
CONSTRUCTION DURABLE

LE MODÈLE OLYMPI : NUMÉRIQUE, DÉCARBONATION, ÉCONOMIE LOCALE ET CIRCULAIRE

586.E - MARS 2025



[Cerib.com](https://cerib.com)

Construction durable

Le modèle Olympi : numérique, décarbonation, économie locale et circulaire

586.E

Avant-propos

Ce rapport est articulé en deux parties :

- la première partie est destinée au lecteur qui souhaite apprécier très rapidement si l'étude évoquée le concerne, et donc si les méthodes proposées ou si les résultats indiqués sont directement utilisables pour son entreprise ;
- la deuxième partie de ce document est plus technique ; on y trouvera donc tout ce qui intéresse directement les techniciens de notre industrie.

© 2025 CERIB – CS 10010 – 28233 Epernon Cedex

ISSN 0249-6224 – EAN 9782857553779

586.E – Mars 2025

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction
par tous procédés réservés pour tous pays.

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de son article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon exposant son auteur à des poursuites en dommages et intérêts ainsi qu'aux sanctions pénales prévues à l'article L. 335-2 du Code de la propriété intellectuelle.

Sommaire

1. Synthèse	7
1.1. Contexte et objectif	7
1.2. Apport des travaux	7
1.3. Intérêt et conséquences	8
2. Le modèle Olympi en détail	9
2.1. Introduction	9
2.1.1. Le contexte	9
2.1.2. L'ancrage territorial	9
2.1.3. L'implication de l'Industrie du Béton et la contribution du Cerib	10
2.2. Le déploiement du modèle Olympi	10
2.2.1. La phase conception et les outils numériques utilisés	10
2.2.2. La consultation des entreprises et les systèmes constructifs proposés par l'Industrie du Béton	13
2.2.3. La phase travaux	17
2.3. Les données suivies	20
2.3.1. Volet sociétal et sécurité	20
2.3.2. Volet décarbonation et RE2020	21
2.3.3. Volet économie circulaire	21
2.4. Conclusion et perspectives	23
Annexe 1 – La plaquette du modèle Olympi	25
Annexe 2 – Les acteurs du projet en lumière	27
Index des figures	29

1. Synthèse

1.1. Contexte et objectif

C'est dans un contexte de multiples transitions dans le domaine du bâtiment et de préfiguration des nouvelles pratiques constructives que le promoteur Pierres & Territoires Eure-et-Loir (Procivis Immobilier) a fait le choix de développer son projet de résidence Olympi à Chartres en réponse aux nouveaux enjeux sociétaux. Sa conception, s'inscrivant dans le cadre du plan BIM 2022, démarre au moment de la parution de la Loi Anti-Gaspillage et Economie Circulaire (AGEC) et voit sa phase travaux démarrer au moment de l'avènement de la réglementation environnementale RE2020.

L'implication de l'Industrie du Béton dans la réalisation du projet Olympi permet la démonstration de son savoir-faire dans ce contexte de transition à l'œuvre. En effet, la Fédération de l'Industrie du Béton (FIB) promeut les avancées réalisées par les industriels de la préfabrication béton et met en avant leurs innovations et évolutions. Le Cerib, Centre Technique Industriel, accompagne les entreprises dans leur volonté d'innovation notamment dans les domaines de la décarbonation, de l'économie circulaire et de la transition numérique. C'est donc tout naturellement que la FIB et le Cerib, avec le concours d'Agyre et de CL-Impulseur, ont collaboré avec la maîtrise d'ouvrage Pierres & Territoires Eure-et-Loir pour contribuer aux solutions techniques les plus adaptées aux ambitions du projet Olympi. Dans un cadre d'évolution des pratiques constructives, il s'agit d'aboutir à un modèle de construction durable, performant et répliquable sur l'ensemble des territoires.

1.2. Apport des travaux

Les contributions à la réalisation de la de résidence Olympi ont permis d'aboutir à un modèle de construction durable à déployer dans le secteur du bâtiment. Les apports sont nombreux, parmi lesquels :

- une capacité de mobilisation des savoir-faire des acteurs pour la construction durable de logements, basée sur des systèmes constructifs utilisant la préfabrication béton et répondant aux enjeux de décarbonation, d'économie circulaire, de transition numérique, etc.) ;
 - tant pour le gros-œuvre : blocs, escaliers, prédalles, prémurs, appuis de fenêtre et seuils de baies ;
 - que pour les aménagements (voirie et environnement) : pavés, dalles sur plots, bordures, regards ;
- une traduction des ambitions de la maîtrise d'ouvrage dans les pièces du marché, notamment dans les clauses constitutives du CCTP « Maçonnerie - Gros-œuvre » concernant le recours à des systèmes constructifs plus bas carbone ou l'incorporation de granulats recyclés dans les bétons, y compris les bétons destinés aux structures ;
- une utilisation accrue de la Modélisation des Informations du Bâtiment (BIM) en phase conception, en phase consultation des entreprises (DCE numérique), en phase travaux et en phase d'achèvement (DOE numérique) ;
- un déploiement de l'Ecologie Industrielle et Territoriale (EIT) avec la création d'une boucle d'économie circulaire pérenne sur le territoire Chartrain permettant à la fois un maintien de la valeur de la matière (avec le recyclage du béton déconstruit dans du nouveau béton) et un respect des règles de l'art ;
- une diffusion des guides de conception des ouvrages réalisés à partir de produits préfabriqués en béton et des guides couvrant la mise en œuvre des produits en sécurité (appropriation par les entreprises de construction rapide tant du point de vue de la logistique que de la sécurité) ;

- une étude ACV RE2020, réalisée par le bureau d'études Bastide Bondoux, évaluant le positionnement des systèmes constructifs retenus. Au regard des différentes hypothèses prises en compte, les produits préfabriqués en béton utilisés contribuent au respect des seuils carbone.

En termes de valorisation des résultats et d'actions de communication, les retombées sont nombreuses, parmi lesquelles :

- l'organisation d'une cérémonie du drapeau sur le chantier marquant la fin du gros-œuvre (31 mars 2023) ;
- la publication d'un communiqué de presse (31 mars 2023) largement repris dans les revues spécialisées et sur les réseaux sociaux ;
- la diffusion d'une plaquette résumant ce qu'est le modèle Olympi (4 juillet 2024) ;
- des prises de parole dans des conférences, salons et webinaires.

