

LA DEMARCHE DEVELOPPEMENT DURABLE

La construction du lycée **Simone Veil de Liffré** s'inscrit dans une dynamique d'investissement public responsable au service de l'éducation, dont l'un des objectifs principaux est de réaliser un projet **exemplaire** et **emblématique** en matière de **développement durable** (DD).

Nous avons donc placé au cœur de notre processus de **conception durable**, non seulement les questions de **performance énergétique** et de **maitrise des coûts de fonctionnement**, mais aussi de **confort**, de **santé publique** et de **préservation des ressources** autres qu'énergétiques (matériaux, eau, déchets...). Dans chaque domaine, cette démarche se décline en 3 étapes (cf. ci-dessous) :

	ENERGIE	MATERIAUX	EAU	DECHETS
REDUIRE LES BESOINS	Transition vers des modes de vie durables Conception bioclimatique Performance énergétique et choix des matériaux	Transition vers des modes de vie durables Conception, du projet : calpinage, dimensionnement adaptabilité	Transition vers des modes de vie durables Conception, du projet : calpinage, dimensionnement adaptabilité	Limitation des emballages Gestion du tri efficace
OPTIMISER LES SYSTEMES	Choix des équipements techniques performants	Choix des matériaux : perenité, énergie grise et autres critères	Choix d'équipements économes	Choix des matériaux : perenité, énergie grise et autres critères
CHOISIR DES METHODES ALTERNATIVES	Intégrer des énergies renouvelables	Matériaux réutilisés, recyclés, biosourcés	Récupération des eaux pluviales et des eaux grises	Compostage, méthanisation

De cette démarche découle ainsi un projet assurément **économe en énergie**, utilisant et mettant en œuvre des **énergies renouvelables** (raccordement gaz produit par l'usine de méthanisation du Champ Fleury situé à Liffré, production électrique photovoltaïque en toiture), et intégrant **une quantité très importante de matériaux biosourcés**, notamment le bois. Ces choix permettent ainsi de participer à l'effort de réduction d'émissions de gaz à effets de serre et d'épuisement des ressources, de lutter contre le changement climatique et de limiter et maitriser les dépenses énergétiques. Mais pas seulement, le projet est aussi conçu pour offrir des **conditions de confort optimales** (thermique, visuel, santé) afin qu'il puisse s'adapter aux modifications du climat notamment à la problématique du confort d'été.

Par le biais de tous ces efforts, ce lycée anticipe et répond à différentes exigences environnementales :



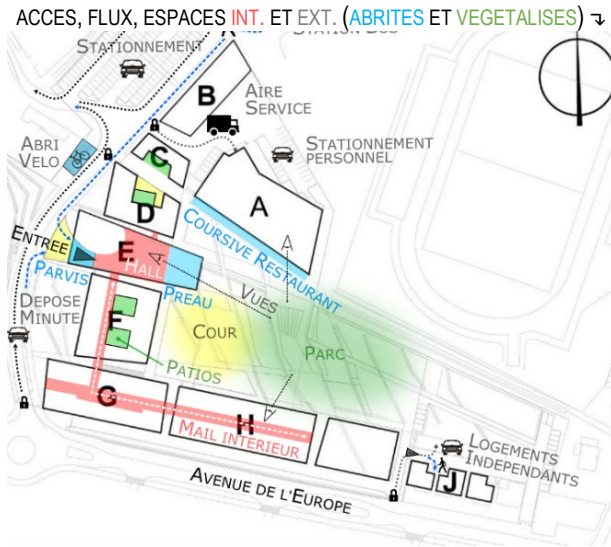
Ce projet précurseur préfigure les axes du label E+C- et de la **future réglementation environnementale** : des bâtiments **puits de carbone** et producteur d'**énergies renouvelables**.

Les performances environnementales de ce projet sont concrétisées par l'atteinte du niveau du **label Passiv'Haus**, conformément au souhait de la Région. Selon les caractéristiques de chacun des bâtiments, le niveau **Plus** (bâtiment G) et **Classic** (bâtiments restants) sont atteints.



UN LYCEE BIOCLIMATIQUE ET PASSIF...

Dans un esprit campus, les bâtiments se déploient autour d'une cour paysagère aménagée en restanques douces, participant à la fois à la gestion des eaux orages, à la régulation thermique, à l'accueil de la biodiversité et offrant un usage agréable en toute saison.



