

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 136 (2010)
Heft: 12: Formes du béton

Artikel: Béton recyclé à l'UICN
Autor: Pirazzi, Claudio / Fleury, Blaise / Guscelli, Gabriele
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-109681>

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: 02.02.2025

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

Béton **recyclé** à l'UICN

Avec plus de 1000 membres, gouvernements et ONG, et près de 11 000 experts bénévoles répartis dans quelque 160 pays, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) est la plus grande organisation environnementale du monde. Ayant atteint la limite de capacité de son siège à Gland, dans le canton de Vaud, l'UICN a décidé de construire une extension en s'imposant des contraintes environnementales très sévères.

Pour l'extension de son siège, le maître d'ouvrage s'est imposé un standard très élevé en matière de qualité environnementale et de durabilité : il avait en effet comme objectif que le nouveau bâtiment obtienne non seulement la certification Minergie-P-Eco®, mais remplisse aussi les conditions imposées par la certification nord-américaine LEED « Platinum »¹ (Leadership in Energy and Environmental Design), un label

qui fait référence dans le monde anglo-saxon et dont l'application constituait une première en Suisse.

En plus de ces fortes contraintes en matière de respect de l'environnement, l'UICN a aussi exigé que le projet puisse être réalisé dans le cadre d'un budget limité : au final, la nouvelle construction, qui offre un volume comparable à celui du siège actuel, ne doit en effet pas coûter plus cher que la première étape construite il y a une vingtaine d'années.

Du béton et de la transparence

Le bâtiment existant et l'extension, située côté lac, sont liés par le foyer du rez-de-chaussée et au niveau du 1^{er} étage (fig. 1). Le nouveau bâtiment, dont la structure porteuse est entièrement constituée de béton armé, comprend deux étages et un sous-sol accueillant des locaux techniques et des zones de parking. Dans les étages, le concept architectural favorise l'éclairage naturel des bureaux par le biais d'impor-



Fig. 1 : Vue d'ensemble de l'extension du siège de l'UICN à Gland
(Photo Holcim Foundation)

Fig. 2 : Vue en plan, coupes et élévation du siège de l'UICN
(Document agps architecture)

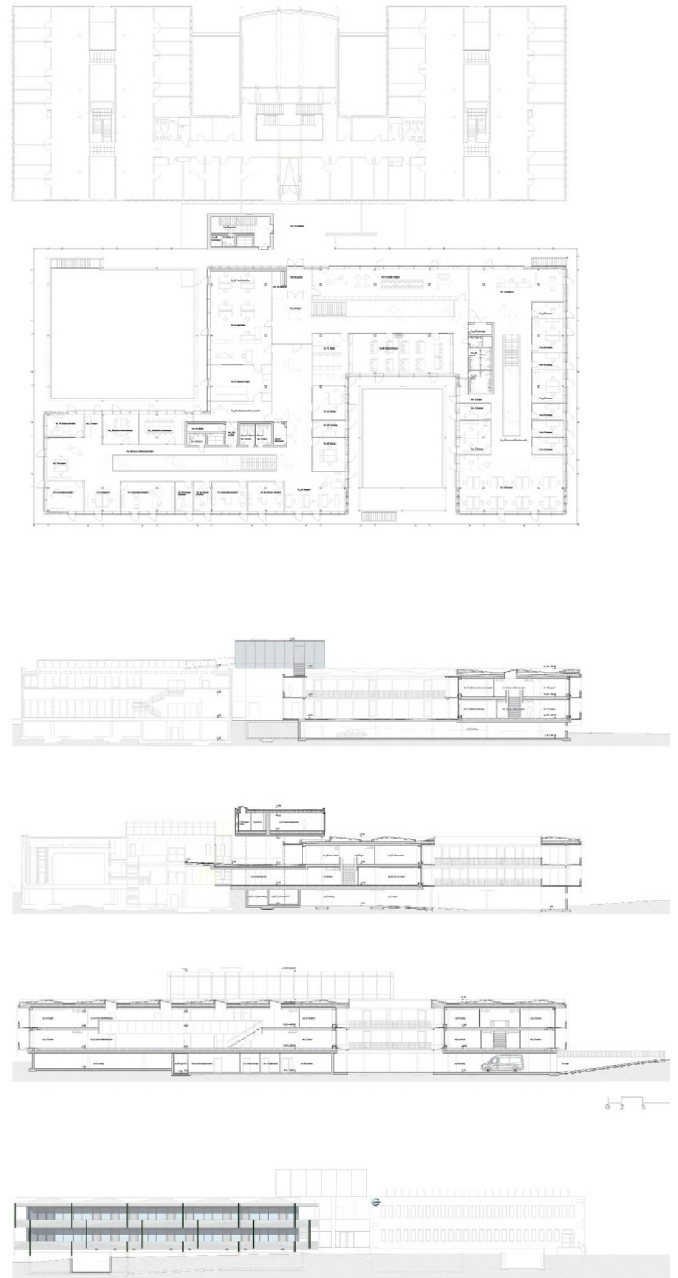
tantes surfaces vitrées ainsi qu'un plan en forme de zig-zag (fig. 2). Cette forme, voulue par l'architecte, ne permet pas d'obtenir un rapport surface/volume thermiquement efficace. C'est ainsi que, pour respecter le bilan énergétique selon Minergie-P[®], l'ensemble du bâtiment a été emballé dans une importante peau isolante de 34 cm d'épaisseur. Réalisée en laine minérale, cette peau passe sur la dalle sur sous-sol, dans les façades et sur la dalle toiture.