1.3. Intérêt et conséquences

Fruit du retour d'expérience issu de la réalisation de la résidence Olympi et associant étroitement les acteurs des territoires, le modèle Olympi adopte une démarche vertueuse de construction durable basée sur :

- une conception à coût global maîtrisé s'appuyant sur le numérique et le BIM pour la consultation des entreprises ;
- un respect des exigences de la RE2020, tant sur l'empreinte carbone que sur la performance énergétique grâce à la décarbonation et à l'éco-conception des produits préfabriqués en béton ;
- une écologie industrielle et territoriale par l'usage de ressources locales et de constituants recyclés, par une maîtrise des déchets générés lors de la construction et par une recyclabilité aisée de l'ouvrage en fin de vie ;
- une mise en œuvre guidée, facilitée et en sécurité, une rapidité d'exécution, une réduction des nuisances pour les riverains.

Le modèle Olympi illustre « le bon calcul » pour la construction de logements avec des produits préfabriqués en béton.

2. Le modèle Olympi en détail

2.1. Introduction

2.1.1. Le contexte

C'est dans un contexte de multiples transitions à l'œuvre dans le domaine du bâtiment et de préfiguration des nouvelles pratiques constructives que le promoteur Pierres & Territoires Eure-et-Loir (Procivis Immobilier) a fait le choix de développer son projet de résidence Olympi à Chartres en réponse aux enjeux sociétaux (Figure 1). Sa conception, s'inscrivant dans le cadre du plan BIM 2022, démarre au moment de la parution de la Loi Anti-Gaspillage et Economie Circulaire (AGEC) et voit sa phase travaux démarrer au moment de l'avènement de la réglementation environnementale RE2020.



Figure 1 – Projet de résidence Olympi située à Chartres

2.1.2. L'ancrage territorial

Le projet Olympi s'appuie sur deux principaux atouts des territoires Chartains et Euréliens :

- la présence d'un réseau d'acteurs expérimentés ayant déjà pu appliquer des principes de construction durable : MOA, MOE, entreprises de construction, fournisseurs de matériaux, fournisseurs de produits préfabriqués en béton, bureaux d'études, centre technique, etc.) ;
- l'existence d'une boucle complète d'économie circulaire permettant de bâtir des structures intégrant des granulats recyclés pour béton.

Ces atouts avaient pu être confortés dès 2017. La résidence Le Onze de 12 logements du même promoteur Pierres & Territoires Eure-et-Loir avait été construite dans cet écosystème, avec une conception réalisée dans le cadre de l'expérimentation E+C- (Figure 2).



Figure 2 – Résidence Le Onze située à Chartres

2.1.3. L'implication de l'Industrie du Béton et la contribution du Cerib

L'implication de l'Industrie du Béton dans la réalisation du projet Olympi a permis de mettre en avant son savoir-faire dans un contexte marqué par de forts enjeux sociétaux : transition écologique, numérique, territorialité, etc.

La FIB et le Cerib accompagnent les entreprises dans leur volonté d'innovation notamment dans les domaines de la décarbonation, de l'économie circulaire et de la transition numérique. C'est donc tout naturellement que la FIB et le Cerib, avec le concours d'Agyre et de CL-Impulseur, ont collaboré avec la maîtrise d'ouvrage Pierres & Territoires Eure-et-Loir pour contribuer aux solutions techniques les plus adaptées aux ambitions du projet Olympi. Dans un cadre d'évolution des pratiques constructives, il s'agit d'aboutir à un modèle de construction durable, performant et répliquable sur l'ensemble des territoires.

2.2. Le déploiement du modèle Olympi

2.2.1. La phase conception et les outils numériques utilisés

2.2.1.1. La conception du bâtiment

Pour la conception de la résidence, le modèle Olympi adopte une approche vertueuse associant étroitement les acteurs du territoire. Située au centre-ville de Chartres et avec une surface totale de 2 215 m², elle comporte 37 logements (Figure 3). Les principes constructifs s'appuient sur :

- 3600 m² de prédalles et 343 m² de dalles alvéolées ;
- 1028 m² de blocs de maçonnerie et 555 ml de planelles isolantes ;
- 60 m² de murs préfabriqués ;
- 2 escaliers en infrastructure et 3 escaliers hélicoïdaux en superstructure ;
- 53 ml d'appuis de fenêtres et 102 ml de seuils de porte-fenêtre PMR ;
- 30 ml de bordures et 300 m² de dalles ;
- 2 boîtes de branchement et 1 regard de visite.



Figure 3 – Conception de la résidence Olympi

La résidence comprend 4 niveaux :

- un rez-de-chaussée incluant des logements avec terrasses extérieures ainsi que le local ordures ménagères ;
- 3 étages comprenant des logements avec des balcons et des terrasses extérieures ;
- un sous-sol avec 60 places de stationnement, des locaux techniques et un local à vélos.

Avec l'appui du Cerib, les ambitions de la maîtrise d'ouvrage sont traduites dans les pièces du marché, notamment dans les clauses constitutives du CCTP « Maçonnerie - Gros-œuvre » concernant le recours à des systèmes constructifs plus bas carbone ou l'incorporation de granulats recyclés dans les bétons, y compris les bétons destinés aux structures (Tableau 1).

Domaine	Exemple de clauses pouvant être utilisées pour le lot gros-œuvre
Décarbonation	Concernant les systèmes constructifs en béton (produits en béton, béton coulé sur chantier), des solutions bas carbone à l'échelle de l'unité fonctionnelle, seront privilégiées. Celles-ci pourront correspondre à : l'utilisation de bétons à hautes performances permettant de diminuer les sections, le recours à des liants bas carbone ou à des procédés industriels permettant d'optimiser les dosages en liant, toutes autres solutions permettant de diminuer les émissions de CO ₂ à l'échelle de l'unité fonctionnelle. Les solutions bas carbone seront conformes aux normes en vigueur (normes produits, norme NF EN 206/CN, etc.)
Economie Circulaire	Les bétons pourront incorporer des granulats recyclés résultant de la transformation de matériaux inorganiques antérieurement utilisés dans la construction. Concernant la distance de transport entre le lieu de production et de consommation des granulats recyclés, celle-ci ne dépassera pas, de préférence, 50 km. Pour les granulats recyclés, le niveau de qualité visé sera précisé notamment au sens des normes NF EN 12620+A1 et NF P 18-545. Les taux d'incorporation des granulats recyclés respecteront les normes en vigueur pour le matériau ou le produit concerné (par exemple : normes produits, norme NF EN 206/CN, Eurocodes, etc.) et seront adaptés aux systèmes constructifs. Les solutions proposées seront décrites dans le mémoire technique de l'entreprise.

