constituer un sol fertile propice à la croissance des espèces qu'on veut y planter.
Restituer à la nature, en revanche, cela signifie créer les conditions d'une recolonisation, c'est-à-dire susciter la formation, dans les carrières, de biotopes ou de milieux similaires constituant des surfaces de compensation écologique. Dans ces sites humides ou secs non cultivés, une grande diversité d'espèces animales et végétales rares trouvent un nouvel espace vital idéal.



Le ciment: un composant essentiel du béton

Le béton est une roche artificielle fabriquée à partir d'un mélange de ciment, d'eau et de granulats de roches (sables et graviers). De consistance d'abord pâteuse, il peut être moulé à volonté avant de durcir et d'atteindre une résistance à la compression très élevée. La composition exacte des différents constituants et leur proportion optimale sont décisives pour la qualité du béton.

Ce qui est nécessaire à la fabrication du béton

Un mètre cube de béton pèse environ 2450 kg. Son poids se répartit à peu près ainsi: $^{13}/_{16}$ de sable et de gravier, $^{2}/_{16}$ de ciment et $^{1}/_{16}$ d'eau.

Le ciment est le liant hydraulique idéal, qui garantit un durcissement du béton adapté à son utilisation.

L'eau de gâchage, indispensable au processus d'hydratation et à un bon compactage du béton, doit répondre à des exigences spécifiques. En principe, l'eau de pluie, l'eau des nappes phréatiques et l'eau recyclée conviennent parfaitement. On évite de recourir aux réserves naturelles d'eau potable pour fabriquer du béton.

Les granulats de roche (sable et gravier) sont incorporés sous la forme de grains de différentes tailles, selon les propriétés exigées du béton. Ces matières premières proviennent de gisements suisses, qui présentent la forme d'alluvions de cours d'eau et de lacs, ou de rochers. L'ajout de granulats issus de bétons recyclés permet de préserver ces ressources naturelles.

Les adjuvants peuvent être incorporés lors de la fabrication du béton pour que celui-ci réponde à des exigences spécifiques, comme p. ex. des temps de mise en œuvre plus longs, une consistance plus plastique, voire plus molle, une meilleure étanchéité à l'eau et aux gaz, une bonne résistance au gel et aux sels de déverglaçage, ou une résistance accrue. Avec des ajouts minéraux comme les farines de pierre, les cendres volantes et la fumée de silice, on peut également influencer favorablement les propriétés mécaniques, l'étanchéité et la durabilité du béton.

1 Réalisation d'une dalle en béton

Mélanger, transporter et mettre en œuvre le béton

A chaque qualité de béton sa recette. Les composants sont dès lors dosés avec une très grande précision et mélangés mécaniquement pour former une masse homogène.

Après sa fabrication dans la centrale, le béton doit être transporté sur le chantier le plus rapidement possible pour y être coulé dans les coffrages. Afin de garantir la qualité malgré de longs trajets, on utilise des camions-toupies ou des engins analogues.

Les grands chantiers et la construction des tunnels requièrent d'importantes quantités de béton. Dans ce cas, le matériau est le plus souvent produit à proximité immédiate de l'ouvrage, et l'on parle de béton coulé sur place.

Sur le chantier, en fonction des conditions locales et de la consistance du béton, celui-ci est amené dans les coffrages au moyen d'une bande transporteuse, d'une grue et de godets, d'un tube vertical souple, d'une pompe à béton, d'un toboggan ou d'une goulotte, avant d'être soigneusement compacté. Tant que le béton frais n'a pas atteint une résistance suffisante, il faut en assurer la cure et le protéger d'une dessiccation prématurée.

Dans le secteur du bâtiment, outre le béton transporté depuis une centrale (béton «prêt à l'emploi») et le béton coulé sur place, des éléments préfabriqués en béton sont également utilisés; ils sont transportés de l'usine jusqu'à l'ouvrage en construction et montés sur place.

Mode de mise en place

- **> pompage**
- **> bande transporteuse**
- **> goulotte**
- **> benne ou godets**
- **> tube vertical souple**

A chaque type d'utilisation le béton qui convient

Le béton fabriqué selon la norme SN EN 206-1 doit être soit «à propriétés spécifiées», soit «à composition prescrite». Dans le premier cas, c'est le producteur qui est responsable du premier contrôle de qualité. Les critères utilisés pour ce faire sont la résistance du béton à la compression (classe de résistance), la résistance aux agressions environnementales (classe d'exposition, classe de teneur en chlorures) et l'ouvrabilité (granulométrie et classe de consistance). Au sein des classes de résistance à la compression, on distingue le béton normal, le béton lourd et le béton léger de structure.