Les pôles d'enseignement général et scientifique sont implantés au sud du site, le long de l'avenue de l'Europe, développent des volumes respectivement à R+2 et R+1 ; avec des façades nord et sud dégagées pour capter l'ensoleillement en hiver et tirer parti d'une lumière apaisée toute l'année dans les classes. Les fonctions transversales sont regroupées à l'ouest dans des bâtiments compacts sur R+1, aérés de patios centraux pour apporter lumière et ventilation naturelles au cœur.

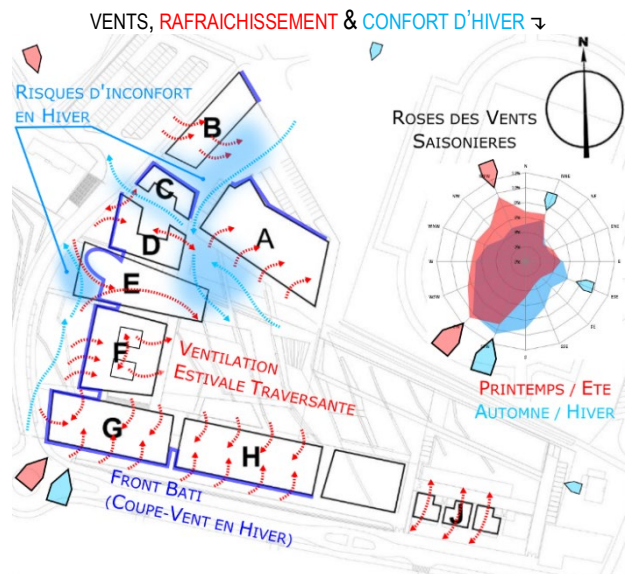
Le restaurant est quant à lui implanté au nord de la parcelle, il s'aligne sur l'allée des chênes conservée (corridor écologique) avec des salles à manger ouvertes au sud-ouest. Son implantation et la direction des vents dominants préservent le site des nuisances olfactives et sonores des

machines. Ces bâtiments sont également surmontés de plusieurs sheds pour l'apport de lumière, la solarisation et la ventilation naturelle des locaux.

Les bâtiments d'enseignement sont reliés entre eux par une large circulation centrale (5 à 8 m) formant une **rue intérieure bioclimatique** qui constitue un lieu de vie et nourrit les espaces de **lumière naturelle**, de **soleil**, et d'**air** pour assurer le confort thermique. Cette rue est composée d'un jeu de passerelles et de trémies, surmontée de sheds en toiture (majoritairement orientés vers le Nord) qui apportent de la lumière naturelle dans les circulations et aussi un complément en fond de salles de classe par l'intermédiaire de châssis vitrés.

En hiver, la rue constitue un **espace tampon** solarisé par quelques sheds tournés vers le sud, et maintenu à une température réduite (12°C).

En été, elle joue le rôle de **cheminée de ventilation** via des amenées d'air en partie basse (qui servent également au désenfumage), et des ouvrants dans les sheds. Enfin la présence de jardinières plantées participera également à tempérer la rue intérieure.



A (RDC)	Restauration
B (RDC)	Ateliers, lingerie, chaufferie
C (RDC)	Santé
D (R+1)	Vie scolaire, administration
E (RDC+)	Accueil

F (R+1)	CDI, professeurs, enseignement BTS
G (R+2)	Enseignement général dont info.
H (R+1)	Enseignement scientifique
J (R+2)	Logements de fonction

... A L'ENVELOPPE PERFORMANTE

L'**enveloppe** du bâtiment est l'élément le plus durable d'un bâtiment, construite pour 25 à 80 ans selon les ouvrages. Elle constitue le filtre entre l'intérieur et l'environnement extérieur, et est donc un **levier pérenne** en termes de **maîtrise de l'énergie** afin de profiter des atouts du site et en maîtriser ses contraintes.

Les **choix constructifs** ont été guidés par les impératifs de rapidité de chantier, de performances ainsi qu'une gestion raisonnée des ressources locales. Nous nous sommes donc dirigés vers un procédé constructif mixte : un **socle béton au rez-de-chaussée (RDC)** surmonté par un **squelette en bois** dans les **étages** :

- Cette dichotomie se traduit sur les façades où des parements de béton habillent les **murs béton du RDC** et l'isolation thermique. Les **façades supérieures** sont en **murs à ossature bois (MOB)** et revêtues de bardage métallique. Côté **rue intérieure**, les parois des classes constituent des « façades intérieures isolées », également en **MOB** et revêtues de tasseaux bois ajourés (absorption acoustique).
- La superposition « **bois sur béton** » se retrouve logiquement sur les porteurs horizontaux. Le **plancher bas** du RDC est une **dalle béton** isolée thermiquement par-dessous, surplombée d'une chape thermo-acoustique (isolant). Les **planchers intermédiaires** et la **charpente** sont en panneaux bois type **CLT**. Dans les locaux, les planchers bois reçoivent une chape traditionnelle en béton léger, désolidarisée par un résilient acoustique, afin d'améliorer l'isolement sonore entre niveaux et apporter de l'inertie.