Tableau 1 – Exemples de clauses constitutives du CCTP (lot gros-œuvre)

2.2.1.2. Les outils numériques utilisés

Avec l'appui du Cerib et en partenariat avec le Plan BIM 2022, l'intérêt d'utiliser la Modélisation des Informations du Bâtiment (BIM) en phase conception est conforté (Figure 4).



Figure 4 – Conception numérique de la résidence Olympi

Le Plan BIM 2022 vise en effet à massifier l'utilisation du numérique dans le domaine du bâtiment avec plusieurs actions concrètes développées dans ce cadre :

- fiabiliser et sécuriser la commande et les contrats ;
- simplifier le contrôle et l'autocontrôle du projet ;
- définir et assurer la prise en compte des besoins de la filière dans les travaux sur les normes BIM, les accélérer et les faire converger ;
- mettre en place un observatoire du BIM du secteur du bâtiment ;
- développer les outils de montée en compétence accessibles au plus près des territoires ;
- évaluer sa montée en compétence dans le BIM et la faire reconnaître par tous ;
- constituer un écosystème dynamique permettant à l'ensemble des acteurs d'échanger au niveau local ;
- permettre aux acteurs de collaborer concrètement en BIM avec la plateforme publique « KROQI¹ ».

Des tutoriels vidéos² (Figure 5) ont été créés dans le cadre du plan BIM 2022, dont 2 tutoriels qui abordent des aspects généraux et 4 tutoriels plus spécifiques (gros-œuvre, enveloppe/clos-couvert, fluides, et aménagement intérieur/finitions). Une assistance en ligne a également été mise en place, afin d'accompagner les entreprises dans l'utilisation de ces maquettes numériques.

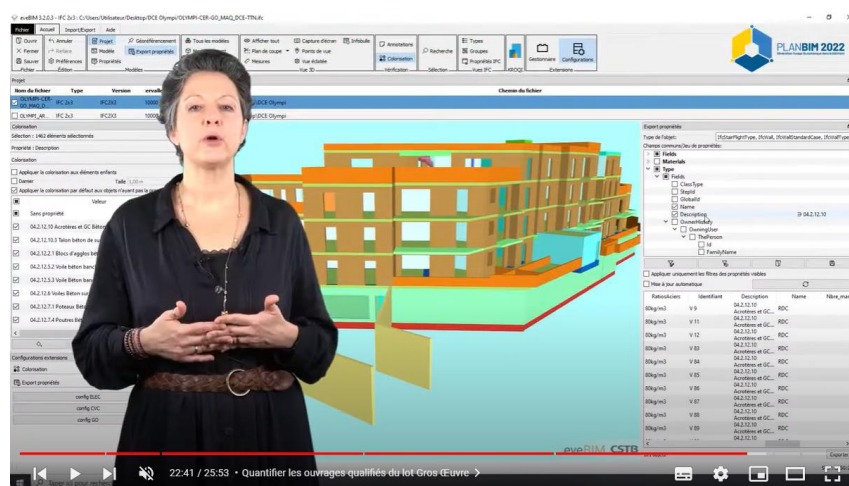


Figure 5 – Capture d'image du Tutoriel 3 basé sur le projet Olympi²

La maquette numérique ainsi constituée est intégrée au Dossier de Consultation des Entreprises constituant un DCE numérique.

L'application du modèle Olympi permet ainsi :

- en phase conception : de se former aux outils numériques, d'accélérer l'implémentation des modifications techniques apportées au projet et de capitaliser rapidement les enseignements et les bonnes pratiques ;
- en phase consultation des entreprises : d'élargir l'éventail des entreprises répondant à la consultation, de disposer d'offres plus précises et plus pertinentes au regard des besoins exprimés grâce à un chiffrage facilité ;
- en phase travaux : de maîtriser les aléas, de gagner du temps et de mieux gérer les éventuels travaux supplémentaires.

¹ <https://kroqi.fr/>

² <https://www.youtube.com/playlist?list=PL8VDbmxUANX12cbCHlIfXH4XJ4GII6UiB>

2.2.2. La consultation des entreprises et les systèmes constructifs proposés par l'Industrie du Béton

2.2.2.1. La consultation des entreprises

Le modèle Olympi présente une illustration des usages de maquettes BIM dans le cadre de la consultation des entreprises. Cinq maquettes numériques ont été développées pour différents métiers. Ces maquettes ont notamment permis de déterminer directement les quantitatifs et de produire les Décompositions du Prix Global et Forfaitaire (DPGF).

Le DCE numérique est ainsi considéré comme plus précis pour les candidats. Ils peuvent alors apporter une réponse illustrée plus adaptée tout en minimisant le risque :

- de mauvaise compréhension des attendus de la maîtrise d'ouvrage ;
- d'aléas ultérieurs pendant la conduite du projet.

2.2.2.2. Les systèmes constructifs proposés par l'Industrie du Béton

En réponse aux besoins exprimés par les entreprises sélectionnées, les industriels de la préfabrication proposent des systèmes constructifs qui s'accordent au mieux avec les ambitions du projet Olympi. Les préfabricants présentent les caractéristiques de leurs produits en répondant à un questionnaire détaillé couvrant les contributions aux volets suivants :

- amélioration des conditions de travail et de sécurité ;
- qualité et performance des ouvrages ;
- réduction et garantie des délais ;
- satisfaction des objectifs environnementaux de l'ouvrage : décarbonation et économie circulaire ;
- développement du numérique et du BIM.

Bien que la résidence ne soit pas soumise à la réglementation environnementale RE2020 (date de dépôt du permis de construire antérieure à la date d'application), la réduction de l'empreinte carbone est une donnée d'entrée pleinement considérée à l'échelle des unités fonctionnelles. La plupart des produits préfabriqués en béton utilisés disposent de Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES). En outre, les principes de l'économie circulaire sont appliqués en tenant compte de la disponibilité locale de granulats recyclés pour béton.

L'éco-conception des produits préfabriqués proposés s'est ainsi appuyée sur différents leviers, notamment :

- une diminution de l'empreinte carbone des produits préfabriqués en béton :
 - par la diminution du taux de clinker dans les liants des bétons (utilisation de ciments avec une plus faible teneur en clinker, ajout d'additions minérales dans le liant, etc.) ;
 - par l'optimisation de la géométrie des produits, avec une forme étudiée de sorte à avoir une moindre consommation de matière ;
- une intégration de matière première issue du recyclage :
 - dans le squelette granulaire, avec l'incorporation de granulats recyclés pour béton ;
 - dans le liant, avec l'incorporation de laitier moulu de haut fourneau ;
- une maîtrise des déchets générés, tant au niveau des usines de fabrication qu'au niveau du chantier de construction.