Grâce à ses qualités universelles, le béton normal peut être utilisé pour la fabrication des produits en béton les plus divers, mais aussi pour les fondations, les caves et la construction de dalles. Le béton lourd se caractérise par une densité élevée, offrant ainsi une excellente protection contre les rayonnements radioactifs. Dans la construction résidentielle, il est notamment utilisé pour la réalisation des abris antiatomiques. Grâce à son faible poids spécifique, le béton léger est tout indiqué pour la réalisation de ponts de grande portée, d'immeubles-tours et d'éléments préfabriqués.

Lorsque le béton doit résister non seulement à la compression, mais aussi à la traction (pure ou par flexion), on a recours au système de l'armature, généralement réalisée en acier spécial.

Définitions des bétons

- **> béton à composition prescrite**
- **> béton à propriétés spécifiées**

Types de béton

- **> béton pompé**
- **> béton projeté**
- **> types de bétons spéciaux**
  - béton autocompactant
  - béton coloré
  - béton léger
  - béton lourd
  - béton de recyclage
  - béton pour bétonnage sous l'eau

Applications

> bâtiment

immeubles résidentiels
immeubles admistratifs
immeubles industriels
écoles
universités
hôpitaux
musées
salles de concert
théâtres
installations sportives
parkings
etc.

> produits en béton

éléments de paroi
éléments de dalle
escaliers
piliers
mâts et poteaux
canalisations
caniveaux et galeries pour conduites
revêtements pour routes et places
éléments de soutènement
éléments pour aménagements extérieurs
etc.

> génie civil

tunnels
ponts
routes
arrêts de bus
giratoires
pistes d'aviation
stations d'épuration
aménagements pour la production d'énergie
etc.

Du béton pour la sécurité et le confort

Le béton offre des conditions de base optimales pour une construction écologique. Sa fabrication repose sur des matières naturelles, présentes sur le territoire national, et nécessite, comparativement, peu d'énergie primaire. En plus de sa résistance élevée, le produit fini se distingue par une grande inertie thermique. Le béton est synonyme de valeur sûre, de sécurité, de protection contre le bruit et contre l'incendie. De plus, son utilisation dans la construction ne présente aucun risque biologique, car il ne dégage aucune substance nuisible pour la santé.

Le béton dans le cycle écologique

Le recyclage du béton fait déjà partie du processus de base de la gestion des déchets, car le béton usagé peut être réutilisé sans difficulté, ce qui permet d'économiser de précieuses ressources. Lors de son recyclage, il est réduit en petits morceaux, transformé en granulats pouvant être incorporés à de nouveaux matériaux de construction, en remplacement du sable et du gravier naturels. Les exigences techniques et écologiques pour le recyclage du béton sont fixées par des normes, des recommandations et des directives.

1 Près de Raron VS, un pont ferroviaire en construction
2 Construction d'une galerie à ciel ouvert
3 Des camions-toupies et des pompes assurent la mise en place du béton prêt à l'emploi
4 Pervibration du béton après mise en place

Mieux construire grâce au béton

Le matériau universel de notre temps

Matériau universel, le béton a de nombreux visages. Avec ses propriétés uniques en termes de résistance, de mise en œuvre, de durabilité et d'écologie, il est devenu l'un des principaux matériaux de construction. Sous nos latitudes, nettement plus de la moitié des bâtiments sont réalisés en béton. Grâce à ses propriétés spécifiques et à ses possibilités d'utilisation pratiquement illimitées, nous trouvons des ouvrages en béton dans presque tous les domaines de notre vie.

Le béton dans la construction d'infrastructures

Les ouvrages d'infrastructure pour la circulation routière, le circuit de l'eau et l'alimentation électrique sont fortement sollicités par les facteurs les plus divers. C'est ici que les avantages du béton jouent à plein, car ce matériau offre sécurité et durabilité.

