Livre blanc

Massivement durable

Pourquoi la décarbonation de la construction commence dès la phase de projet



Édité par :
BETONSUISSE

Sommaire

La durabilité commence lors de la planification 3

Résumé 4

Nouveau bilan climatique 5

La durabilité n’est pas qu’une question de matériau 7

Les cinq leviers de la décarbonation dans le bâtiment 8

Les cinq leviers de la décarbonation dans le bâtiment 9

Études de cas

Vue d’ensemble des projets analysés 11

De la théorie à la pratique 12

Immeuble résidentiel ALTO 13

Immeuble résidentiel Badenerstrasse 17

Immeuble résidentiel Zwhatt H1 21

Ensemble résidentiel « Werkstädtli » 25

Maison S (habitat individuel) 28

Synthèse

Les leviers les plus puissants à chaque phase de projet 32

Les innovations dans la construction en béton 35

Introduire l’innovation de manière ciblée 38

Bibliographie 39

Édition 06.26

La durabilité commence lors de la planification

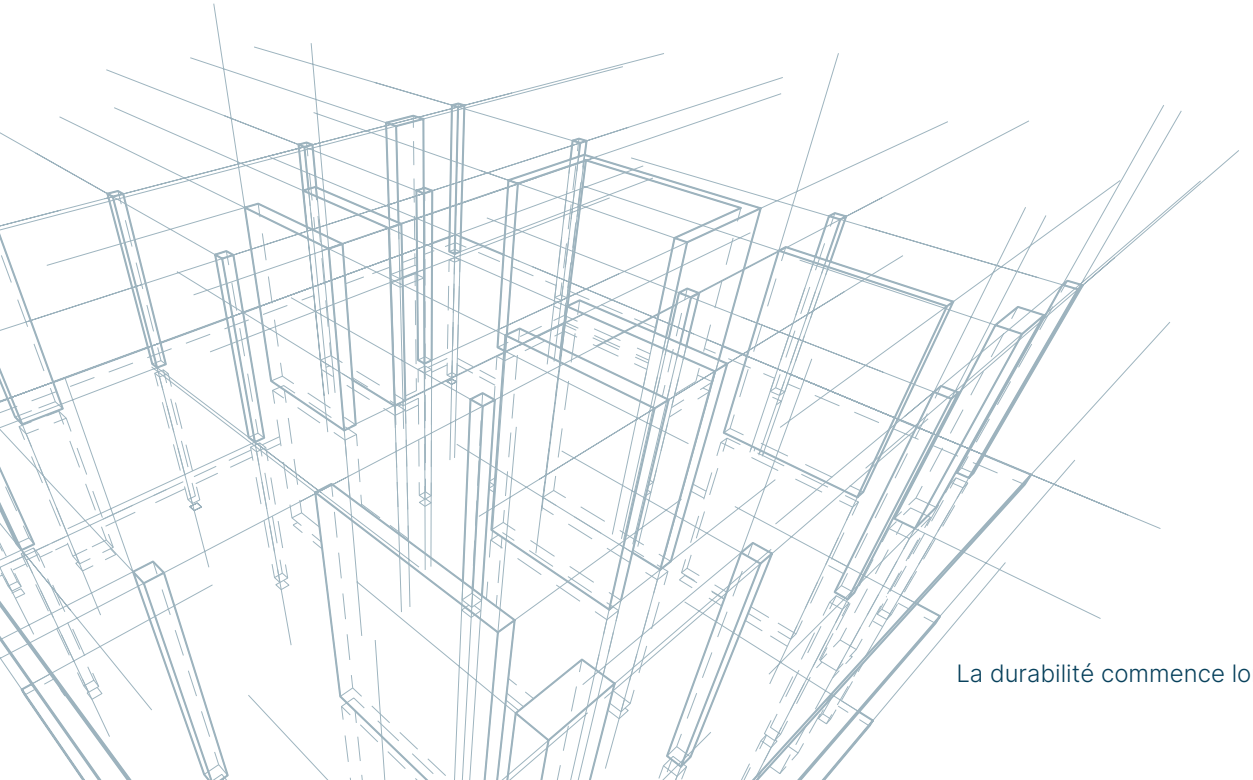
Les exigences à l'égard des constructions changent en profondeur. Les objectifs climatiques, les dispositions réglementaires et les attentes croissantes pour une utilisation efficace des ressources réorientent les priorités lors de la planification. Plus que jamais, la qualité écologique d'un bâtiment ne se décide pas à l'exploitation, mais dès la phase de projet.

Des questions longtemps reléguées au second plan émergent : combien de bâtiments faut-il réellement ? Quelle est la structure porteuse adaptée ? Comment utiliser des matériaux de manière ciblée, parcimonieuse et tenant compte de l'ensemble du cycle de vie ? La durabilité consiste aujourd'hui à envisager, sans les dissocier, la construction, l'utilisation, la durabilité et la déconstruction.

Ce livre blanc montre quels leviers sont efficaces y parvenir. Il replace les développements actuels dans leur contexte, éclaire les stratégies de pratique planificatrice et montre à l'aide de projets concrets comment concilier objectifs climatiques, fonctionnalité et rentabilité.

Notre but est de proposer une orientation solide aux bureaux d'études, aux maîtrises d'ouvrage et aux chefs de projet, non pas grâce à des réponses simples, mais à une vision claire des décisions qui font la différence dans les premières phases d'un projet.

BETONSUISSE



Résumé

Les décisions majeures sont prises avant la réalisation, lors de l'étude du projet. Une grande part des émissions de gaz à effet de serre des constructions modernes est générée bien avant leur première utilisation. Le principal levier de décarbonation s'est décalé vers les phases de projet initiales : analyse des besoins, avant-projet, conception de la structure porteuse, sous-sol, choix des matériaux et prise en compte du cycle de vie dans sa globalité.

Cela a des conséquences directes sur les maîtrises d'ouvrage, les bureaux d'étude et les investisseurs. Le bilan carbone d'un bâtiment devient un facteur déterminant dans la prise de décision, par rapport aux exigences réglementaires comme par rapport à sa valeur sur le long terme, sa viabilité financière et son adaptabilité.



Ce livre blanc dresse les constats que suivants :

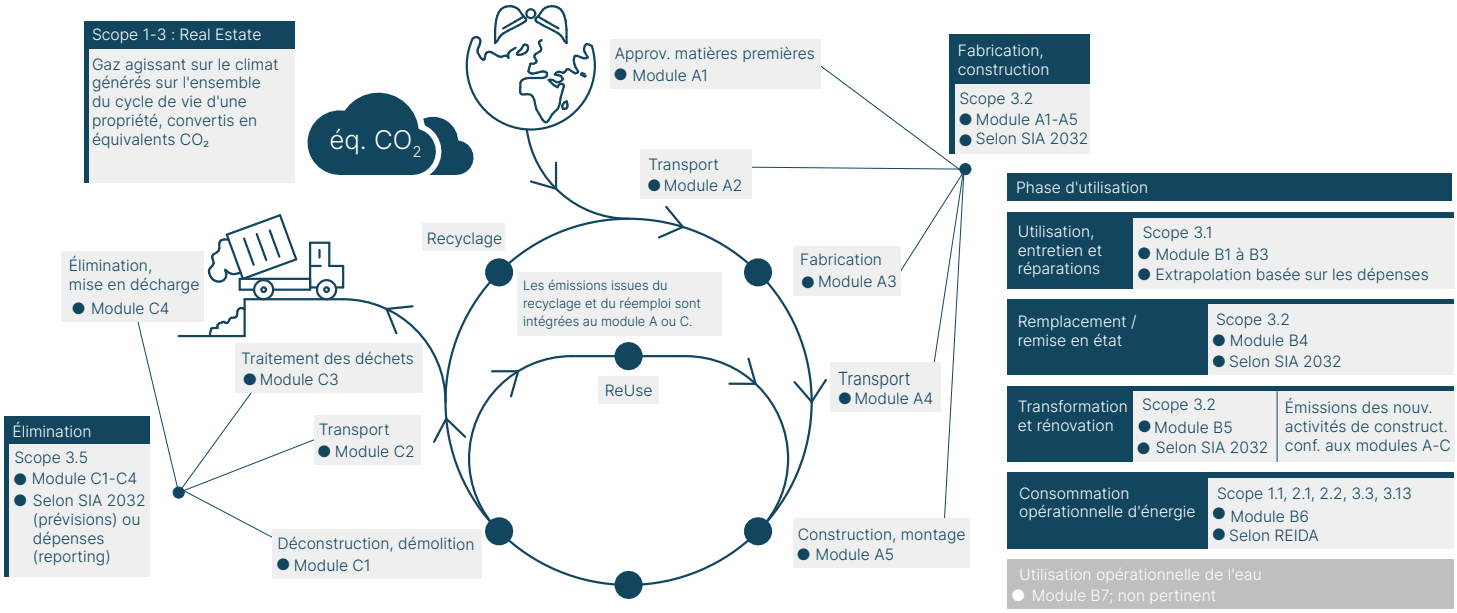
- **Les leviers les plus puissants interviennent tôt dans le projet.**
  Compacité, utilisation optimisée des surfaces, structure porteuse, volume du sous-sol et flexibilité des usages influent généralement davantage sur le bilan des émissions qu'une comparaison isolée des matériaux.
- **La durabilité n'est pas qu'une question de matériau.**
  L'interaction entre la structure, l'enveloppe du bâtiment, la technique du bâtiment, l'utilisation, les cycles de remplacement et la déconstruction est déterminante.
- **La construction massive peut fournir une contribution efficace.**
  Le béton est particulièrement adapté aux éléments de construction très sollicités, comme les noyaux de contreventement, les ouvrages de soutènement, les éléments exposés aux intempéries, en contact avec la terre ou à exécuter par projection de béton. Il est possible de réduire les émissions de manière ciblée grâce à des structures porteuses économes en matériaux, des formulations au bilan carbone optimisé, la masse thermique du béton, des structures intégrées au système ou bien en séparant les systèmes.
- **Le cycle de vie et les coûts doivent être analysés ensemble.**
  Évaluer la construction de manière isolée relève d'une approche superficielle. Une longue durée de vie, des cycles de remplacement, l'exploitation et la flexibilité du bâtiment sont des éléments d'une base de décision solide.
- **Évaluer la durabilité avec la bonne méthodologie.**
  La durabilité va de pair avec une méthodologie cohérente. Il est bon d'établir tôt des comparaisons entre les variantes à l'aide d'outils simples.
  Des écobilans complets et des données fiables sont nécessaires pour obtenir des certificats crédibles dans les phases ultérieures.

Un constat s'impose : pour accélérer sérieusement la décarbonation, il faut appréhender la durabilité comme une tâche de planification et de gestion. Les décisions les plus efficaces ne sont pas prises à la fin, mais au début d'un projet.

Nouveau bilan climatique

De l’énergie d’exploitation aux émissions grises de gaz à effet de serre (GES)

Illustration : affectation des émissions d’un immeuble de rapport sur l’ensemble de son cycle de vie (modules A-C) aux catégories du GHG Protocol, du point de vue d’un investisseur immobilier direct.
Source : Charte pour une construction circulaire.



Le parc immobilier est un levier central pour la protection du climat en Suisse. Il est responsable d’un quart des émissions domestiques de CO_2 et mobilise une grande partie des besoins en énergie finale.

Jusqu’à présent, son bilan climatique était surtout caractérisé par les émissions d’exploitation. Cela reste le cas dans l’existant. De nombreux bâtiments sont toujours chauffés aux énergies fossiles ou n’ont pas fait l’objet d’une rénovation énergétique suffisante. C’est pourquoi le chauffage, l’eau chaude et l’électricité restent des leviers essentiels.

Dans les constructions actuelles, le rapport est différent. Des enveloppes du bâtiment performantes, la chaleur provenant des énergies renouvelables et une meilleure technique du bâtiment permettent de réduire sensiblement les émissions lors de l’exploitation. Ce sont les émissions grises de gaz à effet de serre qui sont désormais au centre des préoccupations.

Pour établir un bilan climatique global, l’ensemble des émissions durant le cycle de vie doit être pris en compte, une approche également qualifiée de « Whole life carbon ». Elle englobe les émissions directes générées par l’exploitation, les émissions indirectes d’achat d’énergie ainsi que les émissions grises de gaz à effet de serre tout au long de la chaîne de valeur.

Les émissions grises proviennent de l’extraction des matières premières, de la fabrication des matériaux de construction, du transport, de la construction de l’ouvrage, du remplacement et de la rénovation des éléments de construction, de la technique du bâtiment ainsi que de la fin du cycle de vie.

Les émissions grises des bâtiments chauffés aux énergies renouvelables peuvent être aussi élevées, voire supérieures aux émissions d’exploitation courante.

Les émissions grises de gaz à effet de serre (GES), un levier déterminant

Les GES doivent être pris en compte sur l'ensemble de la chaîne de valeur, de l'extraction des matières premières à leur élimination ultérieure, en passant par le traitement et le transport. Ces émissions étant générées dès la construction, la perspective d'une construction durable est reportée. Ce n'est plus uniquement l'exploitation, mais surtout la conception, la structure porteuse et le choix des matériaux qui déterminent l'impact sur le climat. C'est pourquoi les jalons déterminants doivent être posés dès les premières phases de projet.