Les différentes familles de produits préfabriqués en béton utilisées sont décrites dans les paragraphes qui suivent. Le dimensionnement structurel des produits en béton armé ou précontraint s'effectue conventionnellement pour une durée d'utilisation de projet de 50 ans au sens de l'Eurocode 2. Les données environnementales mentionnées sont relatives aux produits utilisés sur l'opération Olympi et sont susceptibles d'évoluer au fur et à mesure de l'optimisation des produits future et des systèmes constructifs associés.

2.2.2.2.1 Les blocs de maçonnerie

Les blocs de maçonnerie R+MUR sont utilisés pour la réalisation des façades extérieures. Ce système isolant et assurant la capacité portante de la façade est couvert par un avis technique. Il combine des blocs « ELITHERM® » et des kits « ELIPSI® » aboutissant à une solution optimisée notamment d'un point de vue de l'empreinte carbone (Figure 6).

L'attention est portée sur le traitement des ponts thermiques avec l'utilisation de kits ELIPSI® en façade extérieure composés de planelles isolantes de rives de planchers intermédiaires associées à des blocs ELIPSI® contenant un insert isolant, de part et d'autre de la planelle.

Un mortier-colle spécifique est utilisé pour assurer la jonction entre les différents éléments de maçonnerie. Il permet une économie d'eau de 90 % par rapport à un mortier traditionnel.



Figure 6 – Blocs de maçonnerie ELITHERM® et ELIPSI® [Crédit photo : ALKERN]

Les blocs disposent de FDES individuelles :

- Blocs ELITHERM®³ :
 - unité fonctionnelle considérée : « Assurer la fonction de mur porteur (structure et clos) sur 1 m² de paroi, tout en assurant une isolation thermique (Résistance thermique de 1,00 m².K/W1 additive à celle d'un doublage) et une isolation acoustique (RW (C ; Ctr) de 47 (-1 ; -3) dB2) pendant 100 ans. » ;
 - indicateur de réchauffement climatique : 12,6 kg éq. CO₂ ;
- Blocs CONFORT R1 / ELIPSI®⁴ :
 - unité fonctionnelle considérée : « Assurer la fonction de mur porteur (structure et clos) sur 1 m² de paroi, tout en assurant une isolation thermique (Résistance thermique de 1,01 m².K/W1 additive à celle d'un doublage) et une isolation acoustique (RW (C, Ctr) de 44 (0, -2) dB2) pendant 100 ans. » ;
 - indicateur de réchauffement climatique : 14,8 kg éq. CO₂ ;
- le système R+Mur présente une empreinte carbone de 13 kg éq. CO₂/m², avec une valeur équivalente calculée pour un mur de 2,5 m de hauteur composé de 8 blocs ELITHERM® et de 2 blocs ELIPSI®.

Les blocs de maçonnerie sont certifiés NF 025A « Blocs en béton de granulats courants et légers » avec option NF Th. Les planelles et le mortier-colle sont dotés de la marque QB.

³ FDES BLOC ELITHERM, n° 5-237:2019 (octobre 2019)

⁴ FDES BLOC CONFORT R1, n° 3-175:2019 (octobre 2019)

2.2.2.2.2 Les prémurs

Les prémurs ou murs à coffrage intégré (MCI) sont utilisés au niveau du mur de soutènement en sous-sol (Figure 7). Le liant du béton est composé d'un ciment pouzzolanique CEM IV. Des gravillons recyclés sont incorporés au béton à hauteur de 30 % par rapport à la masse totale de gravillons. En complément, les treillis et les armatures sont constitués d'acier recyclé.



Figure 7 – Prémur ou mur à coffrage intégré (MCI) [Crédit photo : SPURGIN LEONHART]

Les prémurs disposent d'une FDES individuelle intitulée « MCI-PRÉMUR 24 kg eq. CO₂/m² XC4 CEM IV SANS REMPLISSAGE⁵ » :

- unité fonctionnelle considérée : « Assurer la fonction de coffrage (coffrage et résistance) pour la constitution d'un mur porteur en mur à coffrage intégré sur un mètre carré de paroi non revêtue sur une durée de vie de référence de 100 ans. » ;
- indicateur de réchauffement climatique : 24,80 kg éq. CO₂ (cette valeur ne tient pas compte de l'utilisation des granulats recyclés).

Les prémurs sont certifiés NF 548 « Murs composites avec ou sans isolant et murs sandwichs ».

2.2.2.2.3 Les prédalles

Les prédalles RSOFT® composent l'ensemble des planchers du bâtiment, associées à des dalles de compression (Figure 8).

Les prédalles intègrent des granulats recyclés, à hauteur de 12 % par rapport à la masse totale de granulats utilisés.



Figure 8 – Prédalle RSOFT® [Crédit photo : RECTOR]

Les prédalles disposent d'une FDES individuelle intitulée « Prédalle BA RECTOR RSOFT® Béton Bas Carbone Epaisseur 5 cm⁶ » :

- unité fonctionnelle considérée : « Pendant 100 ans, assurer la fonction de coffrage résistant d'un plancher sur un mètre carré (m²) » ;
- indicateur de réchauffement climatique : 9,74 kg éq. CO₂ (cette valeur ne tient pas compte de l'utilisation des granulats recyclés).

Les prédalles sont certifiées NF 396 « Prédalles pour planchers en béton armé et précontraint », et suivent les bonnes pratiques du Guide QUALIpreDAL.

⁵ FDES MCI-PRÉMUR 24 kg éq. CO₂/m² XC4 CEM IV sans remplissage, n° 2-285:2021 (mars 2021)

⁶ FDES Prédalle BA RECTOR RSOFT® Béton Bas Carbone – Epaisseur 5 cm, n° 5-569:2021 (juin 2022)

2.2.2.2.4 Les escaliers

Les escaliers TRANSITION® sont utilisés pour l'escalier central du bâtiment et l'escalier en sous-sol. La forme hélicoïdale de l'escalier découle des études d'éco-conception (Figure 9). A fonctionnalités équivalentes, la quantité de matière utilisée est réduite. Le liant du béton est constitué d'un ciment pouzzolanique CEM IV. Des gravillons recyclés carbonatés de dimensions 4/10 mm, issus du Projet National FastCarb, sont incorporés au béton à hauteur de 20 % par rapport à la masse totale de gravillons.