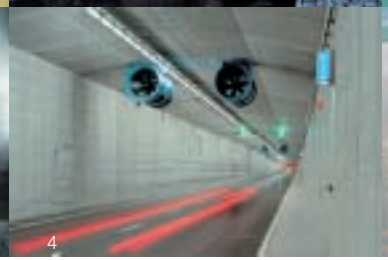
Les routes et les autoroutes sont exposées à des charges de trafic et d'essieux toujours croissantes. Sur les voies de circulation, de décollage et d'atterrissage des aéroports, les contraintes et les sollicitations sont régulièrement en hausse. Pour la construction de ponts et de tunnels ou dans le trafic ferroviaire, où les trains à grande vitesse nécessitent des voies fixes, le béton satisfait les exigences les plus élevées.

1 Rail 2000 à Aarau AG: ponts, tunnels et bâtiments industriels en béton
2 Barrage de Verzasca formant le Lago di Vogorno TI
3 Construction du pont du Sunniberg pour le contournement de Klosters GR

Au-delà de la sécurité et de la durabilité, les considérations d'ordre économique revêtent une importance croissante dans la construction et l'entretien des ouvrages. Là encore, le béton offre des performances de pointe.
Il en va de même pour le circuit de l'eau: de l'alimentation en eau potable jusqu'à l'épuration des eaux usées, en passant par l'évacuation de celles-ci, ces fonctions sont assurées par des ouvrages les plus divers, tels que systèmes de conduites et de puits, stations d'épuration et bassins de retenue. Ces systèmes se doivent alors de présenter une forte résistance aux chocs et à la compression dans les conditions géologiques les plus variées ainsi qu'une étanchéité et une résistance parfaites aux substances agressives. Dans la recherche de solutions économiques, sûres et écologiques, le béton est le matériau auquel on songe en premier lieu.
L'électricité tirée de la force hydraulique et des centrales nucléaires est vitale pour l'approvisionnement énergétique de la Suisse. Les aménagements hydroélectriques, avec leurs barrages, leurs prises d'eau, leurs réservoirs, leurs bassins de compensation et leurs puits blindés, font partie des ouvrages les plus imposants qui existent. Tout comme les enceintes de confinement des centrales nucléaires, tous ces ouvrages seraient inimaginables sans le béton.

Le béton dans le bâtiment
Les atouts fonctionnels et esthétiques du béton sont mis à profit dans tous les secteurs du bâtiment: dans le domaine public, industriel et artisanal comme dans la construction de logements. Qu'il s'agisse de bâtiments hospitaliers, scolaires ou administratifs, de halles de production ou de stockage, d'installations industrielles, de parkings ou de maisons de toutes dimensions – le béton convainc dans tous les domaines d'utilisation par ses diverses propriétés et ses possibilités d'utilisation spécifiques.

1 ARA Aïre 2, Genève: bassins de décantation intégralement fermés et couverts
2 Canalisations de la ville de Berne: bassin de retenue d'eau de ruissellement avec puits de chute à vortex
3 Naters VS: protection contres les hautes eaux du Kelchbach
4 Kloten ZH: tunnel de la route de desserte de l'aéroport
5 Aéroport de Zurich Kloten: dock E, terminal (Midfield)
6 Aéroport de Zurich Kloten: dock E terminal (Midfield)
7 Bregenz (A): Musée des beaux-arts (Kunsthaus)
8 Paspels GR: école



L'industrie suisse du ciment

Le XIXe siècle a été marqué par une croissance rapide de la population. L'expansion remarquable de l'économie, de l'industrie et des transports conduisit à un développement de l'activité dans la construction comme on n'en avait encore jamais vu. En plus des matériaux traditionnels que sont le bois, la pierre et la chaux aérienne, les ouvrages techniques imposèrent le recours à de nouveaux liants.

Des débuts modestes...

Outre la chaux hydraulique, on a fabriqué en Suisse (Aarau) du ciment romain dès 1833. Ses propriétés en termes de résistance et de durabilité sont cependant bien loin de celles du ciment Portland, produit pour la première fois de façon industrielle vers 1830 en Angleterre. Pour les grands projets ferroviaires qui apparaissent alors en Suisse et pour la construction de ponts, on commença par importer de grandes quantités de ciment Portland de France et d'Allemagne, où ont surgi les premières cimenteries au milieu du XIXe siècle.