Les étages sont constitués de planchers-dalles qui suivent une trame principale de 7,8 m, une solution qui offre une grande flexibilité pour la distribution et l'utilisation des espaces. Le bâtiment est surplombé par une boîte à étage unique, le « Think-tank », un petit centre de conférence modulable offrant une vue imprenable sur le lac Léman et le Mont-Blanc en arrière plan (fig. 3 et 4). Cet étage repose sur un noyau et un mur porteur qui traverse à plusieurs reprises des zones chauffées et froides du bâtiment principal. Afin de minimiser les pertes énergétiques inhérentes à ces divers ponts thermiques et pour préserver l'aspect béton apparent voulu par l'architecte, ces deux éléments ont été conçus en béton « isolant ». Il s'agit d'un béton, d'une masse volumique d'environ 1 050 kg/m³, dans lequel les granulats sont constitués d'argile et de verre expansé et dont la teneur en air est de l'ordre de 20 % (fig. 5a, b et c). Par rapport à un béton traditionnel, le béton isolant permet de réduire d'un facteur 6 la conductivité thermique λ , mais présente aussi une résistance en compression diminuée d'un facteur 4. Si ces propriétés thermiques et mécaniques ont imposé des épaisseurs relativement importantes de respectivement 50 et 55 cm pour le noyau et le mur, elles ont permis de renoncer à toute isolation supplémentaire.

Avec du béton recyclé

En dépit des fortes exigences environnementales, le choix du matériau de construction ne pouvait pas découler que de critères de développement durable. Il a aussi été influencé par la vision architecturale et le concept structurel. C'est donc un ensemble de considérations qui a abouti au choix d'utiliser du béton armé pour la structure porteuse.

Pour des nouveaux bâtiments en béton armé, le label Minergie-Eco[®] exige le remplacement d'au moins 50 % du béton de construction par du béton recyclé (RC)², pour autant que ce soit techniquement possible. En Suisse, la fabrication de béton recyclé s'est jusqu'ici souvent limitée à utiliser des granulats traités (issus de matériaux lavés provenant de sites contaminés) pour confectionner des mélanges destinés à la réalisation d'éléments ayant une fonction structurale secondaire (par exemple du béton maigre).



Aujourd'hui, la tendance est de remplacer le granulat naturel par du granulat concassé issu d'un béton de démolition (fig. 6a, b et c), une tendance largement accélérée par les prescriptions du label Minergie-Eco[®] qui sont devenus

¹ <www.usgbc.org> (U.S. Green Building Council)

² On parle de béton recyclé (RC) à partir d'une substitution d'au moins 25 % des granulats par des éléments recyclés (dans le cas présent du béton de démolition concassé).

Fig. 3 et 4 : vues intérieur et extérieur du « Think Tank » (Photos Holcim Foundation)

Fig 5 : Béton léger : composants (a), mélange frais (b) et coupe dans le produit solide (c) (Photos Holcim Suisse SA)



3



4

obligatoires pour les nouveaux bâtiments publics dans de nombreuses villes suisses.

Pour l'extension de l'UICN, on a décidé d'utiliser du béton recyclé pour les planchers-dalles des étages. Cela correspond à plus du 70 % des éléments en béton armé pour lesquels les ingénieurs ont estimé que du RC était utilisable, les 30 % restants correspondant au radier, aux balcons, aux murs et à la dalle du « Think-tank » qui sont en béton traditionnel. Ramené à la totalité des éléments en béton armé, le taux d'emploi de RC est de 41 %.