Les escaliers disposent de FDES individuelles :

- pour l'escalier balancé à fut TRANSITION®⁷ :
 - unité fonctionnelle considérée : « Permettre le franchissement d'un mètre de hauteur au moyen d'un escalier balancé à mur de 15 x 112 cm, non revêtu, assurant une largeur de passage de 125 cm. » ;
 - indicateur de réchauffement climatique : 152,94 kg éq. CO₂ (cette valeur ne tient pas compte du gain réalisé par l'utilisation des granulats recyclés carbonatés) ;
- pour l'escalier à volée droite TRANSITION®⁸ :
 - unité fonctionnelle considérée : « Permettre le franchissement d'un mètre de hauteur au moyen d'un escalier droit à sous-face lisse, non revêtu, assurant une largeur de passage de 140 cm. » ;
 - indicateur de réchauffement climatique : 267,94 kg éq. CO₂ (cette valeur ne tient pas compte du gain réalisé par l'utilisation des granulats recyclés carbonatés).



Figure 9 – Escalier hélicoïdal TRANSITION® [Crédit photo : PBM]

Les escaliers sont certifiés NF 417 « Escaliers en béton fabriqués en usine ».

2.2.2.2.5 Appuis de fenêtres et seuils de baies

Les appuis de fenêtres (Figure 10) et les seuils de baies sont utilisés pour les différentes ouvertures. Le béton bas carbone utilisé intègre dans son liant un ciment CEM I et du laitier moulu de haut fourneau à hauteur de 30 % de la masse totale de liant.

L'éco-conception de ces produits abouti à leur allègement, tant pour réduire la quantité de matière utilisée que pour simplifier la manutention sur chantier.



Figure 10 – Appui de fenêtre [Crédit photo : WESER]

Une FDES collective est en cours de réalisation pour les appuis de fenêtre.

⁷ FDES BALANCE A FUT TRANSITION hors revêtement, n° 4-517:2021 (sept. 2021)

⁸ FDES ESCALIER VOLEE DROITE TRANSITION, 17 marches, largeur 140 CM, 1 étage, hors revêtement, n° 4-522:2021 (sept. 2021)

2.2.2.2.6 Produits de voirie et d'environnement

Des produits de voirie et d'environnement sont également utilisés (exemples présentés en Figure 11).

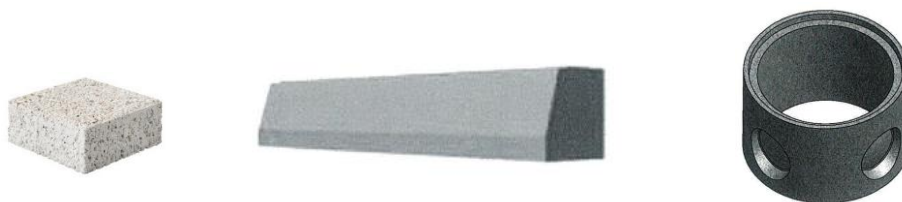


Figure 11 – Pavé Coquillage [Crédit photo : ALKERN], bordure [Crédit photo : RASORI – GROUPE CHAVIGNY] et regard [Crédit photo : LIBAUD]

Les pavés incorporent des granulats issus de coquilles Saint-Jacques recyclées (à hauteur de 30 kg/m² de pavé). Ces pavés combinent une fonction drainante et une fonction « réfléchissante » grâce à leur couleur claire (valeur Albédo élevée) diminuant le stockage de chaleur lors d'épisodes de fortes températures.

Des dalles sur plots pour les terrasses, des produits d'environnement de type regards et boîtes de branchement sont également utilisés. Les bordures utilisées intègrent des granulats recyclés.

Ces produits disposent des certifications suivantes :

- pour les dalles : la marque NF 187 « Dalles de voirie et de toiture en béton » ;
- pour les regards et les boîtes de branchement : la marque NF 120 « Eléments en béton pour réseaux d'assainissement sans pression » ;
- pour les bordures : la marque NF 043 « Bordures et caniveaux en béton ».

Pour les produits pavés, dalles, bordures, regards et boîtes de branchement, des FDES collectives réalisées par le Cerib sont disponibles sur la base INIES.

2.2.3. La phase travaux

2.2.3.1. La déconstruction et le terrassement

La phase travaux débute par la déconstruction de deux anciennes maisons, présentes initialement sur la parcelle située rue Parmentier à Chartres (Figure 12).



Figure 12 – Illustration de la phase déconstruction

L'intervention réalisée par l'entreprise POULLARD permet de récupérer 500 tonnes de béton issus de la déconstruction. Cette matière est transportée et traitée sur la plateforme Granudem située en périphérie de Chartres (Figure 13). Les granulats recyclés produits sont certifiés CE2+ et sont utilisés pour les nouveaux bétons de construction, y compris dans les bétons destinés aux structures, en cohérence avec le contexte normatif.



Figure 13 – Plateforme de production de granulats recyclés pour béton

Les matériaux issus de la plateforme sont également utilisés pour les opérations de terrassement et de constitution des fondations réalisées par l'entreprise POULLARD. Avec l'appui du Cerib et dans une démarche d'Ecologie Industrielle et Territoriale (EIT), une boucle d'économie circulaire pérenne a pu être créée sur le territoire Chartrain permettant à la fois un maintien de la valeur de la matière (avec le recyclage du béton déconstruit dans du nouveau béton) et un respect des règles de l'art.

2.2.3.2. La construction

Comme le rapporte l'entreprise ABT', la construction du gros-œuvre s'opère sans changement par rapport à la conduite d'un chantier classique situé dans un environnement urbain (Figure 14). Les chaînes d'études, de production et de livraison sont considérées comme maîtrisées par les fournisseurs de produits préfabriqués en béton, ce qui permet « *de fluidifier l'organisation tout en renforçant la sécurité collective* ».



Figure 14 – Illustration de la configuration du chantier

Des guides de conception des ouvrages et des guides couvrant la mise en œuvre des produits en sécurité sont mis à disposition par la FIB et le Cerib (Figure 15). Ils complètent les instructions établies par les fournisseurs de produits préfabriqués en béton qui demeurent à disposition, y compris sur chantier, pour accompagner les conducteurs de travaux et les compagnons. L'appropriation par les entreprises de construction est rapide tant du point de vue de la logistique que de la sécurité.



Figure 15 – Illustration des guides de mise en œuvre des produits préfabriqués en béton

Les Figures 16, 17 et 18 illustrent la mise en œuvre des produits préfabriqués en béton.