Tableau 1 : établissement des valeurs limites des émissions GES dans les labels et les standards suisses *VL1 : valeur limite ou valeur indicative inférieure à atteindre, *VL2 : valeur limite supérieure ou valeur indicative de base. #École : école primaire selon SIA 390/1 Grisé : pas de valeur limite, Nouv. : nouvelle construction, Réno : rénovation. Source : Minergie, NNBS, SIA.

Label / standard	Habitation				Administration				École			
	VL 1*		VL 2*		VL 1*		VL 2*		VL 1*		VL 2*	
	Nouv	Réno	Nouv	Réno	Nouv	Réno	Nouv	Réno	Nouv	Réno	Nouv	Réno
Minergie			12.4				13.6				12.4	
Minergie-ECO [4]	8	SO[5]	10	SO	8	SO	11	SO	8	SO	11	SO
SNBS [6]	8	SO[5]	10	SO	8	SO	11	SO	8	SO	11	SO
Voie SIA vers l'efficacité énergétique [7]	9	5			9	6			9	6		
La voie du climat SIA	6	4	9	5	6	4	9	5	6	4	9	5

Unité : kg éq. CO_2/m² SRE·an

[4] Valeur limite de base adaptée pour chaque projet sur la base des surfaces non chauffées et des installations de production d'énergie renouvelable.
[5] Valeur limite spécifique au bien calculée en fonction de l'ampleur de l'intervention, de la nature et du nombre des éléments de construction traités.
[6] Des points sont attribués en fonction de l'obtention des valeurs seuils. Les valeurs seuils s'alignent sur les valeurs limites de Minergie-ECO.
[7] Cahier technique SIA 2040:2017. Il définit une seule valeur indicative pour la construction puisque la valeur cible (valeur limite) contraignante renvoie à la construction, l'exploitation et la mobilité réunies.

** Le MoPEC (modèle de prescriptions énergétiques des cantons) est un instrument pivot de la politique énergétique suisse dans le secteur du bâtiment. Il harmonise les lois cantonales afin d'augmenter l'efficacité énergétique, réduire les émissions de CO_2 et promouvoir les énergies renouvelables.

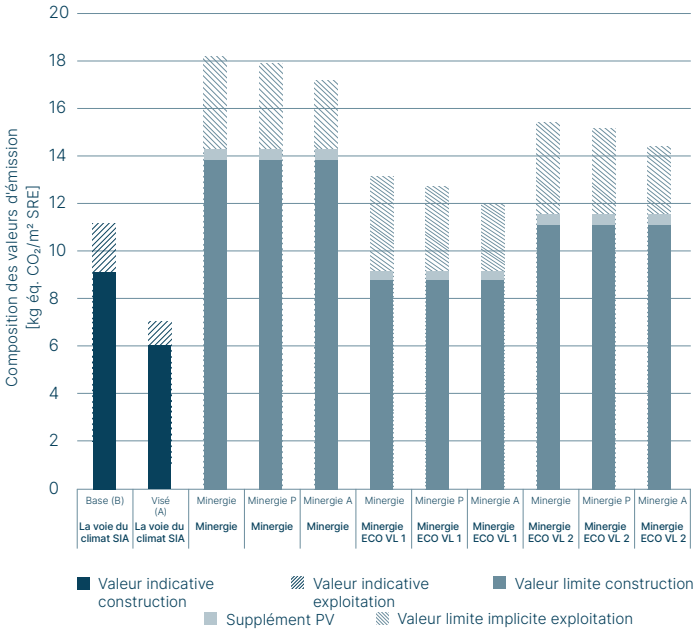
Le CO_2 devient un indicateur d'investissement

Cette évolution s'accompagne d'une modification des conditions-cadres du secteur immobilier. Grâce à de nouvelles normes et à des directives légales, il est plus facile de mesurer et de comparer le bilan climatique des bâtiments. En Suisse, les instruments suivants définissent entre autres de nouvelles exigences :

- CT SIA 2032 sur l'établissement du bilan de l'énergie grise
- SIA 390/1 La voie du climat pour les bâtiments
- Modèles de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC)**
- Certifications de durabilité (SNBS ou SGNI).

Les évolutions internationales modèlent aussi le marché. La taxonomie européenne et de nouvelles exigences quant aux déclarations environnementales des produits de construction renforcent la transparence sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Le bilan carbone d'un bâtiment devient ainsi un indicateur essentiel pour les investisseurs et les maîtrises d'ouvrage. Les bâtiments qui ne satisferont pas aux futures exigences risquent de perdre de leur attractivité et de leur valeur sur le long terme. La durabilité dépasse de loin la seule question écologique. Elle devient progressivement un facteur économique dans le développement immobilier.

Illustration 2 : comparaison entre les valeurs limites ou les valeurs indicatives pour la construction et l'exploitation avec l'exemple d'un nouveau bâtiment résidentiel. Source : Net-zéro émissions de gaz à effet de serre dans le domaine du bâtiment, Office fédéral de l'énergie, 2024.



La durabilité n’est pas qu’une question de matériau

Le débat sur la construction durable est souvent réduit à une simple comparaison entre matériaux. Quel matériau de construction est fondamentalement le plus respectueux du climat ? La question est récurrente. Cela n’épuise cependant pas le sujet.

C’est ce que souligne aussi Walter Kaufmann (EPF Zurich) dans son étude « Dalles écologiquement durables ». Il met en garde contre les évaluations qui ne s’appuieraient que sur les valeurs limites ou les équivalents CO_2. Une valeur limite rigide n’est pas une caractéristique scientifique suffisante de qualité écologique puisqu’elle méconnaît la performance mécanique d’un matériau (résistance et rigidité). Seule l’interaction entre la performance d’un matériau et son efficacité statique – quelle charge un kilogramme de CO_2 émis peut-il supporter ? – fournit un tableau réel de la durabilité.



La qualité écologique d’un bâtiment ne découle pas seulement du matériau choisi, mais de l’interaction entre le site, le concept du bâtiment, la structure porteuse, l’utilisation optimisée des surfaces, la construction, la stratégie d’exploitation et la durée de vie.

Études et exemples pratiques montrent que les leviers les plus importants interviennent généralement plus tôt. Formes compactes des bâtiments, réduction ciblée du volume du sous-sol, optimisation de la trame de la structure porteuse, dalles économes en matériaux, plans flexibles et structures durables ont un impact souvent plus fort sur le bilan des émissions de gaz à effet de serre qu’une comparaison hors contexte des matériaux de construction. La durabilité est donc avant tout une question de conception et de planification intégrée.

La construction massive propose des approches essentielles pour réduire les émissions. La décarbonation est renforcée par la mise en œuvre différenciée de béton et son optimisation en termes de quantité. Plusieurs leviers sont ici déterminants : les ciments régionaux au bilan carbone optimisé et les matières premières secondaires améliorent le bilan des matériaux.

L’utilisation de béton recyclé classique ne contribue certes pas à réduire les émissions de gaz à effet de serre, mais elle aide à ménager une partie des réserves naturelles de gravier et à préserver cette ressource sur le long terme. Le CO_2 peut être néanmoins séquestré dans une mesure limitée si du béton recyclé carbonaté est utilisé.

Des calculs statiques précis et des méthodes de planification numériques aident à alléger les éléments de construction et à diminuer les quantités de matériaux. Dans le même temps, le béton peut, grâce à sa masse thermique, réduire les besoins en énergie durant l’exploitation. La circularité peut être améliorée si l’on prête attention à la séparation des systèmes, à la déconstruction et à la réutilisation.

Plutôt que de circonscrire la durabilité à un seul matériau de construction, mieux vaut évaluer la structure porteuse, la façade et la technique du bâtiment ainsi que leurs cycles de remplacement dans une réflexion globale du système. Dans le bâtiment, la question n’est donc pas de choisir entre le bois ou le béton, mais plutôt de savoir quelle combinaison répond aux exigences fonctionnelles en consommant un minimum de ressources et en affichant la plus grande efficacité à long terme.

Les cinq leviers de la décarbonation dans le bâtiment

La réduction des émissions grises de gaz à effet de serre dans le bâtiment n'est soumise à aucune mesure. Cependant, l'interaction de certains leviers agissant aux différentes phases de projet est déterminante, avec des effets contrastés. En principe, plus le levier est actionné tôt, plus son impact est important.

1. Sobriété et emplacement

→ **Levier principal : les besoins et les volumes déterminent la consommation des ressources.**

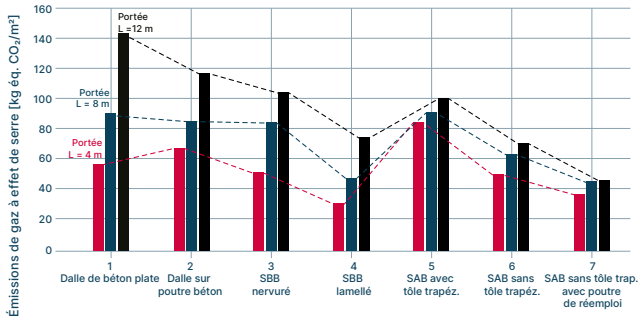
L'approche la plus efficace est de savoir si l'on doit construire et de quelle manière. Des formes compactes, un volume de sous-sol réduit et l'utilisation des structures existantes diminuent tout de suite la quantité de matériaux utilisée.

2. Structure

→ **La structure porteuse et la géométrie définissent les besoins en matériaux.**

Les portées, les systèmes de dalles et la trame porteuse conditionnent une bonne part des émissions grises. Des éléments de construction minces et des structures claires réduisent nettement la quantité de matériaux tout en assurant une flexibilité à long terme.

Illustration : potentiel du bilan écologique des systèmes de béton armé et de dalles mixtes pour différentes portées. Source : Systèmes de dalles en béton – construire durablement, ZHAW.



3. Matériaux

→ **Le choix des matériaux optimise, mais ne se substitue à aucune décision d'ordre structurel.**

Des ciments régionaux au bilan carbone optimisé ou la combinaison de matériaux permettent aussi de réduire les émissions, mais leur impact est moindre par rapport à la sobriété et à l'optimisation de la structure.

Les cinq leviers de la décarbonation dans le bâtiment

4. Cycle de vie

→ **L'utilisation et les cycles de remplacement influent sur le bilan global à long terme.**

Les façades, les éléments techniques et le second œuvre sont renouvelés plusieurs fois. Des structures pérennes et des plans flexibles atténuent ces effets et améliorent les indicateurs tant écologiques qu'économiques.