Recherche d'une recette adaptée

Il a d'abord été envisagé de définir la recette par rapport à des exigences d'ingénieur comme la résistance en compression et le module d'élasticité. Il s'est toutefois vite avéré qu'il n'était pas possible de s'en tenir à ces seules exigences techniques, mais que des aspects pratiques liés à la production, à l'ouvrabilité du béton frais ainsi qu'à l'esthétique (uniformité des teintes) des surfaces apparentes en béton recyclé étaient aussi essentiels. Finalement, il fallait aussi garantir l'approvisionnement local de quantités importantes de granulats recyclés relativement homogènes, tant en ce qui concernait leur granulométrie que leur qualité.

Déjà en contact avec le maître de l'ouvrage et très intéressée par l'idée de participer à la réalisation d'un ouvrage de haute qualité environnementale en béton armé, la société *Holcim* s'est chargée de mener des essais en laboratoire pour définir une recette qui réponde aux multiples exigences évoquées précédemment.

On a d'abord cherché une centrale à bétons située près du chantier qui soit capable d'assurer l'approvisionnement en granulats recyclés. Le choix s'est porté sur la centrale de PQR Béton à Gland, qui avait notamment fourni le béton recyclé utilisé lors de la construction du Centre d'entretien des routes nationales (CERN) à Bursins. Les objectifs de *Holcim* portaient premièrement sur l'amélioration du bilan écologi-



5a



5b



5c

Fig. 6 : Recyclage du béton : élément à démolir (a), blocs de démolition (b) et granulats (c) (Photos PQR Béton)



que de la recette existante, en jouant notamment sur le type de ciment utilisé, et ensuite sur la proportion de granulats recyclés et l'analyse systématique des propriétés telles que la consistance, la résistance en compression et en traction, la durabilité, le module d'élasticité, le fluage et le retrait. Cette démarche prenait évidemment en compte les granulats recyclés produits sur place et les possibilités logistiques de la centrale, en particulier en ce qui concerne les silos à ciments.

En matière de performance, l'objectif convenu avec les concepteurs était de parvenir à un béton pouvant être mis en place sans difficultés, de classe de résistance C25/30 au minimum et dont le module d'élasticité ne soit pas trop réduit par rapport à un béton traditionnel. Ces propriétés dépendent principalement des quantités de ciment et d'eau ainsi que de la qualité et de la proportion des granulats recyclés.

Parmi les sept recettes envisagées, celle qui répondait le mieux aux attentes et qui a été retenue pour la réalisation de l'ouvrage, comportait un taux de 50 % de granulats recyclés de granularité 0/20 et 50 % de granulats naturels (0/32). Le liant était un ciment à taux de clinker auquel on a additionné des cendres volantes. Le rapport eau sur ciment (e/c), après déduction de l'absorption des granulats selon SN EN 206-1, valait environ 0,51. Le béton présentait à 28 jours une résistance en compression moyenne sur cube $f_{c,cube} = 45 \text{ N/mm}^2$ et un module d'élasticité moyen de $E_m = 27\,000 \text{ N/mm}^2$. De par son rapport e/c légèrement supérieur à 0,50 et sa résistance au gel insuffisante, ce béton ne convenait pas aux éléments extérieurs exposés aux intempéries et était limité à la classe d'exposition XC3 (carbonatation en cas d'humidité modérée) selon la norme SN EN 206-1, raison pour laquelle le radier et les coursives qui entourent le bâtiment ont été exécutés en béton normal.

Contrairement au projet initial de l'ingénieur qui prévoyait un béton de grue, l'entreprise a voulu une mise en place à la pompe pour certaines étapes, ce qui a nécessité une légère augmentation du fluidifiant (fig. 8). Le volume total du béton recyclé pour ce projet s'élève à environ 2000 m^3 . Le suivi de

la qualité du béton a été assuré par le laboratoire mobile de *Holcim*, qui a effectué une dizaine de contrôles du béton recyclé au cours du chantier.

Dimensionnement des dalles

Le dimensionnement des dalles en béton recyclé a été effectué selon la norme SIA 262 (2003) sur la base des propriétés physiques obtenues par les essais préliminaires en laboratoire et sur chantier. Lors de l'exécution de l'ouvrage, les valeurs ont pu être confirmées à partir des essais sur des cubes prélevés à chaque étape de bétonnage. La valeur caractéristique de la résistance à la compression a été déterminée sur 30 échantillons. La comparaison initiale avec un béton normal de classe de résistance C25/30 a donc pu être confirmée.