Figure 16 – Illustration de la mise en œuvre des blocs, prédalles, prémurs et escaliers



Figure 17 – Illustration de la mise en œuvre des seuils de baie et des appuis de fenêtre



Figure 18 – Illustration de la constitution du gros-œuvre

Les produits de voirie et d'environnement sont mis en œuvre durant la dernière phase des travaux.

2.3. Les données suivies

Différentes typologies de données qualitatives et quantitatives sont suivies sur les volets suivants : qualité/sécurité/environnement, décarbonation et économie circulaire. Un résumé est présenté dans les paragraphes qui suivent.

2.3.1. Volet sociétal et sécurité

Les données suivies sur le volet sociétal et sécurité sont présentées au Tableau 2.

Volet	Donnée suivie
Sociétal	<u>Nuisances</u> (bruit, poussière, trafic, etc.) : - Pas de nuisance remontée par les riverains pendant les travaux <u>Formation du personnel</u> : - Formation ou sensibilisation du personnel à la pose des produits préfabriqués en béton et à la gestion des déchets sur le chantier
Sécurité	<u>Pénibilité des opérations</u> : Réduction des opérations de manutention et du volume de matériel utilisé du fait des systèmes constructifs en béton retenus (prédalles, prémurs et escaliers préfabriqués)

Tableau 2 – Données suivies sur le volet sociétal et sécurité

2.3.2. Volet décarbonation et RE2020

Bien que la résidence Olympi ne soit pas soumise à la réglementation environnementale RE2020 (date de dépôt du permis de construire antérieure à la date d'application), elle bénéficie de la performance des produits préfabriqués en béton vis-à-vis de la contribution à la décarbonation et à l'efficacité énergétique de l'ouvrage.

L'essentiel des produits préfabriqués en béton mis en œuvre dispose de Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) (Figure 19) :

- soit individuelles pour les blocs, les escaliers, les prédalle, les prémurs, etc. ;
- soit collectives pour les pavés, les dalles, les bordures, les regards et les boîtes de branchement, etc.



Figure 19 – FDES disponibles sur le site internet du Cerib avec leurs références base INIES
<https://www.cerib.com/nos-expertises/evaluations-environnementales/>

La réglementation environnementale RE2020 intègre plusieurs paramètres, avec notamment des indicateurs environnementaux $I_{c\text{énergie}}$ et $I_{c\text{construction}}$ qui présentent respectivement le poids carbone de la consommation énergétique et le poids carbone des produits de construction et de la phase chantier.

Une étude ACV RE2020, réalisée par le bureau d'études Bastide Bondoux, a évalué le positionnement des systèmes constructifs retenus. Au regard des différentes hypothèses prises en compte, les produits préfabriqués en béton mis en œuvre contribuent au respect des seuils carbone.

2.3.3. Volet économie circulaire

Le modèle Olympi, basé sur l'usage des différentes familles de produits préfabriqués en béton, contribue aux enjeux des principaux piliers de l'économie circulaire :

- l'approvisionnement durable : utilisation dans les bétons de matières issues du recyclage :
 - pour la constitution du squelette granulaire (granulats recyclés issus de la déconstruction ou de coquilles Saint-Jacques) ;
 - pour la composition du liant (laitier moulu de haut fourneau) ;
- l'éco-conception : conception du système constructif utilisant une quantité de matière réduite, utilisation de constituants à empreinte carbone réduite et quantification des performances environnementales via des FDES normalisées et vérifiées ;
- l'écologie industrielle et territoriale : insertion et développement de boucles d'économie circulaire ;
- la consommation responsable : réduction de la génération de déchets sur chantier par l'usage de la préfabrication, emballages réduits du fait de la robustesse des produits lors du transport, réemploi des palettes en bois, tri des déchets à la source (Figure 21) ;

- l'allongement de la durée d'usage : choix de produits conçus pour dépasser les durées de vies prévues sans maintenance particulière ;
- la gestion des déchets en fin de vie : choix de produits recyclables en fin de vie suivant des filières classiques.



Figure 20 – Tir des déchets sur chantier selon 4 flux : inertes, métaux, bois et DIB

2.4. Conclusion et perspectives

Les contributions de la FIB, du Cerib, d'Agyre et de CL-Impulseur à la réalisation de la résidence Olympi, ainsi que celles des préfabricants impliqués, ont permis d'aboutir à un modèle de construction durable, performant et répliquable sur l'ensemble des territoires. Les apports sont nombreux, parmi lesquels :

- une capacité de mobilisation des savoir-faire des acteurs pour la construction durable de logements, basée sur des systèmes constructifs utilisant la préfabrication béton et répondant aux enjeux de décarbonation, d'économie circulaire, de transition numérique, etc.) ;
 - tant pour le gros-œuvre : blocs, escaliers, prédalles, prémurs, appuis de fenêtre et seuils de baies ;
 - que pour les aménagements (voirie et environnement) : pavés, dalles sur plots, bordures, regards ;
- une traduction des ambitions de la maîtrise d'ouvrage dans les pièces du marché, notamment dans les clauses constitutives du CCTP « Maçonnerie - Gros-œuvre » concernant le recours à des systèmes constructifs plus bas carbone ou l'incorporation de granulats recyclés dans les bétons, y compris les bétons destinés aux structures ;
- une utilisation accrue de la Modélisation des Informations du Bâtiment (BIM) en phase conception, en phase consultation des entreprises (DCE numérique), en phase travaux et en phase d'achèvement (DOE numérique) ;
- un déploiement de l'Ecologie Industrielle et Territoriale (EIT) avec la création d'une boucle d'économie circulaire pérenne sur le territoire Chartrain permettant à la fois un maintien de la valeur de la matière (avec le recyclage du béton déconstruit dans du nouveau béton) et un respect des règles de l'art ;
- une diffusion des guides de conception des ouvrages réalisés à partir de produits préfabriqués en béton et des guides couvrant la mise en œuvre des produits en sécurité (appropriation par les entreprises de construction rapide tant du point de vue de la logistique que de la sécurité) ;
- une étude ACV RE2020, réalisée par le bureau d'études Bastide Bondoux, évaluant le positionnement des systèmes constructifs retenus : au regard des différentes hypothèses prises en compte, les produits préfabriqués en béton utilisés contribuent au respect des seuils carbone.