Il fallut le génie du pionnier visionnaire Robert Vigier, descendant d'une vielle famille patricienne de Soleure, pour percevoir le grand avenir du ciment Portland dans notre pays. Il constata que les gisements de matières premières de l'arc jurassien étaient bien plus faciles d'accès que ceux des pays limitrophes. L'énergie hydraulique indispensable était également disponible en abondance. Après des études intensives, diverses tentatives et de nombreux échecs, le tour est joué en 1871: Robert Vigier érige à Luterbach, près de Soleure, la première fabrique suisse de ciment Portland.

1 Le principe du broyeur à boulets – ici, un modèle datant de 1872 – est encore appliqué de nos jours
2 Reuchenette BE: fabrique de ciment Portland vers 1896
3 Robert Vigier de Steinbrugg, fondateur de la première usine suisse de ciment Portland, 1871

... à une branche économique importante

A partir de 1879, la fabrication de ciment Portland se développe de plus en plus en Suisse – de nouvelles cimenteries voient le jour. Bien qu'insignifiant en volume par rapport aux autres pays, le ciment Portland suisse est déjà d'une qualité bien supérieure à de nombreux produits étrangers. Avec la fondation du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux en 1880 et la mise en œuvre de ses contrôles de qualité, le ciment s'améliore continuellement. En 1881 est créée la Société suisse des fabricants de ciment, chaux et gypse – l'actuelle cemsuisse. Cette société donne notamment naissance aux premières normes de résistance. La demande en liants hydrauliques ne fléchit pas: en plus des nombreux ouvrages ferroviaires, hydrauliques et militaires, des corrections de cours d'eau, des centrales hydroélectriques et des usines, la Suisse avait besoin de ciment de haute qualité pour la construction de logements, d'écoles, de bâtiments administratifs, d'hôpitaux et de canalisations. L'utilisation accrue de béton – et, à partir de 1895 environ, de béton armé – stimula l'expansion de l'industrie suisse du ciment. L'objectif consistant à disposer des capacités de production suffisantes pour subvenir aux besoins du pays est atteint en 1910. Alors qu'en 1896, on importait encore de l'étranger 2982 wagons de 10 tonnes de ciment Portland, en 1917, on en exporta près de huit fois plus, soit 23 185 voitures.

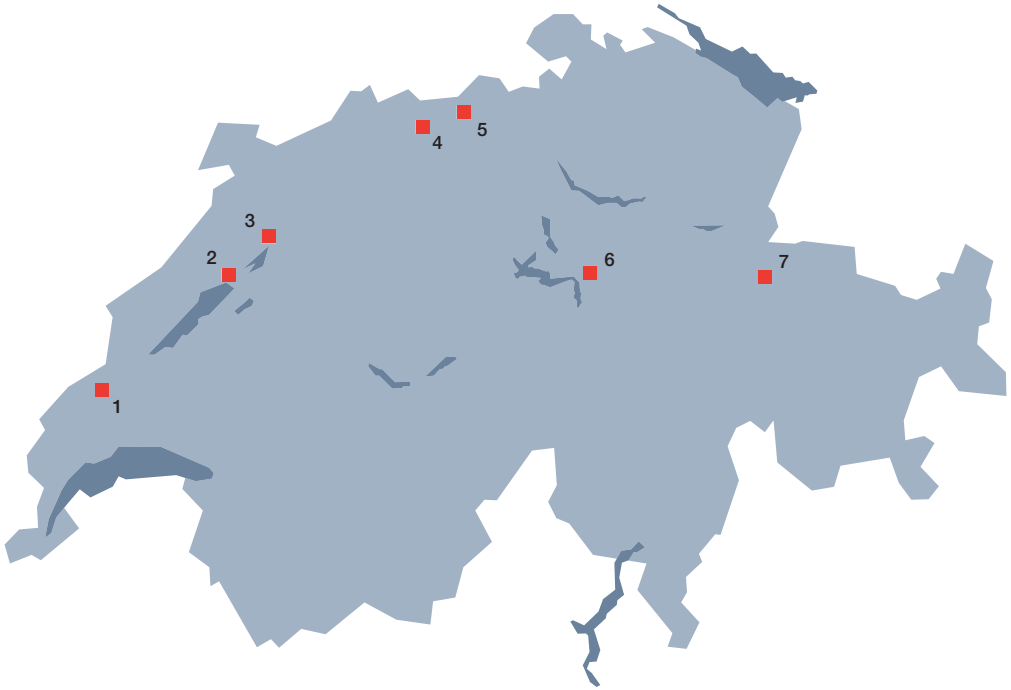
1 Le célèbre pont en béton de Vigier à l'Exposition nationale de 1883 à Zurich
2 Essai de charge au terme de l'exposition

Le développement du marché autrefois...