Dans un souci d'économies de chauffage, nous avons fait le choix d'habiller les structures ci-dessus par des **enveloppes thermiques** très performantes quels que soient les bâtiments :

- Isolation thermique par l'extérieur à RDC : *20 cm de polyuréthane* – $R = 8,7 \text{ m}^2.K/W$
- Façade à ossature bois dans les étages : *30 cm de laine minérale* au total (en remplissage et en doublages extérieur et intérieur) – $R = 8,7 \text{ m}^2.K/W$
- Toitures : végétation extensive jouant le rôle de tampon thermique, complétée par *20 cm d'isolant en polyuréthane* - $R = 8,7 \text{ m}^2.K/W$
- Isolation sous-chape et sous-dalle ;
- Menuiseries aluminium à rupture de pont thermiques équipée de double ou triple vitrage selon orientation – $U_w 1,4 / 0,9 \text{ W/m}^2.K$



De plus, un soin tout particulier a été effectué pour le traitement des ponts thermiques. Enfin, **l'étanchéité à l'air du bâti** – dernier pilier essentiel pour une enveloppe performante – a fait l'objet d'un suivi particulier pendant la phase de travaux.

... À L'ENVELOPPE SOLAIRE ET LUMINEUSE

La lumière naturelle préside dans la conception d'ambiances propices à l'enseignement et au travail. Or, la proportion des surfaces vitrées en façade reflète un **équilibre entre les besoins en lumière et ventilation naturelle** d'une part et les **dépensements d'hiver et surchauffes d'été** d'autre part. Notre réflexion a donc porté sur la manière de faire entrer le maximum de lumière naturelle tout en préservant cet équilibre.

L'architecture du projet est conçue dans l'objectif de **couvrir les besoins d'éclairage** par la **lumière naturelle** pendant à minima **50% du temps**, pour cela l'ensemble des locaux bénéficient d'un accès à la lumière naturelle, y compris les circulations. Ils sont illuminés par des dispositions architecturales simples :

- **Vitrages positionnés en hauteur** ($h_{\text{linteau}} = 3 \text{ m}$), au-dessus d'allèges pleines (45 cm, 60 cm, 75 cm et 1 m) pour apporter de la lumière là où il faut (plan de travail) ;
- **Hauteurs sous plafond généreuses** (3,3 m sous poutre dans les classes) laissant la lumière pénétrer au fond des salles ;
- **Profondeurs maîtrisées** à 6,5 m dans la plupart des classes ;
- **Compléments de lumière au fond des salles** par les sheds et patios, en prise direct ou en **2nd jour** via les rues intérieures
- **Etagères à lumière en façade sud** et le choix de revêtements intérieurs de couleurs claires.

Avec le dérèglement climatique la préoccupation du confort d'été devient de 1^{er} ordre, en particulier dans un établissement scolaire avec de fortes densités d'occupation. Ainsi le projet est également conçu dans le but d'assurer naturellement les conditions de confort pendant la période estivale.

Ainsi pour filtrer le soleil en été et limiter les opérations de maintenance, les surfaces vitrées sont parées de **protections solaires fixes** avec :



← Des **lames et tablettes horizontales** au **sud**, en caillebotis afin de filtrer aisément les rayons haut pendant toute la période estivale ;



→ Des **lames verticales** en **est/ouest**, sous forme de planches de bois. Elles sont pivotées à 30° suivant le nord afin de bloquer ou capter alternativement les rayons de soleil, selon le type d'espaces.

L'occultation n'est que partielle pour préserver la quantité de lumière ; elle est complétée par des stores toiles ou rideaux intérieurs.

... À L'ENVELOPPE NATURELLEMENT RESPIRANTE

La douceur du climat breton permet d'envisager des **solutions passives** efficaces, l'enjeu a donc été d'**éviter la climatisation** polluante (gaz réfrigérants) et dispendieuse (coûts élevés, rendement médiocre, demandeur en ressource...). Outre la mise en place de protections solaires extérieures efficace, cela permet d'avoir recours à la **ventilation naturelle**.