En termes de valorisation des résultats et d'actions de communication, les retombées sont nombreuses, parmi lesquelles :

- l'organisation d'une cérémonie du drapeau sur le chantier marquant la fin du gros-œuvre (31 mars 2023) ;
- la publication d'un communiqué de presse (31 mars 2023) largement repris dans les revues spécialisées et sur les réseaux sociaux ;
- la diffusion d'une plaquette résumant ce qu'est le modèle Olympi (4 juillet 2024) ;
- des prises de parole dans des conférences, salons et webinaires.

Le modèle Olympi ainsi développé associe étroitement les acteurs des territoires et adopte une démarche vertueuse de construction durable basée sur :

- une conception à coût global maîtrisé s'appuyant sur le numérique et le BIM pour la consultation des entreprises ;
- un respect des exigences de la RE2020, tant sur l'empreinte carbone que sur la performance énergétique grâce à la décarbonation et à l'éco-conception des produits préfabriqués en béton ;
- une écologie industrielle et territoriale par l'usage de ressources locales et de constituants recyclés, par une maîtrise des déchets générés lors de la construction et par une recyclabilité aisée de l'ouvrage en fin de vie ;
- une mise en œuvre guidée, facilitée et en sécurité, une rapidité d'exécution, une réduction des nuisances pour les riverains.

Annexe 1 – La plaquette du modèle Olympi



Le modèle OLYMPI



Numérique, décarbonation, économie locale et circulaire

Le modèle Olympi, le bon calcul pour la construction de logements avec des solutions préfabriquées en béton

Le modèle OLYMPI adopte une approche vertueuse associant étroitement les acteurs du territoire, autour :

- d'une conception à coût global maîtrisé s'appuyant sur le numérique et le BIM pour la consultation des entreprises
- d'un respect des exigences de la RE2020, tant sur l'empreinte carbone que sur la performance énergétique, grâce à la décarbonation et l'éco-conception des produits en béton
- d'une écologie industrielle territoriale par l'usage de ressources locales dont des granulats recyclés, par une maîtrise des déchets générés lors de la construction et par une recyclabilité aisée de l'ouvrage en fin de vie
- d'une mise en œuvre guidée, facilitée et en sécurité, d'une rapidité d'exécution, d'une réduction des nuisances pour les riverains

Cette résidence de 37 logements à Chartres (28) s'inscrit dans le cadre des transitions en cours dans le domaine du bâtiment : numérique, décarbonation, économie locale et circulaire.

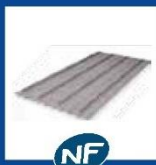
Une traduction en actes :

- Approvisionnements locaux, environ 20 tonnes de granulats recyclés par logement
- Phase projet éco-conçu, avec réalisation d'un DCE numérique associé à la consultation des entreprises
- Concertation entre les entreprises de travaux et les préfabricants, pour une logistique optimisée (cadencement des livraisons, gestion en espaces réduits, manutention en sécurité des produits en béton)
- Dossier numérique d'ouvrages exécutés
- Indicateur carbone $C_{construction}$ respectant les seuils de la RE2020
- Forte réduction de l'empreinte carbone des produits en béton, à l'échelle de l'unité fonctionnelle (cf. FDES disponibles sur la base INH-S)
- Tri qualitatif des déchets à la source, dont 500 tonnes de béton déconstruit redirigées vers la plateforme Granudem de production de granulats recyclés marqués CE2+, en périphérie de Chartres
- Formation et accompagnement à la mise en œuvre assurés par les industriels fournisseurs



Contact : fib@fib.org

Produits de structure



Prédalles Rsoft®,
RECTOR - Liant plus
bas carbone, 12% de
granulats recyclés



Prémurs, SPURGIN -
Liant plus bas carbone,
12% de granulats
recyclés



Blocs de maçonnerie
R-Mur® avec système
isolant, ALKERN - Blocs
rectifiés Elitherm® et
kit Elipsi® au niveau des
planchers, liés avec un
mortier-colle Alkercol®



Escaliers Transition,
PBM - Liant plus bas
carbone, granulats
recyclés carbonatés



Appuis de fenêtre
Opti'one®, WESER - Pose
simplifiée, liant plus bas
carbone Seuils de baie
PMR, WESER - Conforme
PMR, pose simplifiée, liant
plus bas carbone

Produits de voirie et d'environnement



Bordures monocouche,
CHAVIGNY - 100% de
granulats recyclés
Granudem



Pavés drainants,
gamme Océan, ALKERN -
Granulats de coquilles
Saint-Jacques recyclées
(30 kg/m²)



Dalles sur plots, ALKERN -
Gamme Savoie



Regards et éléments
de réseaux
d'assainissement,
LIBAUD

Que retenir-vous de la mise en œuvre des produits préfabriqués en béton ?

“Ce qui m'a le plus marqué dans ces innovations c'est qu'elles sont applicables sur un chantier « classique » de logements avec une gestion courante ! Les industriels retenus sur l'opération, en plus de bien connaître leurs produits, maîtrisent parfaitement leurs chaînes d'études, de production et de livraison ce qui a permis de fluidifier l'organisation en renforçant la sécurité collective”.

Et concernant le DCE numérique ?

« Gain de temps au chiffrage, confiance, référentiel commun »

Jordi ABBAS, conducteur travaux, entreprise ABT

Annexe 2 – Les acteurs du projet en lumière

La cérémonie du drapeau : un ancrage des pratiques sur le territoire, un tremplin pour le déploiement du modèle Olympi

La cérémonie du drapeau s'est tenue le 31 mars 2023 marquant la fin du gros-œuvre. Cet événement a permis de réunir les différents acteurs ayant participé au projet (maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, entreprises de travaux, préfabricants, etc.) mais également les professionnels du secteur, l'adjointe au maire de Chartres et les élus locaux. Cette cérémonie a été l'occasion de faire une présentation concrète des avancées réalisées sur ce projet en matière d'éco-conception, de décarbonation, d'économie circulaire et d'usage du numérique. Les différentes étapes aboutissant à la construction de cette résidence constituent le modèle Olympi qu'il est possible de déployer sur les différents territoires.