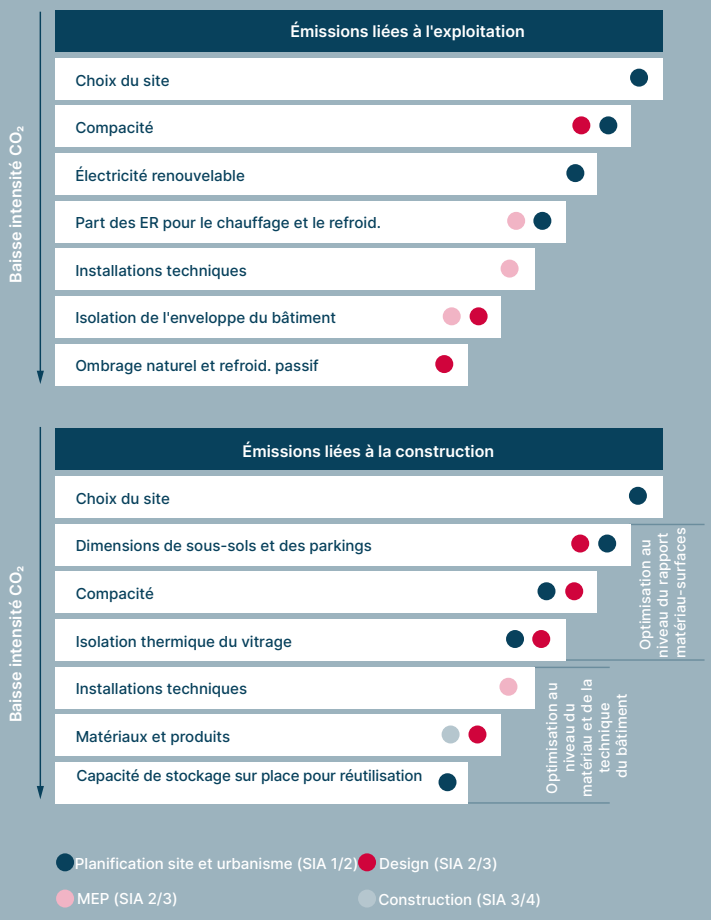
5. Circularité

→ **La démolition, la réutilisation et les cycles élargissent la perspective.**

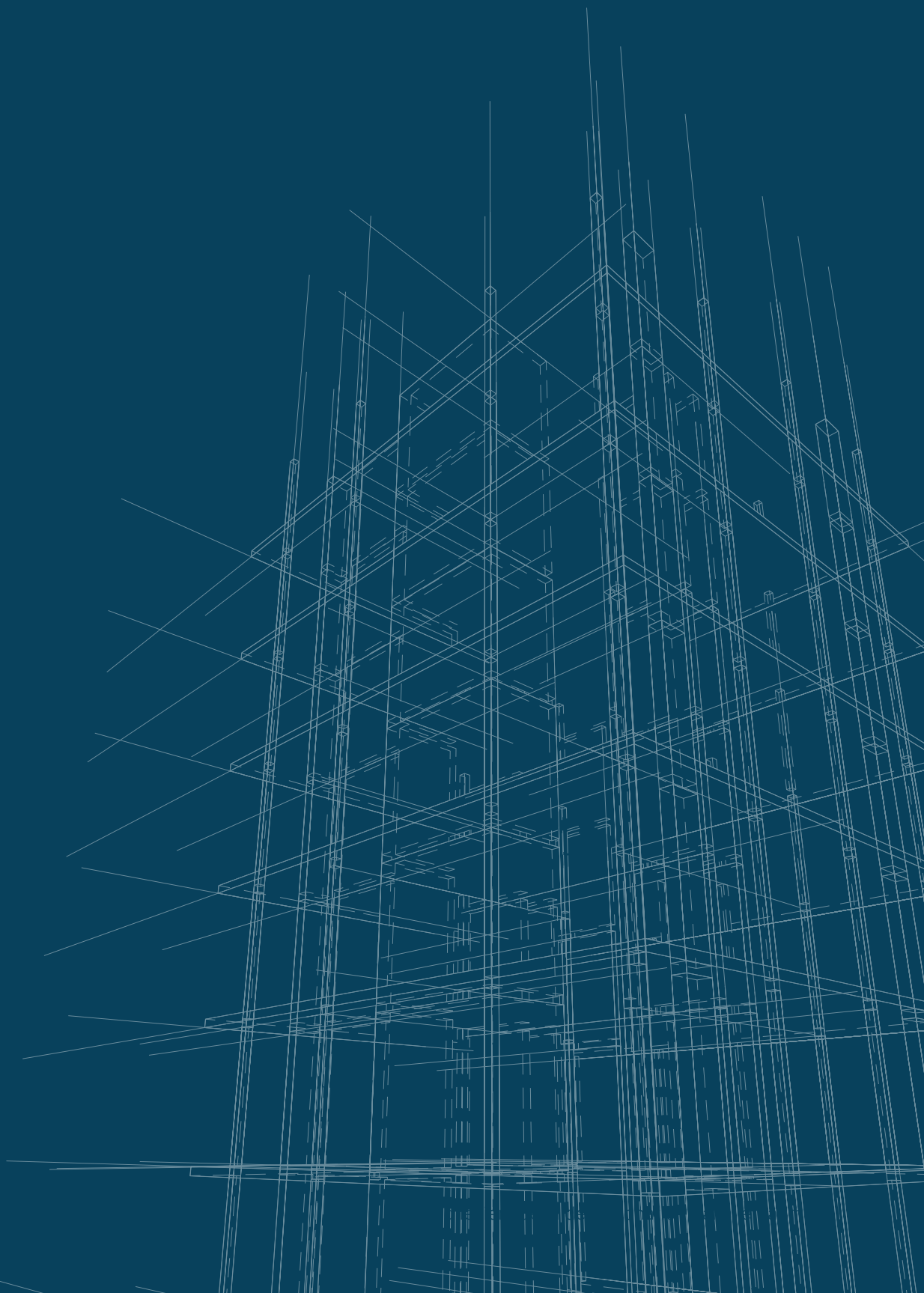
La construction circulaire va bien au-delà du recyclage classique. Elle commence dès la phase de conception par une planification viable qui garantit la flexibilité et l'adaptabilité futures des bâtiments.
La durabilité n'est pas comprise comme un état statique, mais comme la capacité d'un ouvrage à s'adapter à l'évolution des besoins : plans ouverts aux usages, séparation des systèmes, l'approche Design for Disassembly (DfD) et circuit fermé de matériaux.
En appliquant systématiquement une démarche circulaire, ces matériaux ne finissent pas en déchets au terme de leur cycle de vie, mais restent durablement dans le circuit sous forme de ressources de qualité. On obtient ainsi un bâtiment qui fonctionne aujourd'hui et incarne aussi une valeur écologique et économique pour les générations futures.

Illustration : les principaux leviers de la décarbonation appliqués aux émissions générées par l'exploitation et la construction. Source : Implenia.

Les principaux leviers de la décarbonation appliqués générées par l'exploitation et la construction.



Études de cas



Vue d’ensemble des projets analysés

La sélection de projets présentés reflète différentes approches visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre dans le bâtiment. D’autres projets étudiés ne sont pas mentionnés, mais sont néanmoins intégrés aux conclusions générales de ce livre blanc.
Chaque projet qui suit incarne un levier spécifique de décarbonation et donne une visibilité aux différentes stratégies mises en œuvre.

Immeuble résidentiel ALTO, Zurich-Altstetten (ZH), HIAG Immobilien Schweiz AG
L’optimisation se fait dans la structure porteuse et non dans la comparaison entre les matériaux de construction.
Priorité : structure, portées, dalles, utilisation optimisée des surfaces.
État du projet : achevé.

Immeuble résidentiel Badenerstrasse, Zurich (ZH), Allreal
Les principaux leviers de réduction de l’empreinte carbone se situent au niveau du sous-sol et de la densification.
Priorité : sous-sol, mobilité, volume, emplacement.
État du projet : permis de construire délivré.

Immeuble résidentiel Zwhatt H1, Regensdorf (ZH), Pensimo
La durabilité naît de l’association fonctionnelle des matériaux.
Priorité : construction hybride, noyau béton, charge, logique du système.
État du projet : achevé.

Ensemble résidentiel Werkstädtli, Sursee (LU), Estermann Immobilien
La formulation du béton et l’utilisation conditionnent le bilan du cycle de vie.
Priorité : ciment, réduction du CO_2, reconversion, durée de vie.
État du projet : en construction.

Maison S (habitat individuel), Nebikon (LU), privée
Cette construction hybride à échelle réduite allie logique des matériaux et confort intérieur.
Priorité : aménagement intérieur, physique du bâtiment, ambiance.
État du projet : achevé.

De la théorie à la pratique

Méthodologie et base de données

Les cas analysés n'ont pas été comparés directement les uns aux autres du fait des différences de phases de construction et de bases de calcul. Au lieu de cela, l'étude a mis l'accent sur les types spécifiques de bâtiments.

Les projets actuels prouvent cependant que des potentiels théoriques d'économie peuvent être transposés dans la pratique constructive. Les études de cas couvrent un large éventail de types de bâtiments et d'approches planificatrices, de la construction massive économe en matériaux aux systèmes de structures porteuses hybrides.

Les projets se trouvent à différents stades de conception et de réalisation, ce qui explique que les données fournies pour l'évaluation écologique varient. Tous les projets ne disposent pas d'écobilans détaillés de la même manière (analyse du cycle de vie) ; qui plus est, les méthodes appliquées se distinguent en fonction du contexte du projet, du moment de l'analyse et des directives de la maîtrise d'ouvrage :

- Calculs simplifiés : une partie des projets a été évaluée sur la base de calculs génériques, par exemple au moyen d'outils basés sur Excel selon SIA 390/1 (ou SIA MB 2032). Ceux-ci permettent un premier classement et la comparaison des variantes à des stades précoces du projet.
- Écobilans approfondis : d'autres projets recourent à des solutions logiciels spécialisées comme Lesosai ou Enerweb. Ces solutions livrent une analyse différenciée au niveau des éléments de construction et intègrent les matériaux et les formulations de béton optimisées.
- Directives spécifiques : dans un cas, l'outil EcoTool a été imposé par la maîtrise d'ouvrage pour le concours de projets.

Les données du projet ont été examinées indépendamment, vérifiées, puis classées de manière comparative par les hautes écoles spécialisées FHNW et ZHAW.



Illustration : vue extérieure de la nouvelle tour ALTO dans la Freihofstrasse, flanquée de la halle à redents existante. Source : Dimitri Dürr.

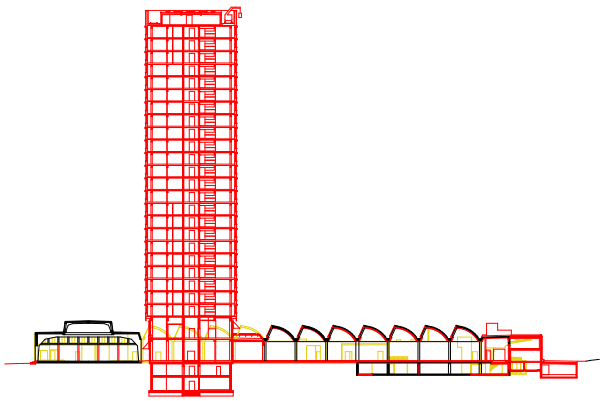
Immeuble résidentiel ALTO

L'optimisation se fait dans la structure porteuse et non dans la comparaison entre les matériaux de construction.

L'immeuble résidentiel ALTO, qui se dresse dans la Freihofstrasse à Zurich-Altstetten (ZH), est une tour bâtie sur un socle à usages mixtes optimisant les surfaces. Le choix d'une tour a été fait pour préserver l'existant : cela a permis de conserver des structures et des espaces non bâtis en concentrant les surfaces utiles en hauteur. La forme compacte, la structure porteuse claire et les plans soigneusement harmonisés réunissent tous les critères d'une mise en œuvre respectueuse des ressources. Le bilan énergétique du bâtiment a été réalisé dès la phase de conception. La valeur cible de la voie du climat SIA 390/1 de 9 kg équivalents CO_2 par m^2 et par an (SRE) a été respectée en amont et contrôlée régulièrement à l'aide de l'outil Lesosai.

L'un des facteurs décisifs a été une série de mesures ciblées à la conception. La structure porteuse a été définie tôt et son efficacité en termes de matériaux optimisée. Les aménagements, la perception de l'espace, la structure porteuse et le choix des matériaux ont été synchronisés et harmonisés. Comme pour de nombreuses tours, on a augmenté la surface utile en diminuant les surfaces de circulation, réduisant ainsi nettement les besoins en matériaux par mètre carré de surface utile.

Illustration : coupe transversale. Source : pool Architekten.



La structure porteuse du bâtiment repose sur une ossature en béton optimisée par des dalles minces ainsi que des poutres et poteaux préfabriqués. Le noyau de circulation central cruciforme assure le contreventement. Le reste des cloisons intérieures est non porteur et de conception légère, ce qui contribue à des processus de construction efficaces et garantit une flexibilité à long terme. Les dalles en béton coulé en place de 14 cm d'épaisseur seulement reposent sur des poutres en béton préfabriquées qui reportent les charges sur des poteaux, également en béton préfabriqué.

Le plan presque symétrique à deux axes se développe autour du noyau de circulation central qui assure un contreventement efficace au vent et aux forces sismiques. Les murs et les poteaux sont dimensionnés de haut en bas en fonction de la charge, les écarts de dimensionnement reflétant les types d'appartements. Les deux sous-sols en béton coulé en place forment un caisson stable qui fixe la gaine et transfère les charges aux fondations constituées de pieux forés en béton coulé en place de gros diamètre.

Par rapport à une tour standard de mêmes dimensions, le projet économise environ 1450 m^3, soit 3400 t de béton, et réduit les émissions d'environ 330 t de CO_2 grâce aux formulations choisies.

Le concept énergétique est étroitement lié à l'architecture. L'enveloppe compacte du bâtiment atténue les déperditions de chaleur. La technique du bâtiment et l'enveloppe sont conçues pour de faibles besoins en énergie d'exploitation. Le site bien desservi par les transports en commun limite les émissions liées à la mobilité. Les dimensions du parking souterrain ont été par exemple fortement réduites, d'où un volume de sous-sol nettement moins important.

Les variantes de conception ont été comparées très tôt afin de vérifier les décisions ayant un fort impact sur le bilan énergétique global. Ce projet dévoile où se situent les leviers importants : dans la structure, dans l'utilisation optimisée des surfaces et dans la synergie entre architecture, structure porteuse et exploitation.

Illustration : étage standard de la tour.
Source : pool Architekten.

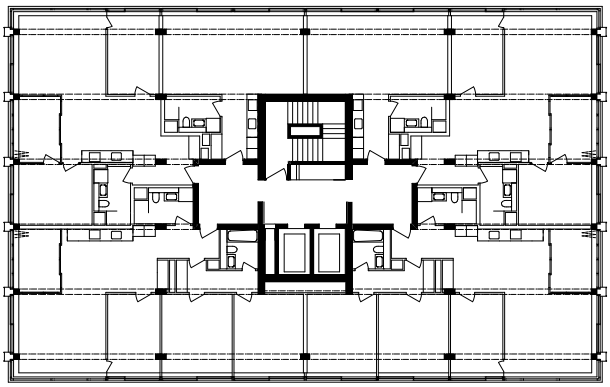
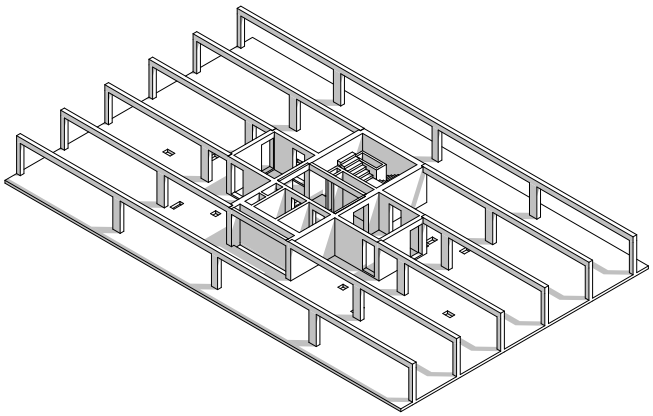


Illustration : structure en béton optimisée avec poutres.
Source : pool Architekten.