Les valeurs obtenues sur le béton de l'ouvrage n'étant pas encore disponibles (mesurées sur une période de douze mois), le comportement à long terme (fluage et retrait) du béton recyclé a été défini à partir de valeurs de référence tirées par la littérature [1, 2]³. Dans l'ensemble, principalement à cause du volume de pâte de ciment accru et au module réduit des granulats recyclés, les effets différés sont nettement plus prononcés que pour des bétons normaux. Dans le cas de l'UICN, on a mesuré un fluage et un retrait de dessiccation amplifiés respectivement d'environ 60 % et 70 % par rapport à un béton traditionnel.

Afin de réduire les déformations à long terme, l'épaisseur des dalles a été augmentée d'environ 8 % par rapport à ce que prévoyait l'avant-projet basé sur la mise en place d'un béton normal C30/37. Les épaisseurs finalement retenues sont de respectivement 28 cm, 35 cm et 32 cm pour la dalle sur sous-sol, la dalle sur rez-de-chaussée et la dalle de toiture. A noter encore que cet épaissement des dalles est aussi favorable en matière de résistance au poinçonnement. Bien que les valeurs moyennes de résistance à la traction mesurées lors des essais préliminaires avoisinaient celles d'un béton normal de classe C25/30, nous avons néanmoins procédé à

³ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

Fig. 7: Vue intérieure du bâtiment avec les murs en béton brut
(Photo Holcim Foundation)

Fig. 8: Mise en place par pompage du béton recyclé (Photo Holcim Suisse SA)



PARTICIPANTS

Maître d'ouvrage : Union International pour la Conservation de la Nature (UICN)
Entreprise générale : Karl Steiner Genève SA
Architecte : agps architecture, Zürich
Ingénieur civil : Guscetti & Tournier SA, Genève
Ingénieur physique du bâtiment : Amstein & Walther SA, Genève
Entreprise de construction : Induni SA, Nyon
Développement et contrôle du béton : Holcim Suisse SA, Eclépens
Production et fourniture du béton : PQR Béton SA, Gland

une légère augmentation de l'armature en flexion en nappe supérieure sur les colonnes et à un renforcement de l'armature de poinçonnement.

Bilan de l'opération

La construction de l'extension du siège de l'UICN a vu la mise en place d'environ 2000m³ de béton recyclé dans un bâtiment répondant aux critères écologiques les plus stricts au niveau international. L'emploi de granulats recyclés, issus de béton de démolition provenant des environs du chantier, a permis une importante économie des ressources en granulats naturels. Dans le cas présent, et compte tenu de l'épaississement des dalles, l'utilisation du béton recyclé a engendré un surcoût d'environ 14 % par rapport à une construction avec un béton normal C30/37. Le surcoût par rapport aux coûts totaux du gros-oeuvre n'est quant à lui que d'environ 1,5 %. Cet ouvrage prestigieux a donc permis de démontrer que, malgré des propriétés mécaniques réduites, l'utilisation de béton recyclé dans des structures était possible sans augmentation notable du coût total.

Etant donné la pénurie actuelle en granulats recyclés de qualité, on peut cependant légitimement se demander s'il est opportun d'utiliser du béton recyclé dans des dalles à grande portée et s'il ne serait pas préférable de les réserver à des éléments peu sollicités mécaniquement, qui ne nécessiteraient aucun épaississement en cas d'utilisation de béton recyclé.

Quoi qu'il en soit, chaque expérience acquise lors de la réalisation d'un chantier en béton recyclé permet d'affiner les recettes, d'augmenter la connaissance et la confiance en ce matériau et de permettre de futures réalisations encore plus optimisées.

Claudio Pirazzi, ing. civil TUD, dr ès sc. EPF
Jérôme Pochat, ing. civil HES
Gabriele Guscetti, ing. civil EPF
Ingeni SA, Rue du Pont-Neuf 12, CH – 1227 Carouge

Blaise Fleury, ing. civil EPF
Holcim (Suisse) SA, CH – 1312 Eclépens

Bibliographie

- [1] HOFFMANN, C. : *Beton- und Mischabbruchgranulat – Sachstandsbericht*, EMPA, 2007
- [2] ROOS, F. : *Ein Beitrag zur Bemessung von Beton mit Zuschlag aus rezyklierten Gesteinskörnung nach DIN 1045-1*, thèse de doctorat, Technische Universität München, 2001