Figure 21 – Élus et représentants officiels présents lors de la cérémonie du drapeau le 31 mars 2023

Communiqués et dossiers de presse, articles de presse / LinkedIn, évènements et prises de parole

La cérémonie a été l'occasion de présenter le projet à la presse professionnelle du secteur de la construction. Plusieurs médias ont relayé les informations autour de la réalisation du projet Olympi :

- L'ÉCHO REPUBLICAIN : 1^{er} avril - Une résidence pilote pour le secteur du bâtiment est sortie de terre sur un terrain de 2 086 m² ;
- L'ÉCHO REPUBLICAIN.FR : 1^{er} avril - Comment un immeuble réduit son impact environnemental près de Chartres ;
- LE MONITEUR.FR : 3 avril - À Chartres, un bâtiment démonstrateur de 37 logements, bas carbone et en circuit court ;
- BATIWEB : 3 avril - À Chartres, Olympi sert de démonstrateur à la préfabrication et au recyclage béton ;
- ACTU.FR : 5 avril - Cette opération immobilière pilote à Chartres est un modèle d'économie circulaire ;
- BATACTU : 6 avril : Centre-Val de Loire - Comment le démonstrateur Olympi veut changer la donne des chantiers ;
- BATIWEB : 6 avril - À Chartres, quelles perspectives pour le logement ?
- LE PARISIEN : 10 avril - À Chartres, le béton joue la carte écolo pour un programme de construction pilote ;

- CONSTRUCTION CAYOLA : 11 avril - Chartres : la préfabrication béton en formes olympiques !;
- LES CAHIERS TECHNIQUES DU BATIMENT : mai - Le béton en quête de vertu ;
- BY BÉTON : 10 mai - Olympi : un projet d'économie circulaire à base de béton durable ;
- BATIACTU : 15 mai - « La filière béton n'a pas à rougir de ses innovations », Bertrand Bedel (FIB-Cerib) ;
- BÉTON(S) LE MAGAZINE : mai-juin - Olympi à Chartres : une ode à la perfection ;
- ACTUALITÉS HABITAT : 31 mai - Eco-conception : une construction bas-carbone et préfabriquée ;
- ÉNERGIE Plus : 15 septembre - Olympi : Du numérique et des produits préfabriqués pour favoriser le bas carbone ;
- PRESCRIPTION BÉTON : Septembre - La préfabrication béton en formes olympiques !
- HORS SITE : Automne - Tout l'éventail du béton bas carbone ;
- 5 FACADES : Hiver 2024 - Bétons vertueux : chimère ou réalité ?

Le projet Olympi a également été présenté à l'occasion de différentes prises de parole :

- La journée expertise et construction JEC du CERIB tenue le 06/07/2023 ;
- Le webinaire du CementLab du 19/10/2023 sur le thème de l'économie circulaire ;
- La journée « Les matériaux minéraux dans nos vies » organisée par le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, conjointement avec le Cerib, le CTMNC, le MIF et l'Institut Carnot MECD le 25/10/2023.

Index des figures

Figure 1 – Projet de résidence Olympi située à Chartres.....	9
Figure 2 – Résidence Le Onze située à Chartres.....	9
Figure 3 – Conception du projet de résidence Olympi	10
Figure 4 – Conception numérique du projet de résidence Olympi	11
Figure 5 – Capture d'image du Tutoriel 3 basé sur le projet Olympi	12
Figure 6 – Blocs de maçonnerie ELITHERM® et ELIPSI® [ALKERN].....	14
Figure 7 – Prémur ou mur à coffrage intégré (MCI) [SPURGIN LEONHART].....	15
Figure 8 – Prédalle RSOFT® [RECTOR]	15
Figure 9 – Escalier hélicoïdal TRANSITION® [PBM]	16
Figure 10 – Appui de fenêtre [WESER]	16
Figure 11 – Pavé Coquillage [ALKERN], bordure [RASORI – GROUPE CHAVIGNY] et regard [LIBAUD]	17
Figure 12 – Illustration de la phase déconstruction	17
Figure 13 – Plateforme de production de granulats recyclés pour béton	18
Figure 14 – Illustration de la configuration du chantier.....	18
Figure 15 – Illustration des guides de mise en œuvre des produits préfabriqués en béton	19
Figure 16 – Illustration de la mise en œuvre des blocs, prédalles, prémurs et escaliers	19
Figure 17 – Illustration de la mise en œuvre des seuils de baie et des appuis de fenêtre.....	20
Figure 18 – Illustration de la constitution du gros-œuvre.....	20
Figure 19 – FDES disponibles sur le site internet du Cerib avec leurs références base INIES	21
Figure 20 – Tir des déchets sur chantier selon 4 flux : inertes, métaux, bois et DIB.....	22
Figure 21 – Élus et représentants officiels présents lors de la cérémonie du drapeau le 31 mars 2023.....	27

CONSTRUCTION DURABLE
LE MODELE OLYMPI :
NUMERIQUE
DECARBONATATION
ÉCONOMIE LOCALE ET CIRCULAIRE



/ Cerib - CS 10010
28233 Épernon cedex

/ 02 37 18 48 00
cerib@cerib.com

CONSTRUCTION DURABLE

LE MODÈLE OLYMPI : NUMÉRIQUE, DÉCARBONATION, ÉCONOMIE LOCALE ET CIRCULAIRE

Fruit du retour d'expérience issu de la réalisation de la résidence Olympi et associant étroitement les acteurs des territoires, le modèle Olympi adopte une démarche vertueuse de construction durable basée sur :

- une conception à coût global maîtrisé s'appuyant sur le numérique et le BIM pour la consultation des entreprises ;
- un respect des exigences de la RE2020, tant sur l'empreinte carbone que sur la performance énergétique grâce à la décarbonation et à l'éco-conception des produits préfabriqués en béton ;
- une écologie industrielle et territoriale par l'usage de ressources locales et de constituants recyclés, par une maîtrise des déchets générés lors de la construction et par une recyclabilité aisée de l'ouvrage en fin de vie ;
- une mise en œuvre guidée, facilitée et en sécurité, une rapidité d'exécution, une réduction des nuisances pour les riverains.

Le modèle Olympi illustre « le bon calcul » pour la construction de logements avec des produits préfabriqués en béton.

SUSTAINABLE CONSTRUCTION

OLYMPI MODEL: DIGITALISATION, DECARBONISATION, CIRCULAR AND LOCAL ECONOMY

The result of feedback from the Olympi residence construction and closely involving regional stakeholders, the Olympi model adopts a virtuous approach for sustainable construction based on:

- a design with a controlled overall cost based on digital technology and BIM for business consultation;
- compliance with RE2020 environmental requirements, both in terms of carbon footprint and energy performance thanks to decarbonisation and eco-design of prefabricated concrete products;
- an industrial and territorial ecology through the use of local resources and recycled constituents, through control of waste generated during construction and through easy recyclability of the structure at the end of its life;
- guided, facilitated and safe implementation, speed of execution, reduction of nuisance for local residents.

The Olympi model illustrates "the good calculation" for the construction of housing with prefabricated concrete products.