Situation
Le projet est situé au croisement de la Baslerstrasse et de la Freihofstrasse, dans le quartier de Zurich-Altstetten. On y trouve le siège social de Fiat Suisse, intégré pour une bonne part dans la nouvelle configuration du site.

Géologie
La parcelle est située dans le bassin molassique du Plateau suisse. Le terrain est caractérisé par des alternances de strates de grès et de marnes, sur lesquelles reposent des dépôts de gravier datant de la glaciation de Würm, la dernière période glaciaire des Alpes.

Structure
L'immeuble est une tour en béton optimisée de 80 mètres de haut et de 26 niveaux au total. Les dalles sont réalisées sous forme de structures en béton optimisées avec des poutres. Le socle jouxte directement les deux halles existantes. Le bâti ancien et la nouvelle construction forment ensemble une belle unité architecturale.

Façade
L'aménagement de la façade associe la structure en béton filigrane du socle existant aux façades rideaux légères de la tour. Les allèges en verre intégrant des modules photovoltaïques sont encadrées par des profilés en aluminium. Avec ces bandeaux horizontaux, les cadres de fenêtres en aluminium et les lésènes légèrement en saillie, disposées devant les poteaux et habillées d'aluminium, structurent l'esthétique de la façade. Les fenêtres sont protégées par des stores textiles extérieurs, adoptant la variante à projection au niveau du socle.

Technique du bâtiment
L'approvisionnement en énergie mise également sur la durabilité : une partie de l'électricité est produite par les éléments photovoltaïques intégrés en façade. Des pompes à chaleur aérothermiques sont utilisées pour le chauffage, tandis que la distribution de chaleur est assurée par un chauffage au sol. Pour éviter des insertions, la ventilation contrôlée est améliorée et ne nécessite qu'une seule sortie d'air par appartement. L'air expulsé est absorbé comme souvent dans les blocs sanitaires et passe par un récupérateur de chaleur.

Catégorie	Spécification
Utilisation	26 niveaux, dont 23 étages de logements, commerces au RDC, usages collectifs et commerces au 1er étage
Structure porteuse	Ossature en béton de 80 m de haut avec noyau central cruciforme.
Dalles	Dalles en béton coulé en place (portée : 3,60 m) sur poutres préfabriquées (portée : 8 m)
Fondations	Pieux forés de gros diamètre en béton coulé en place dans un sol molassique
Particularité	Intégration du bâti existant (ancien garage Fiat) dans la construction du socle

Les facteurs de réussite de la tour ALTO

Leviers déterminants
Structure filigrane en béton avec dalles de plancher minces (14 cm) sur poutres préfabriquées, construction compacte et report direct des charges, façade légère dotée de panneaux PV intégrés, utilisation des structures en béton de l'ancien garage.

Impact mesurable
Économie d'env. 1450 m^3, soit 3400 t de béton. Économie de CO_2 d'env. 330 t par rapport à une tour standard. Diminution des épaisseurs de dalle de 40-42 cm à 31 cm, y c. la structure du sol, sans affecter l'isolation contre les bruits d'impact, la protection incendie et la sécurité sismique.

Conflit d'objectif
Réduction du volume de béton versus exigences de statique, résistance au feu, bruits d'impact et physique du bâtiment. Dans une construction hybride en bois, les exigences de protection anti-incendie et d'isolation contre les bruits d'impact auraient nécessité des solutions complexes avec une utilisation massive de matériaux, si bien qu'on a préféré une structure en béton avec une mise en regard des aspects écologiques et fonctionnels.

Les facteurs de réussite de la collaboration
Concertation en amont entre architectes, concepteurs de la structure porteuse, spécialistes en durabilité, protection incendie et maîtrise d'ouvrage. La coopération étroite entre les disciplines a rendu possibles les structures minces, des processus de construction optimisés et le réemploi d'ouvrages en béton.

Conclusions transposables
- Réutiliser intelligemment les structures en béton existantes au lieu de les remplacer.
- Le report direct des charges et les portées réduites limitent les besoins en matériaux.
- La séparation des systèmes et la limitation des insertions facilitent les restructurations, les déconstructions et le réemploi.
- Une planification intégrale précoce est décisive pour l'efficacité des ressources et la durabilité.
- Les tours d'habitation sur des sites bien desservis peuvent contribuer à densifier en ménageant les ressources, sans affecter l'existant ni ses qualités sociales et écologiques.

Faits et chiffres

Maîtrise d'ouvrage
HIAG Immobilien Schweiz AG

Architecte
pool Architekten

Ingénieurs
Schnetzer Puskas Ingenieure

Physique du bâtiment / durabilité
Durable

Protection incendie
Makiol und Wiederkehr

Réalisation
Début des travaux août 2023

Livraison
Février 2026

Surface de plancher SP
23 300 m^2

Volume bâti VB
77 400 m^3

Label énergie
SNBS Gold

Coûts de construction
99 millions de CHF



Illustration : visualisation de l'immeuble résidentiel prévu dans la Badenerstrasse. Source : Allreal.

Immeuble résidentiel Badenerstrasse

Le sous-sol et la densification concentrent les plus importantes économies de CO_2.

Situé sur une parcelle de 1739 m^2, l'immeuble se trouve à proximité immédiate du stade du Letzigrund. En raison de son âge et de son état, il sera remplacé par une nouvelle construction respectueuse du climat, dans une zone de circulation apaisée.

Ce nouveau projet prévu dans la Badenerstrasse à Zurich-Altstetten prouve que des tours peuvent concilier esthétique urbaine et exigences écologiques. Avec une valeur cible de seulement 8,8 kg éq.CO_2/m^2 an à la construction (selon SIA 390/1) et un objectif d'exploitation neutre en CO_2, le bâtiment de 40 m de haut est conforme aux valeurs cibles exigeantes d'un développement immobilier durable.

La maîtrise d'ouvrage avait prescrit l'outil d'écobilan EcoTool comme base d'évaluation obligatoire dès le concours de projets. Les équipes de planification participantes ont dû établir le bilan de leurs projets à l'avenant et lui soumettre les résultats. Les données ont ensuite été vérifiées par la maîtrise d'ouvrage (Allreal), puis classées.

Illustration : coupe transversale. Source : Allreal.



Parc existant et construction neuve

Les possibilités de rénovation et de conservation partielle ont été passées au crible. Le bien immobilier datant de 1942 présente des défauts architecturaux, techniques et fonctionnels importants, notamment de faibles hauteurs de plafond, en particulier dans les sous-sols, un manque d'accessibilité et des contraintes constructives qui entravent un développement moderne et durable. La conservation partielle ne s'est pas non plus avérée pertinente sur le plan fonctionnel ou écologique.

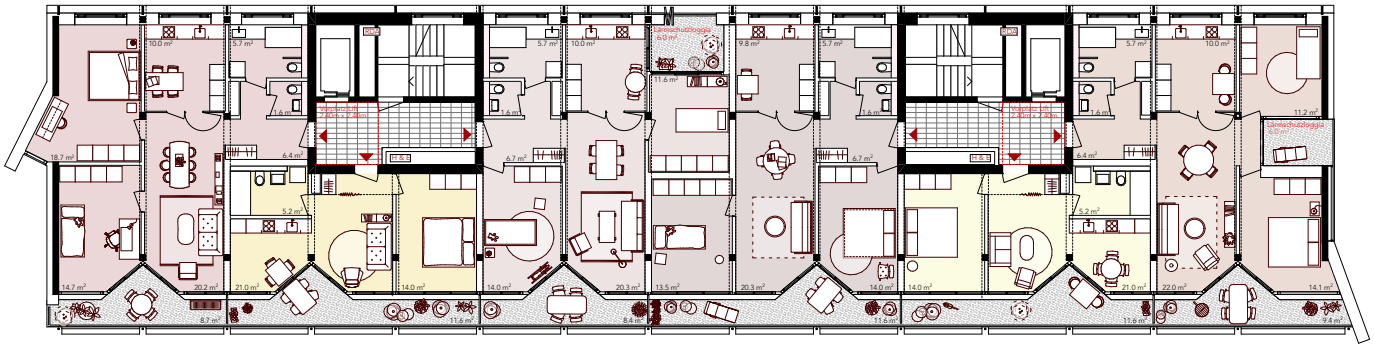
Le réemploi des matériaux de construction existants a également été étudié. Toutefois, les frais engendrés et les émissions supplémentaires auraient annulé en grande partie le bénéfice écologique. Les éléments de construction existants seront néanmoins réutilisés, notamment pour sécuriser les fouilles.

La structure porteuse, clé de l'efficacité

La durabilité du projet du bureau Michael Meier und Marius Hug Architekten commence par l'ossature. Grâce à une trame bien conçue de poteaux-poutres, les ingénieurs civils de Synaxis ont réussi à réduire à 14 cm l'épaisseur des dalles en béton coulé en place. Cette approche frugale en matériaux répond à un objectif clair : utiliser les matériaux là où ils apportent le plus grand bénéfice en termes de statique, d'isolation acoustique et de confort intérieur, sans générer de charge morte inutile.

L'une des réussites particulières de cette « cure d'amaigrissement » a été la réalisation d'un étage supplémentaire entier grâce à la faible hauteur des dalles d'étage, tout en conservant la même empreinte et la même hauteur de bâtiment : plus d'espace habitable sur une surface réduite.

Illustration : étage standard de la tour. Source : Allreal.



Réduction systématique des émissions dans le sous-sol

Les sources d'émissions importantes de gaz à effet de serre lors de ce projet sont, par ordre décroissant d'importance, les fenêtres, les murs extérieurs, les planchers intermédiaires ainsi que la technique du bâtiment. Le béton représente environ 20 % des émissions totales. En principe, l'impact relatif des dalles d'étage augmente avec la taille croissante du bâtiment.

L'un des principaux leviers de réduction des émissions grises de gaz à effet de serre se situe toutefois sous la surface du sol. Compte tenu de la situation du bâtiment en centre-ville, parfaitement desservi par les transports en commun, les architectes n'ont pas jugé bon de créer un parking souterrain. Le volume du sous-sol a été réduit au strict minimum. D'où les baisses substantielles de CO_2 à la construction.

La fouille complexe le long de la ligne du tramway a donné du fil à retordre aux ingénieurs-planificateurs. Des parties du blindage ont été reprises, échappant ainsi à la démolition. Une paroi berlinoise renforcée d'un étayage optimisé a limité l'utilisation d'ancrages et les vibrations. L'accent mis sur un « habitat en zone de circulation apaisée » permet non seulement d'économiser du béton, mais aussi de réduire considérablement l'énergie de construction et les coûts.

Une enveloppe du bâtiment qui produit son énergie

Sur le plan architectural, le fin bâtiment-lame fait écho au contexte urbain : tandis que le rez-de-chaussée et le **piano nobile** offrent de vastes usages publics, l'enveloppe du bâtiment est logiquement conçue pour capter l'énergie solaire.

Des panneaux photovoltaïques sont intégrés sur le toit et l'ensemble de la façade afin de couvrir localement, et à partir de sources renouvelables, les besoins en électricité nécessaires à l'exploitation du bâtiment. Des segments de mur filigranes sur les façades latérales servent aussi d'isolation acoustique, atténuant le bruit et s'orientant en fonction du soleil.

Synthèse : SNBS Platine grâce à la planification intégrale

Le standard SNBS Platine obtenu est le résultat d'un mandat d'études rigoureux au cours duquel toutes les parties ont utilisé des outils unifiés pour analyser les émissions de gaz à effet de serre. Des murs légers de 12 cm au jardin communautaire sur le toit, chaque détail est axé sur la circularité, une utilisation optimisée des surfaces et une empreinte écologique minimale.

Catégorie	Spécification
Utilisation	65 appartements locatifs et surfaces commerciales
Structure porteuse	Construction en béton de 40 m de haut sur une trame poteaux-poutres
Épaisseur de dalle	14 cm en béton coulé en place (réduction des matériaux)
Fondations	Paroi berlinoise avec étayage amélioré
Particularité	Immeuble résidentiel neutre en CO_2

Les facteurs de réussite de l'immeuble résidentiel Badenerstrasse

Levier déterminant

Dalles minces en béton coulé en place (14 cm), économes en ressources, trame efficace de poteaux-poutres, absence de parking souterrain, reprise partielle des structures des sous-sols, conception compacte sur plans resserrés, PV sur la toiture et en façade.

Impact mesurable

Diminution du CO_2 d'env. 330 t par rapport à un immeuble standard. La diminution du volume du sous-sol permet d'économiser des milliers de m^3 de béton et de réduire l'énergie de construction. Un étage supplémentaire complet a ainsi été réalisé avec la même empreinte.

Conflit d'objectif

Réduction des matériaux utilisés et du volume de béton versus exigences de statique, protection acoustique, confort intérieur, protection incendie et contre les vibrations au niveau de la fouille le long de la ligne de tramway.

Les facteurs de réussite de la collaboration

Planification intégrale cohérente : toutes les parties concernées ont utilisé les mêmes outils pour analyser les émissions de gaz à effet de serre. Intégration en amont des architectes, des ingénieur·es, des spécialistes de la planification et des expert·es en durabilité. Optimisation de la structure porteuse, de la fouille, des façades et de la technique du bâtiment dans une intervention globale.