Après guerre, à partir de 1946, la demande augmente considérablement dans le marché suisse de la construction. L'industrie du ciment fait alors partie des branches industrielles suisses connaissant la plus forte croissance. En 1965, elle compte 17 entreprises usines dotées d'une capacité de production de près de 4,5 millions de tonnes. Après une nouvelle hausse à 6 millions de tonnes au début des années 70, la production globale recula durant les années de récession. De 1970 à 1985, l'industrie suisse du ciment a fabriqué en moyenne près de 4 millions de tonnes de ciment par an.

... et de nos jours

L'aube du troisième millénaire fut marquée par une tendance à la baisse sur les places boursières mondiales, laquelle se répercuta fortement sur le secteur de la construction. Ces dernières années ont ainsi été émaillées de concentrations, changements de propriétaires et restructurations. Cette mutation trouve son illustration dans les chiffres suivants: alors qu'en 1986, 7 entreprises comptant 11 usines au total disposaient d'une capacité de production annuelle d'environ 5,8 millions de tonnes de ciment, en 2003, cette capacité n'est plus que de 4,1 millions de tonnes, à disposition de 3 entreprises dans 7 cimenteries.



1 Holcim (Suisse) SA, Eclépens
2 Juracime SA, Cornaux
3 Ciments Vigier SA, Péry
4 Jura-Cement, usine de Wildegg
5 Holcim (Suisse) SA, Siggenthal
6 Holcim (Suisse) SA, Brunnen
7 Holcim (Suisse) SA, Untervaz

Les entreprises qui produisent du ciment en Suisse

Holcim (Suisse) SA, à Zurich, est la filiale suisse du groupe mondial de matériaux de construction Holcim. La production se fait dans les cimenteries de Brunnen, Eclépens, Siggenthal et Untervaz. Outre le ciment, ce leader suisse du marché est également actif dans les domaines des granulats et du béton.

Jura-Cement, avec ses deux usines de Wildegg et de Cornaux, fait partie du holding JURA domicilié à Aarau, qui appartient au groupe irlandais CRH plc spécialisé dans les matériaux de construction. Les filiales de ce holding opèrent aussi dans les domaines des granulats et du béton, ainsi que dans le commerce des matériaux de construction.

Ciments Vigier SA est une filiale de Vigier Holding SA, domicilié à Luterbach; il produit du ciment dans son usine de Péry-Reuchenette. Ce holding appartenant au groupe français Vicat SA est également présent dans les domaines des granulats et du béton, ainsi que dans la fabrication de produits en béton.

1 Holcim (Suisse) SA, usine d'Untervaz GR
2 Jura-Cement, usine de Wildegg AG
3 Ciments Vigier SA, usine de Péry-Reuchenette BE

1

2

3

Pour en savoir plus sur le ciment et le béton

www.holcim.ch
www.juracement.ch
www.vigier.ch
www.cemsuisse.ch
www.fskb.ch
Guide pratique, Concevoir et mettre en œuvre des bétons durables,
Holcim (Suisse) SA, Zurich
Betonstrassenpraxis (édition française en préparation),
Holcim (Suisse) SA, Zurich

Pour prendre contact

cemsuisse, Association suisse de l'industrie du ciment
Marktgasse 53, 3011 Berne
Téléphone 031 327 97 97, fax 031 327 97 70
info@cemsuisse.ch, www.cemsuisse.ch

Impressum

Editeur
cemsuisse
Association suisse
de l'industrie du ciment
Texte
Jürg P. Stoller, Berne
cemsuisse
Réalisation
Studio Longatti, Bienne
Crédits photos
cemsuisse / Jura-Cement /
Holcim (Suisse) SA /
Ciments Vigier SA /
Unique Airport – Ralph Bensberg,
couverture; p. 26; p. 28, illustr. 4, 5, 6 /
Michael Fontana; p. 27, illustr. 1
Impression
Vetsch+Co AG, Köniz
Edition
mai 2004