Conclusions transposables

- Des dalles minces et une trame efficace réduisent significativement la consommation de béton et les émissions de CO_2.
- Le dimensionnement précis du sous-sol évite un gaspillage de matériaux.
- Les panneaux photovoltaïques sur le toit et en façade contribuent à un fonctionnement neutre en carbone du bâtiment.
- Des immeubles bâtis dans un quartier central à circulation apaisée permettent de densifier sans consommation de sol supplémentaire.
- Une planification intégrale et des outils d'évaluation harmonisés sont déterminants pour obtenir des standards de durabilité élevés (SNBS Platine).

Faits et chiffres

Maîtrise d'ouvrage
Allreal Generalunternehmung AG

Architecte
Michael Meier und Marius Hug Architekten AG

Ingénieurs
Synaxis

Réalisation
Début des travaux en 2026

Livraison
2028

Surface bâtie
Surface de la parcelle : 1739 m^2

Surface de plancher
Surface de plancher totale : 7806 m^2

Label énergie
SNBS Platine

Coûts de construction
n. c.





Illustration : vue extérieure de la nouvelle tour Zwhatt H1 à Regensdorf-Watt.
Source : Frey Kuster, conception visuelle et photographie.

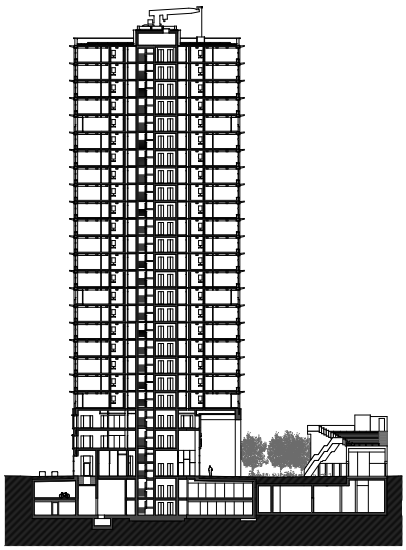
Immeuble résidentiel Zwhatt H1

La durabilité naît de l'association fonctionnelle et non du remplacement des matériaux.

Dans le nouveau quartier Zwhatt à Regensdorf-Watt (ZH), la tour H1 montre comment différents matériaux peuvent être associés de manière ciblée dans une construction de grande hauteur. Le projet suit une ligne directrice claire : les matériaux sont utilisés là où ils déploient pleinement leurs atouts constructifs.

La structure porteuse repose sur un système hybride bois-béton. Alors que les dalles des étages sont conçues selon un système mixte bois-béton, un noyau de distribution massif en béton assume la fonction centrale de stabilisation, de contreventement et de protection incendie. Ce système est complété par des éléments porteurs en bois qui permettent un aménagement flexible.

Illustration : coupe transversale de la tour résidentielle.
Source : Boltshauser Architekten.



Le béton a un rôle déterminant dans la construction des tours d'habitation. Le noyau en béton absorbe les charges horizontales dues à l'action du vent et aux séismes, et garantit l'intégrité structurelle du bâtiment sur toute sa hauteur. Dans le même temps, il satisfait à des exigences majeures de protection incendie, de durabilité et de solidité, qui, dans cette catégorie de bâtiments, ne peuvent être mises en œuvre avec fiabilité qu'au moyen de constructions massives.

L'association avec des éléments en bois dans les dalles des étages diminue la charge morte de l'édifice et permet de réduire le dimensionnement des fondations. Cette diminution de la charge se répercute sur certains éléments de construction sans affecter la performance structurelle. Mais ce qui compte n'est pas tant de réduire un matériau que d'obtenir une bonne interaction des systèmes.

L'enveloppe du bâtiment remplit elle aussi plusieurs fonctions. Les modules photovoltaïques intégrés en façade assurent l'alimentation en énergie tout en influant sur le comportement thermique du bâtiment.

Des matériaux complémentaires comme le pisé sont utilisés de manière ciblée là où ils présentent des avantages pour la physique du bâtiment.

Ce projet l'illustre bien : les solutions durables dans la construction d'immeubles naissent non parce qu'on remplace un matériau par un autre, mais grâce à leur affectation fonctionnelle. Le béton assure ainsi des fonctions centrales dans la structure porteuse et conditionne la performance et la sécurité du système entier. Le bois complète la structure aux endroits où une charge réduite et la préfabrication apportent un plus.

La réduction des matériaux utilisés ne vient pas d'un changement unilatéral de matériau, mais d'une planification intégrale qui optimise en même temps la structure porteuse, l'utilisation, le déroulement du chantier et le cycle de vie. L'évaluation des émissions de gaz à effet de serre a été effectuée au cours du projet conformément à SIA 390/1 et actualisée de manière itérative pour la structure porteuse et l'ensemble du bâtiment.

Illustration : 4e niveau – étage standard de la tour.
Source : Boltshauser Architekten.

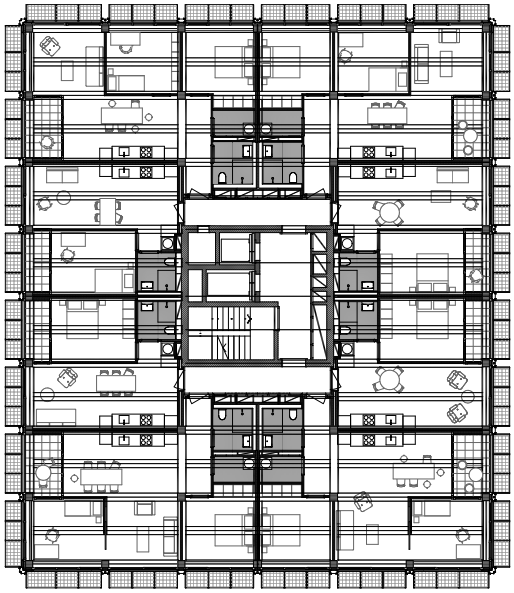


Illustration : structure porteuse hybride bois-béton.
Source : Boltshauser Architekten.

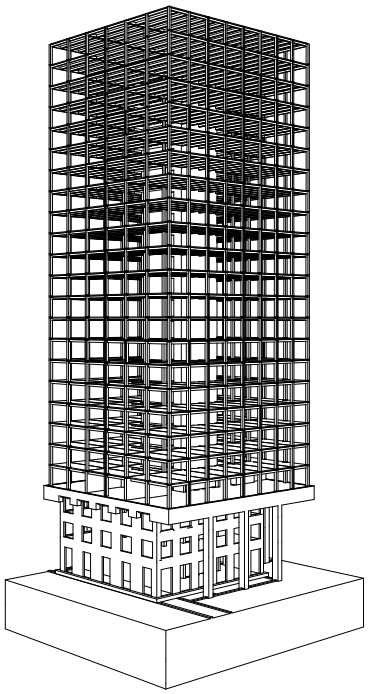


Illustration : structure de l'étage d'habitation avec un noyau massif et une ossature porteuse en hêtre.

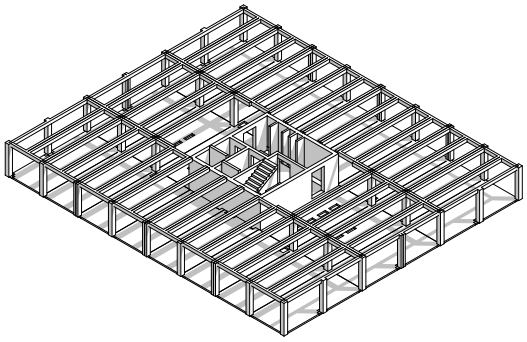
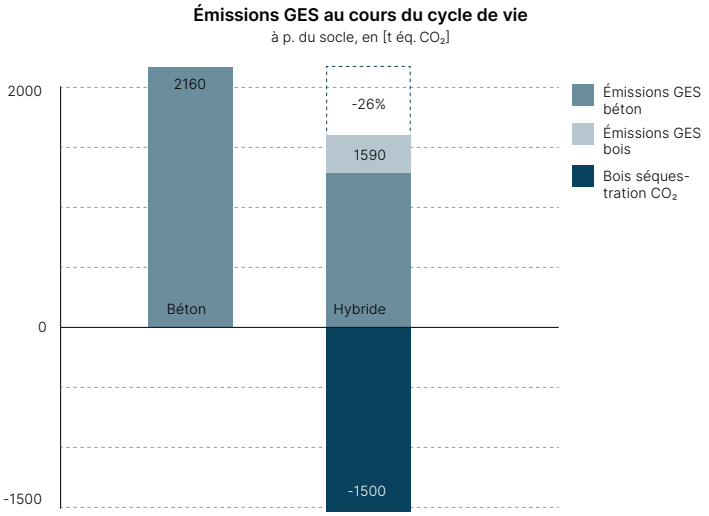


Illustration : masse équivalent CO_2 émise et séquestrée pour la variante béton et hybride de Zwhatt. Source : ZHAW.



Géologie

Le bâtiment repose sur des sédiments de caillasse et de moraines, ce qui a permis une technique de fondations superficielles.

Situation

Le projet se situe près de la gare Regensdorf-Watt, sur la place Zwhatt. Le plan directeur de Studio Märkli, qui établit une liaison claire avec la promenade de Furttal, a servi de base à son intégration dans la ville.

Structure

Le bâtiment est une construction hybride bois-béton. Son socle et son sous-sol sont réalisés en béton massif, de même que le noyau. La trame de poteaux porteurs et de poutres a été réalisée en hêtre (Fagus Suisse). Les dalles sont mixtes, en bois et en béton. Des sprinklers se chargent de la protection contre les incendies.

Façade

La façade se distingue par des allèges métalliques combinées à des lésènes verticales constituées de profilés galvanisés. Les fenêtres rouges en aluminium donnent une touche expressive à l'ensemble, tandis que des panneaux solaires horizontaux ombragent la façade.

Technique du bâtiment

La technique du bâtiment mise sur des solutions durables. Une partie des besoins en électricité est couverte par des modules photovoltaïques, tandis que la fourniture de chaleur est assurée par un chauffage au sol d'un bon rendement énergétique.

Catégorie	Spécification
Utilisation	156 appartements sur 24 étages et environ 720 m² de surfaces commerciales.
Structure porteuse	La structure porteuse hybride bois-béton modulaire prend la forme d'un empilement de poteaux-poutres.
Dalles	Éléments mixtes bois-béton → 12 cm béton / 30 cm poutres en bois
Fondations	Fondations superficielles simples
Particularité	Fourniture d'énergie Centrale énergétique locale avec pompes à chaleur sur nappe

Les facteurs de réussite de la tour Zwhatt.

Leviers déterminants
Structure porteuse hybride fonctionnelle avec noyau massif en béton pour le contreventement, la protection incendie et la durabilité, ainsi que dalles mixtes légères bois-béton pour réduire la charge morte, améliorer l'efficacité des matériaux et réduire les émissions liées à la construction.

Impact mesurable
Réduction de la charge totale du bâtiment et ce faisant optimisation des fondations et de la structure porteuse. Les économies de volume de béton sont dues à l'optimisation de la construction et non au remplacement d'un matériau.

Conflit d'objectif
Les exigences des tours en matière de stabilité, de protection incendie et de durabilité nécessitent des éléments de construction massifs, tandis que l'objectif de réduction des matériaux utilisés est maintenu. La solution résulte dans la combinaison fonctionnelle de différents matériaux de construction.

Les facteurs de réussite de la collaboration
Planification intégrale précoce entre architecture, planification de la structure porteuse, construction en bois, physique du bâtiment et durabilité. Développement commun d'un concept de structure porteuse qui tient compte des exigences structurelles comme des objectifs écologiques.

Conclusions transposables
- La construction hybride ne remplace pas, elle combine.
- Dans la construction de tours, le béton reste essentiel pour la portance, le contreventement et la sécurité.
- L'efficacité des matériaux naît de l'interaction des systèmes et non de la substitution d'un élément.
- Établir très tôt une stratégie pour la structure porteuse permet autant d'atteindre une performance technique que de réduire les émissions.

Faits et chiffres

Maîtrise d'ouvrage
Fondation de placement Pensimo, Zurich, gérée par Pensimo Management SA

Architecte
Boltshauser Architekten AG

Ingénieurs
Ingenieurgemeinschaft B3 Kolb, Romanshorn ; Schnetzer Puskas Ingenieure, Bâle

Réalisation
Début des travaux 2022

Livraison
2025

Surface bâtie
697 m²

Surface de plancher SP
18 380 m²

Label énergie
SNBS-Areal

Coûts de construction
n. c.



Illustration : visualisation de l'ensemble résidentiel Werkstädtli dans la Münsterstrasse à Sursee. Source : Estermann Immobilien AG.

Ensemble résidentiel « Werkstädtli »

La formulation du béton et le concept d'utilisation ont une influence déterminante sur le bilan du cycle de vie.

Le projet Werkstädtli imaginé sur le site d'un ancien garage à Sursee (LU) est un bel exemple de reconversion durable d'une friche industrielle. L'objectif était de prouver que la construction massive classique peut non seulement atteindre, mais aussi dépasser les objectifs climatiques de la voie SIA vers l'efficacité énergétique 2040 grâce aux innovations et à la planification intégrale. Les deux immeubles abritant aussi des locaux commerciaux servent de projet de référence pour une nouvelle génération d'ouvrages massifs économes en ressources.

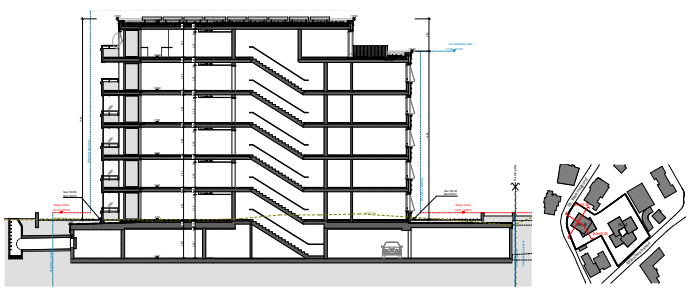


Illustration : en collaboration avec la corporation de Sursee, l'entreprise Estermann Immobilien AG planifie, sur le terrain de l'ancien garage Burkhardt dans la Münsterstrasse à Sursee, un projet qui répondra aux nombreux besoins du voisinage. Source : Estermann Immobilien AG.



Le développement de nouvelles formulations de béton a fourni un levier essentiel pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Pour ce projet, une valeur cible de 133,6 kg équivalents CO_2 par m^3 de béton a été définie pour le potentiel de gaz à effet de serre (modules A1-C4 : phases du cycle de vie d'un bâtiment). La moyenne suisse se situe à environ 200 kg éq. CO_2 par m^3.

Les types de béton récemment développés se situaient nettement en dessous de la limite fixée par cette directive et atteignaient des valeurs de 106,9 ou 113,9 kg éq. CO_2 par m^3. Sur un volume total d'environ 5500 m^3 de béton, près de 479 tonnes de CO_2 ont été économisées par rapport à un béton standard classique. Sur l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre des bâtiments, la part du béton s'est nettement réduite, passant d'environ 49 % à environ 38 %.

L'optimisation du ciment s'est doublée d'une approche globale des matériaux. Le charbon végétal notamment doit agir comme un puits de carbone sur le long terme et lier physiquement les émissions de CO_2 inévitables.

Des matériaux respectueux des ressources ont été également choisis dans l'aménagement intérieur. Les murs en briques conventionnels ont par exemple été remplacés par des murs en briques silicocalcaires, moins émettrices d'émissions grises de gaz à effet de serre dans la phase de construction. En parallèle, le projet a été conçu avec rigueur pour optimiser les surfaces. Un nouveau parking couvert relie en outre le bâtiment existant de la corporation de Sursee au site, facilitant le démantèlement des anciennes rampes ainsi que la création d'espaces verts supplémentaires pour favoriser la biodiversité.

Au « Werkstädtli », la durabilité est pensée sur l'ensemble du cycle de vie. Dans un premier temps, l'un des bâtiments accueillera provisoirement les résidents du centre pour personnes âgées St. Martin. On a ainsi évité l'installation d'un conteneur provisoire, coûteux en ressources, durant la phase de construction du nouveau centre. Au terme de cette affectation intermédiaire, le bâtiment sera transformé en appartements locatifs pour personnes âgées et en locaux commerciaux, sans modifier la structure primaire. Cette flexibilité d'usage prolonge la durée de vie du bâtiment et réduit la consommation de ressources sur plusieurs décennies.

Les objectifs de durabilité ont été gérés sur la base de principes de planification clairs. La voie SIA vers l'efficacité énergétique 2040 a permis une analyse complète des domaines de la construction, de l'exploitation et de la mobilité. En complément, la Ville de Sursee a émis des dispositions spéciales relatives à la construction pour promouvoir une densification de haute qualité architecturale. L'écobilan a été établi conformément au cahier technique SIA 2032 à l'aide d'un logiciel certifié et a servi de base pour la certification Standard Bâtiments 2019.1. Les principales sources d'émissions de gaz à effet de serre se situent, par ordre décroissant, au niveau des fenêtres, du toit plat, des planchers intermédiaires et de la technique du bâtiment. Le béton représente environ 30 % des émissions de gaz à effet de serre.

Le projet montre que la construction massive peut, grâce à l'amélioration des formulations et de la structure, diminuer ses émissions si les promoteurs, bureaux d'étude et fournisseurs de matériaux collaborent très tôt. Les formulations de béton et amorces de planification au « Werkstädtli » livrent des résultats importants pour de futurs projets et contribuent à développer une construction massive adaptée au climat.

Catégorie	Spécification
Utilisation	11 appartements en propriété : de 3,5 à 5,5 pièces. 39 appartements locatifs adaptés aux seniors, de 2,5 à 4,5 pièces. Surface commerciale de 550 m^2. De 2027 à 2029 : affectation provisoire comme établissement d'accueil durant la construction du centre pour personnes âgées St. Martin, Sursee.
Structure porteuse	Béton
Dalles	Dalle au-dessus du parking couvert de 45 cm, dalles d'étage de 24 cm
Fondations	Radier avec fondations individuelles en béton
Particularité	Utilisation de charbon végétal pour le captage de CO_2 dans des éléments en béton et l'environnement immédiat (au total, piégeage de 34 t de CO_2). Mise en œuvre de béton bas carbone. Réduction d'environ 43 % des émissions de CO_2 dans le béton.



Les facteurs de réussite de l'ensemble résidentiel Werkstädtli.

Levier déterminant
Choix d'une méthode de construction massive avec béton bas carbone et murs en briques silicocalcaires économes en ressources. L'intégration de la voie SIA vers l'efficacité énergétique 2040 a également joué un rôle central.

Impact mesurable
Réduction d'environ 43 % des émissions de CO_2 du béton (479 t éq. CO_2 pour 5500 m^3). La part du béton dans les émissions totales de gaz à effet de serre a baissé de 49 à 38 %, ce qui correspond aux émissions annuelles d'environ 40 ménages.

Conflit d'objectif
Davantage de béton nécessaire pour la statique, la sécurité sismique, l'isolation acoustique et la protection incendie versus réduction maximum des émissions de CO_2 et préservation des ressources. Surcoûts versus choix de durabilité avec des matériaux innovants.

Les facteurs de réussite de la collaboration
Concertation étroite et précoce entre maîtrise d'ouvrage, architectes, concepteurs de la structure porteuse, spécialistes en durabilité, gestion de la construction et entreprises exécutantes, seule façon de développer des types de béton commercialisables en six mois.

Conclusions transposables
Le ciment économe en ressources et le béton bas carbone sont d'une utilisation souple. Planification précoce, collaboration totale et respect systématique des objectifs de durabilité favorisent dans le même temps rendement, qualité et respect du climat. La valeur cible définie auparavant dans la voie SIA vers l'efficacité énergétique 2040 a été atteinte, voire largement dépassée. Le livre blanc n'aborde pas le thème de la compensation mise en œuvre avec le charbon végétal. Avec le charbon végétal, cette valeur diminuerait encore et serait conforme à la voie du climat SIA 390/1 actuelle.

Faits et chiffres

Maîtrise d'ouvrage
Estermann Immobilien AG

Architecte
ahaa – architecture studio

Réalisation
Début des travaux en 2025

Livraison
2027

Surface bâtie
1257 m²

Surface de plancher SP
8119 m²

Coûts de construction
28 millions de CHF



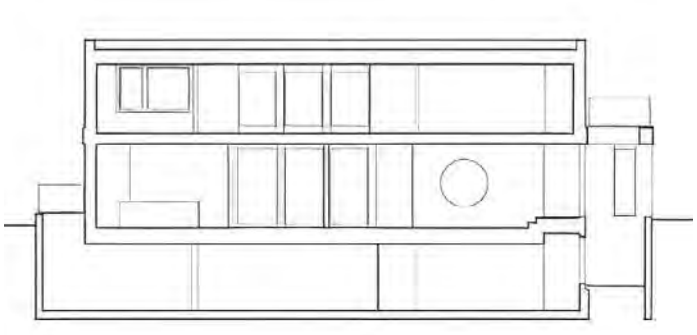
Illustration : au rez-de-chaussée, la construction paraît robuste et monolithique du fait de la façade massive en béton apparent. Le niveau supérieur présente une façade autoporteuse rapportée faite d'éléments en bois. Source : Kollektiv.w AG.

Maison S (habitat individuel)

La maison S montre comment la cohérence des matériaux, la physique du bâtiment et la qualité de vie interagissent à échelle réduite.

Située sur un coteau sud-est de Nebikon (LU), la maison S illustre la transformation d'une construction de quartier simple des années 1960 en une maison d'habitation contemporaine. La structure existante composée de bâtiments de plain-pied constitue le point de départ du projet. Le nouveau bâtiment s'intègre tranquillement dans l'environnement hétérogène de maisons et épouse la logique architecturale du lieu. Sa forme géométrique compacte contribue à un bon rapport entre le volume et l'enveloppe du bâtiment et réduit ainsi les besoins en matériaux lors de la construction.

Illustration : coupe transversale de la maison S à Nebikon. Source : Kollektiv.w AG.



Construction et logique des matériaux

L'ouvrage repose sur une méthode de construction hybride. Le rez-de-chaussée est une construction monolithique en béton apparent. La mise en œuvre ciblée du béton se concentre sur des zones porteuses et en contact avec la terre, limitant ainsi la proportion de matériau utilisée. Le rez-de-chaussée est coiffé d'une superstructure légère en éléments de bois.

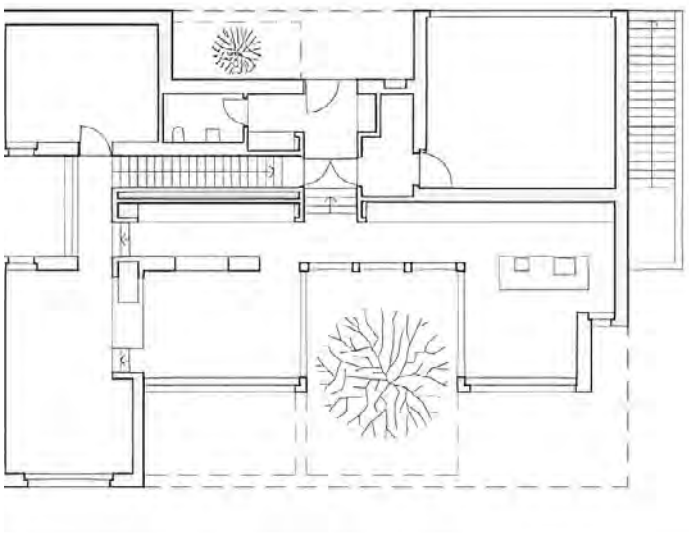
L'association des deux matériaux répond à une logique fonctionnelle : le béton assure la portance, la masse et la durabilité, et le bois apporte la légèreté, la préfabrication et la souplesse de construction.

La structure du mur a été optimisée par une isolation intérieure et un enduit en pisé. Ces éléments favorisent un climat intérieur équilibré et réduisent la mise en œuvre de matériaux dans le second œuvre. Un patio central structure le bâtiment et relie les espaces intérieurs et extérieurs. Il laisse pénétrer profondément la lumière naturelle dans les pièces et renforce le lien avec l'environnement.

Écobilan et sources d'émissions

Ce projet ne vise pas à atteindre une valeur limite définie. Toutefois, les expériences tirées de projets similaires montrent que des concepts de bâtiment non structurés ou ajoutés n'atteignent souvent pas les valeurs souhaitées. L'analyse présente les facteurs typiques des habitations compactes. La typologie compacte et la concentration de matériaux au rez-de-chaussée entraînent une réduction des émissions de construction par rapport aux maisons individuelles classiques.

Illustration : rez-de-chaussée de la maison S à Nebikon.



Les émissions de gaz à effet de serre proviennent en majeure partie du toit plat, des plafonds intermédiaires et des fenêtres. Plus le bâtiment est compact, plus ces éléments ont un impact sur le bilan global. Au rez-de-chaussée, le béton assure les fonctions structurelles et fonctionnelles centrales et contribue à environ 35 % à 40 % du bilan global. Le sous-sol a aussi une influence significative sur les émissions de construction.

Catégorie	Spécification
Utilisation	Usage privé
Structure porteuse	Murs et dalles massives en béton, poteaux métalliques au 1er étage
Dalles	Dalle au-dessus du sous-sol : 25 cm, RDC : 28 cm, 1er étage : 22 cm
Fondations	Fondations superficielles
Particularité	Isolation intérieure RDC, structure en bois autoporteuse au 1er étage

Les facteurs de réussite de la maison S

Leviers déterminants

Le levier principal résidait dans une planification numérique précoce. Grâce à l'utilisation de modèles 3D, les interfaces entre la construction massive et la construction bois ont été peaufinées très tôt. Cette approche a réduit les risques inhérents à la conception et amélioré la qualité de l'exécution.

Impact mesurable

La coordination précoce de la planification et le choix concerté des matériaux ont permis d'avoir une structure des coûts et de mise en œuvre stable pour une surface habitable compacte de 245 m^2. L'évaluation écologique montre les éléments de construction dominants dans le bilan global, notamment le toit, les dalles, les fenêtres, ainsi que la part du béton au rez-de-chaussée.

Conflit d'objectif

Le projet se situe dans le champ de tensions entre la qualité architecturale, la solidité constructive et l'optimisation écologique. Le béton est nécessaire pour la portance, l'isolation acoustique et la durabilité de l'ouvrage, mais augmente l'énergie grise. Des éléments de conception comme les surfaces des fenêtres et les formes des toitures influent aussi significativement sur les émissions. La solution réside dans une stratégie différenciée en matière de matériaux et d'éléments de construction.

Les facteurs de réussite de la collaboration

Les techniques hybrides conviennent aussi aux petites habitations. Mais ce qui compte n'est pas tant le matériau lui-même que l'affectation fonctionnelle des matériaux dans le système. La planification numérique précoce améliore la coordination, réduit les risques d'interface et accroît la qualité de la mise en œuvre.

Dans les maisons et les immeubles résidentiels bâtis de manière classique, les canalisations encastrées, les volumes vastes des sous-sols, des exigences élevées quant à l'insonorisation des bruits d'impact et le standard de propriété entravent l'obtention des valeurs cibles. C'est pourquoi les matériaux, les épaisseurs des dalles, les toits, les façades et les sous-sols doivent être pris en compte très tôt pour atteindre les objectifs de réduction.

Faits et chiffres

Maîtrise d'ouvrage
Client privé

Architecte
Kollektiv.w AG

Ingénieurs
TAGMAR AG / Wuest AG

Réalisation
De juillet 2023 à août 2024

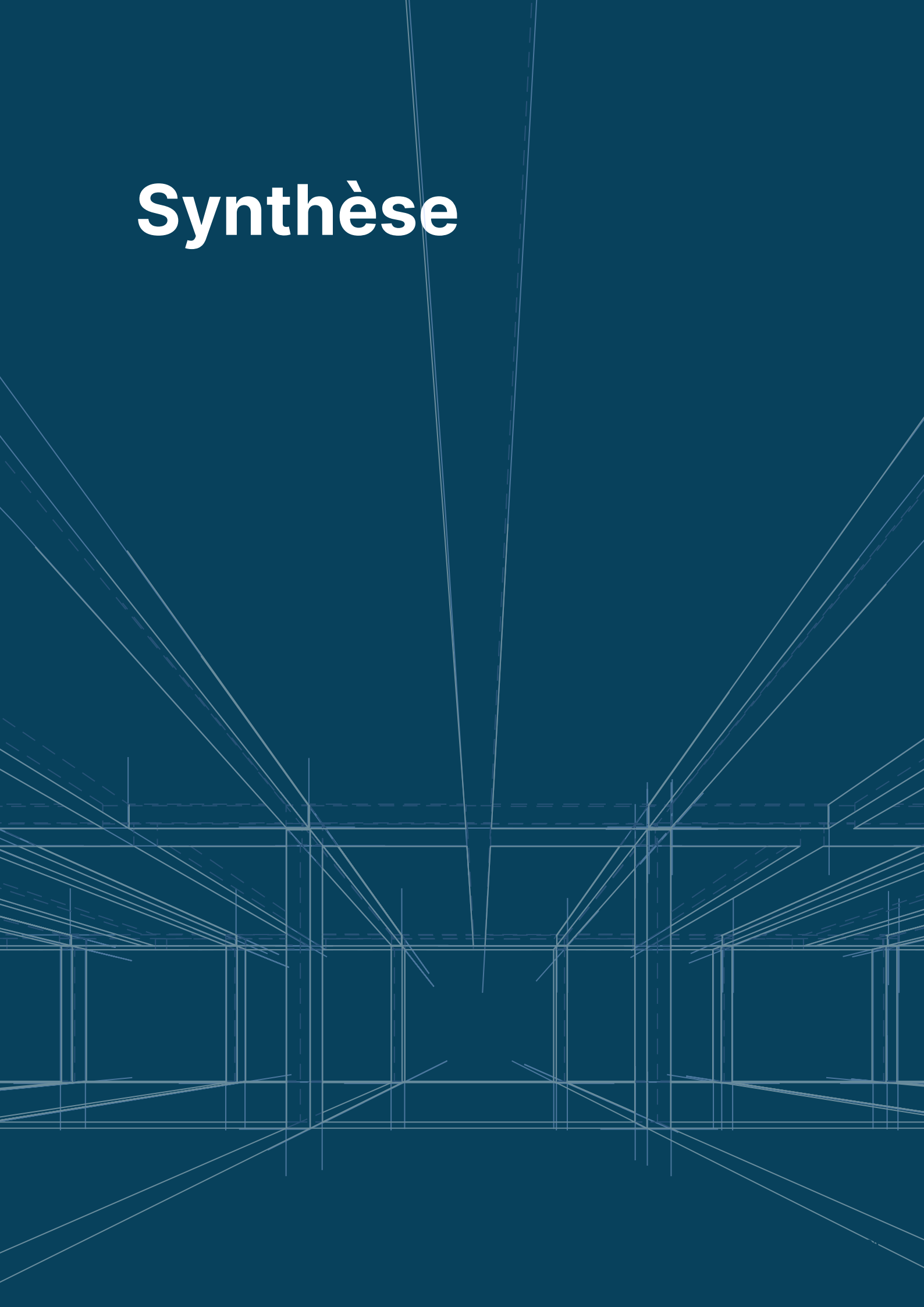
Livraison
2024

Surface bâtie
Emprise au sol bâtiments principaux 245 m² (SP RDC 215 m² / SB 1er ét. 155 m²)

Surface de plancher SP
Surface nette habitable 245 m² (SP RDC)

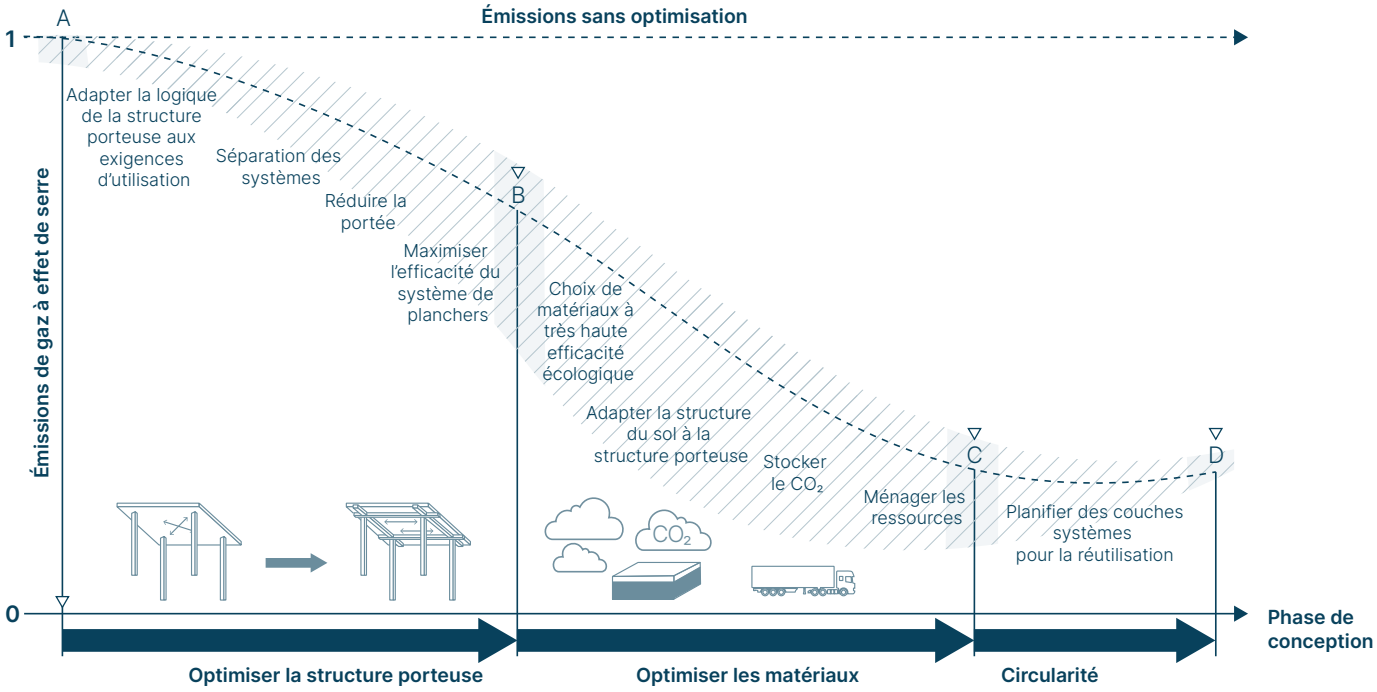
Coûts de construction
1,65 million de CHF

Synthèse



Les leviers les plus puissants à chaque phase de projet

Illustration : potentiels d'optimisation durant la planification.
Source : systèmes de dalles en béton – construire durablement, ZHAW.



Décider tôt, optimiser collectivement.

Les maîtrises d'ouvrage fixent les objectifs et définissent le cadre. Les concepteurs ont besoin d'une marge de manœuvre pour développer des solutions concrètes et étudier en amont des variantes pour la structure porteuse, les dalles, la façade, le toit, la technique du bâtiment et les matériaux. La collaboration de toutes les parties est déterminante dès le début du projet.

La durabilité, une tâche de gestion.

La qualité écologique d'un bâtiment n'est pas définie par une décision unique. Elle se dessine progressivement au cours d'un projet. Plus les questions importantes seront posées tôt, plus la marge de manœuvre sera importante et les mesures seront efficaces. La durabilité n'est donc pas une tâche supplémentaire a posteriori, mais une tâche de gestion qui s'étend à toutes les phases du projet.
Pour atteindre réellement des objectifs écologiques, il faut établir des priorités claires, créer une base de données commune et obtenir une collaboration pleine et entière de toutes les parties. Les mesures s'avèrent particulièrement efficaces lorsqu'elles sont contrôlées en amont, quantifiées et systématiquement appliquées.

Faisabilité et planification stratégique

Au départ, on aborde les questions fondamentales : faut-il construire du nouveau ou le bâti existant peut-il être réutilisé ? Comment réduire les besoins en surface ? Le site est-il bien desservi ? Les jalons décisifs sont posés dès ce stade. Sobriété, formes compactes, conception responsable des sous-sols et l'étude des potentiels de réemploi ont ici un impact très important.

Étude préliminaire et avant-projet

Les principales variantes sont comparées en début de planification : concept du bâtiment, orientation, volumétrie, structure porteuse, portées, types de dalles, parties de façade et concept énergétique, tout est scruté. Cette phase est consacrée à l'optimisation de l'architecture, mais aussi aux émissions de gaz à effet de serre et aux coûts du cycle de vie. Les plans flexibles et les structures durables augmentent également la capacité d'utilisation ultérieure.

Projet de construction, appel d'offres et matériaux

Dès que le projet se concrétise, l'attention se porte sur les matériaux et la mise en œuvre technique. Les matériaux de construction au bilan carbone optimisé, le choix de produits basés sur une EPD, l'acheminement efficace des câbles, une séparation par type et les structures démontables sont désormais au centre de la réflexion. Les objectifs écologiques doivent toujours s'aligner sur les exigences de statique, de physique du bâtiment, de protection incendie et de rentabilité.

Exploitation et préservation

La durabilité reste un enjeu même après la construction. L'utilisation, l'entretien, la remise en état et les adaptations postérieures influent sur l'impact environnemental réel d'un bâtiment. En misant tôt sur la structure porteuse, la séparation des systèmes et la technique du bâtiment, on réduit les émissions et les coûts à long terme. Le béton peut être aussi utilisé comme un accumulateur. On peut ainsi se passer de certains corps de métier et éviter de futurs travaux d'entretien.

Mesurer la durabilité, l'évaluer et prendre des décisions fondées

La durabilité écologique d'un bâtiment peut être aujourd'hui appréhendée et évaluée avec cohérence. Les méthodes, les valeurs caractéristiques et les outils doivent être cependant correctement mis en contexte. Tous les instruments n'ont en effet pas la même pertinence à chaque phase du projet.

Différentes études révèlent que l'impact environnemental d'un bâtiment est caractérisé par différents facteurs, en particulier la structure porteuse, le type de dalle, la structure de la façade, la proportion de fenêtres, la technique du bâtiment, le volume du sous-sol, le choix des matériaux et la durée de vie. Mais on s'aperçoit que les comparaisons générales entre techniques de construction n'ont qu'une pertinence limitée. Souvent, on compare des éléments de construction avec des exigences diverses sans tenir compte suffisamment de l'isolation acoustique, de la protection incendie, des portées, de la déconstruction ou de la durée de vie. Pour être fiable, une évaluation doit donc toujours s'effectuer en fonction du projet.

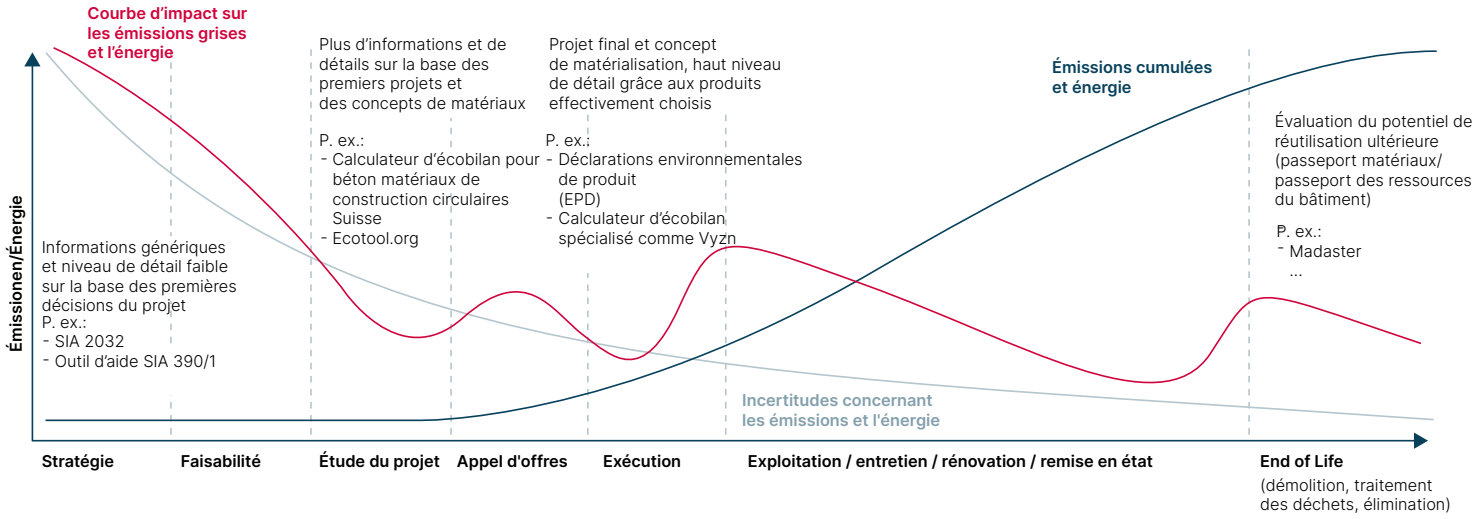
Cette différenciation est également importante lors du choix des bons outils. Au début, de simples outils de calcul avec des données génériques suffisent pour comparer sommairement les variantes et révéler les premiers potentiels d'optimisation. Ils ne sont cependant pas suffisants pour la planification détaillée et la certification. Des outils spécialisés d'écobilan analysant les éléments de construction et utilisant si possible des données fiables de fabricants ou des déclarations EPD sont ici nécessaires.

Par ailleurs, les outils de calcul simplifiés donnent une image imprécise de certaines potentialités (dalles optimisées, etc.). Il est parfois impossible d'avoir une simulation différenciée des matériaux de remplacement ou des ciments au bilan carbone optimisé. Les résultats de modélisations approximatives peuvent donc présenter des écarts significatifs par rapport à des écobilans approfondis. C'est précisément pourquoi il est important d'interpréter ces résultats comme une base de décision correspondant à un stade de la planification et non de manière absolue.

Un constat s'impose : le béton est un facteur important d'émissions de gaz à effet de serre dans la construction, mais ce n'est pas le seul.

Selon le bâtiment, les façades, les fenêtres et la technique du bâtiment contribuent également de manière significative au bilan global. Prendre des décisions durables fondées suppose non seulement d'évaluer les matériaux, mais aussi de tenir compte du bâtiment comme un tout.

Illustration : impact sur les émissions lors des différentes phases de projet et outils adaptés pour le bilan des émissions de CO_2.
Source : cemsuisse.



Les innovations dans la construction en béton

Ce qui fonctionne aujourd'hui et sans doute demain

En Suisse, le parc immobilier et l'industrie du bâtiment sont responsables d'une part significative des émissions de gaz à effet de serre. Alors que l'exploitation des bâtiments génère environ un quart des émissions de CO_2 du pays (chauffage et eau chaude, champ d'application 1), les émissions indirectes liées à la production d'électricité et au chauffage urbain (champ d'application 2) ainsi qu'à la construction et à la rénovation (champ d'application 3, émissions grises de gaz à effet de serre) passent au premier plan.

Ciments bas carbone et nouveaux liants

Dans la construction massive, le liant constitue toujours le principal effet de levier. En Suisse, on dispose aujourd'hui de ciments à teneur réduite en clinker et réglementés par des normes. Selon leur composition, ils permettent une réduction sensible des émissions de CO_2 par rapport aux ciments Portland classiques.

Ces ciments sont entre autres constitués :

- d'argile calcinée ;
- de granulats mixtes et
- de sous-produits industriels.

Ils peuvent être mis en œuvre sans restrictions majeures dans de nombreuses applications du bâtiment. Seule condition : s'entendre en fonction de chaque projet sur la résistance, la durabilité et le déroulement du chantier.

Mise en contexte

- Aujourd'hui largement disponibles
- Utilisables dans de nombreux domaines
- Levier important dans la pratique

Exemple

Béton recyclé et stockage du CO_2

Le béton recyclé est aujourd'hui un élément à part entière de la pratique constructive, en particulier dans les zones urbaines. Il réduit les besoins en matières premières primaires et contribue en partie au recyclage des matières en boucle fermée. La quantité de matériaux de démolition étant inférieure à la quantité de béton requise, il est toutefois impossible de faire l'impasse sur les matériaux primaires. Des procédés sont par ailleurs développés pour traiter les granulats recyclés au CO_2. Le dioxyde de carbone est minéralisé dans le béton, ce qui améliore les propriétés de celui-ci.

Mise en contexte

- Béton recyclé : état de la pratique. Le cahier technique SIA 2030 « Béton de recyclage » définit les exigences de fabrication du béton à partir de granulats recyclés. Il s'appuie sur les normes SN EN 206 (technologie du béton) et SIA 262 (constructions en béton).

Exemple

Teneur minimale en ciment (annexe ND)

L'annexe nationale ND à la norme SN EN 206 permet de développer et d'utiliser le béton selon une approche performantielle. Une étape importante vers plus d'innovation, d'efficacité des ressources et de durabilité dans les constructions en béton est franchie.

Jusqu'à présent, la norme suisse sur le béton privilégiait exclusivement une approche prescriptive. Chaque sorte de béton devait respecter une teneur minimale en ciment, une valeur maximale du rapport eau-ciment et utiliser le concept de coefficient k.

L'annexe ND adopte une tout autre approche. Les spécifications relatives à la composition du béton s'effacent devant sa performance avérée. Cela crée une base pour des bétons économes en ressources et à faible impact carbone sans compromettre la qualité ni la durabilité.

Le béton doit absolument satisfaire aux exigences requises en matière de résistance, de durabilité et d'aptitude à l'usage. La manière dont ces propriétés sont obtenues relève pour une large mesure de la responsabilité du fabricant.

L'annexe ND ouvre de nouvelles perspectives pour les bureaux d'étude et les maîtrises d'ouvrage. Des bétons performantiels peuvent aider à atténuer les résistances excessives, optimiser l'utilisation de béton et d'acier, et atteindre plus facilement les objectifs de durabilité d'un projet. Dans le même temps, les types de béton prescriptifs éprouvés restent disponibles.

Mise en contexte

- Applicable

Exemple

Digitalisation et préfabrication

Les méthodes de planification numérique comme BIM et la préfabrication industrielle sont aujourd'hui utilisées dans de nombreux projets. Elles permettent de :

- planifier et estimer les quantités avec une plus grande précision ;
- réduire les réserves de matériaux ;
- mieux se concerter entre corps de métiers et
- réduire les délais de construction.

Combiner la planification numérique et la préfabrication contribue à améliorer l'utilisation efficace des ressources.

Mise en contexte

- Applicable aujourd'hui à une large échelle
- Incidence élevée sur l'utilisation économe des matériaux et les processus de construction

De nouveaux systèmes d'armature, notamment en carbone, aboutissent à des éléments de construction plus légers. C'est le cas des dalles Carbon Prestressed Concrete (CPC). Elles sont basées sur une technologie de treillis en fibres de carbone précontraintes et permettent jusqu'à 75 % d'économies de matériaux et de CO_2 par rapport au béton armé traditionnel : elles sont en effet plus minces, plus légères, davantage recyclables et ont une plus longue durée de vie.

Exemple

L'impression 3D béton

Applications pilotes

Les méthodes de fabrication automatisées comme l'impression 3D béton ouvrent de nouvelles perspectives de construction, notamment dans le cas de configurations complexes et de structures optimisées en matériaux.
Leur utilisation actuelle se limite cependant à :

- des projets pilotes ;
- des applications spécialisées et
- des éléments de construction plus petits ou des bâtiments expérimentaux.

Mise en contexte

- Diffusé à petite échelle seulement dans le bâtiment
- Technologie prometteuse. Applicable de manière limitée pour l'instant.

Exemple

Le béton, sa masse thermique

Un principe éprouvé qui prend de l'importance

L'utilisation du béton comme accumulateur thermique est connue depuis longtemps. Le matériau est de plus en plus exploité dans les bâtiments efficaces en énergie. L'activation des éléments de construction permet de :

- réduire l'énergie de chauffage et de refroidissement ;
- réduire l'entretien puisque le recours à certains corps de métiers n'est plus nécessaire ;
- lisser les pics de charge sur le réseau électrique et
- obtenir des températures stables à l'intérieur.

Mise en contexte

- Répandu
- Très efficace dans les concepts énergétiques globaux

Exemple

Développement des circuits de matériaux et captage du CO_2 (CCS/CCU)

Développement et déploiement

Des technologies de recyclage amélioré du béton, par traitement sélectif (p. ex. Smart Crushing), sont en cours de développement. Le but est de désolidariser et de récupérer des composants de haute qualité tels que le ciment, le sable et le gravier.

En parallèle, l'industrie cimentière étudie des procédés de captage et d'exploitation du CO_2 (CCS/CCU). Ces technologies sont encore pour une bonne part en cours de développement ou en phase initiale d'implémentation.

Mise en contexte

- Smart Crushing : mise en place
- CCS/CCU : principalement en phase pilote ou de démonstration

Leur effet sur le long terme dépend fortement des évolutions techniques, des besoins en énergie et de la faisabilité économique.

Introduire l’innovation de manière ciblée

Les innovations dans la construction en béton offrent des potentiels de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les approches se démarquent cependant fortement selon leur maturité et leur applicabilité.

Pour la pratique, il s’agit de :

- mettre en place de manière cohérente les solutions techniques disponibles :
- étudier de nouvelles technologiques en fonction de chaque projet et
- imposer de façon ciblée des valeurs limites ou indicatives lors des appels d’offres.

Cela étant, la planification, la conception de la structure porteuse et une utilisation efficace des matériaux gardent une influence majeure sur l’impact environnemental d’un bâtiment. Les innovations peuvent renforcer ces leviers, mais pas les remplacer.

Conclusion

La construction durable n’est pas un facteur restrictif mais bien la garantie d’une capacité concurrentielle sur le long terme. En posant très tôt des jalons, on bâtit des immeubles répondant à des exigences écologiques et économiques pour des décennies.

Une planification axée sur le cycle de vie et une collaboration complète assurent durablement la solidité et la valeur d’un portefeuille immobilier.

Construire durablement n’est pas une question de matériau. C’est une question de planification.

En intégrant l’architecture, la structure porteuse et le cycle de vie dans une réflexion globale précoce, on crée des bâtiments qui sont à la fois écologiques, rentables et qui séduisent.

BETONSUISSE

Bibliographie

- Comparative Overview on LCA Software Programs for Application in the Façade Design Process, JOURNAL OF FACADE DESIGN & ENGINEERING, 2019.*
- Leitfaden Gebäude mit tiefen Treibhausgasemissionen, Projektsteuerung von Ziel- bis Umsetzung für Bauherrschaften, ecobau, 2025.
  (En français : Bâtiments à faibles émissions de gaz à effet de serre
  Gestion de projet, de la définition des objectifs à la réalisation - un guide pour les maîtres d'ouvrages)
- Ökologische Beurteilung der Verwertung von Bauabfällen, Fredy Dinkel, Carbotech AG, Basel Flora Conte & Thomas Kägi, Carbotech AG, Zürich, 2021.*
- Ökologische Nachhaltigkeit messbar machen und gezielt optimieren, Wegweiser cemsuisse, 2026.*
- Ökologische Nachhaltigkeit von Betontragwerken – Wegleitung zur Norm SIA 262 (SIA 4017), 2026.
  (En français : Développement durable des constructions en béton - Lignes directrices relatives à la norme SIA 262 (SIA 4017), 2026)
- Recycling-Beton mit karbonatisiertem Betongranulat in Bezug auf Nachhaltigkeit, Tanja Stucki, 2024.*
- Sind 16 cm Beton genug? Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, 2025.*
- Studie Deckensysteme mit Beton – nachhaltig konstruieren, ZHAW, 2026.*
- Studie ökologisch nachhaltige Geschossdecken, ETH, 2025.*
- Untersuchung von CO_2-Emissionen von Erdbauarbeiten, Baugrubensicherungen und Tiefgründungen bei der Erstellung von Untergeschossen, Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, 2023.*
- Vergleichende Ökobilanzanalyse unterschiedlicher Bauweisen, Werkgemeinschaft HHK Plan GmbH, 2026.*
- Whitepaper Scope 3, Charta Kreislauforientiertes Bauen, 2025.*
- Wiederverwendung bestehender Tragstrukturen, Frédéric Müller & Pascal Widmer, 2025.*
- Zirkulär Bauen – Leitfaden für Investoren und Bauherrschaften, Konferenz Kantonaler Energiedirektoren, EnergieSchweiz, 2025.
  (En français : Construction circulaire – Guide pour les investisseurs et les maîtres d'ouvrage, Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie, SuisseEnergie, 2025)
- Zirkulär Bauen – Leitfaden für Planerinnen und Planer, Konferenz Kantonaler Energiedirektoren, EnergieSchweiz, 2025.
  (En français : Construction circulaire – Guide pour les planificatrices et planificateurs, Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie, SuisseEnergie, 2025)
- ZMM-Leitfaden 1.1 Materialfluss-Indikator. Zirkularität messbar machen. Der Weg zu einem Schweizer Zirkularitäts-Indikator, Leitfaden 1.1, Circular Construction Catalyst, ecobau und Circular Building Charta, 2026.*

* Ces documents ne sont pas disponibles en français.