Ainsi, cette **ventilation naturelle** a été développée **dans tous les locaux de l'établissement**. Il s'agit là d'une **sur-ventilation de confort**, en journée (dès la mi-saison) et pendant la nuit (période estivale), permettant d'évacuer la chaleur stockée dans les locaux.

En termes d'équipements, cela se matérialise dans chaque **salle d'enseignement** par :



← Des **ouvrants spécifiques** de ventilation naturelle à ouverture manuelle, habillé d'une grille pare-pluie et anti-intrusion, équipé d'un compas qui bloque l'ouvrant en position ouverte

→ Couplés à des **cheminées d'extraction naturelle** composées d'un conduit vertical débouchant en toiture dans sheds, permettant ainsi de permettre de recréer un balayage transversal de la ventilation et de profiter de la hauteur de tirage thermique.



Concernant les **rues intérieures** :

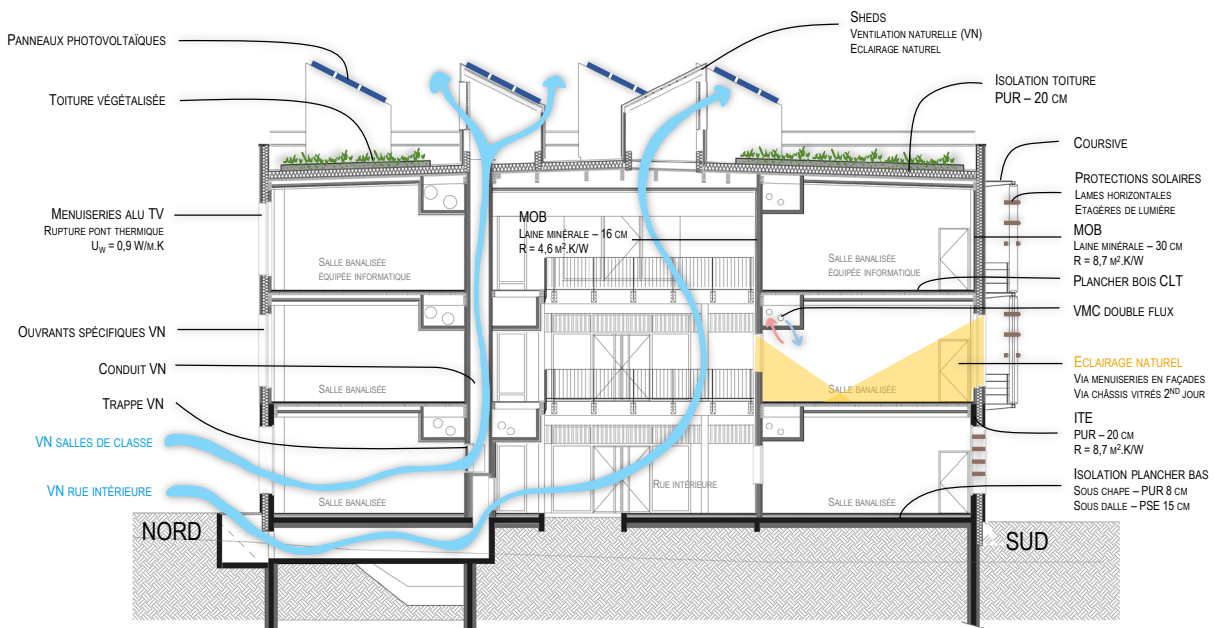


← Une **cour anglaise**, débouchant sur des grilles en parties basses de la rue, permet d'apporter de l'air frais

→ Couplée à des **sheds** en toitures : le grand volume de la rue permet un tirage thermique naturel par stratification jusqu'à l'extraction via ces sheds.



SCHEMA DE PRINCIPE DE LA VENTILATION NATURELLE DE CONFORT (+ PRINCIPES CONSTRUCTIFS & ECLAIRAGE NATUREL) ↴



... AUX SYSTEMES EFFICACES

Une fois les conceptions architecturale et bioclimatique déterminées, se pose ensuite la question des solutions techniques, que nous avons choisies parmi les plus efficaces.

A l'échelle du site, la **production de chaleur** est réalisée par une **chaufferie centrale gaz** mutualisée pour les entités diurnes et des **chaudières individuelles gaz** murales dans les logements. En chaufferie centrale, dans le bâtiment B, deux **chaudières gaz** (2×370 kW, rendement PCI > 110 %) assure le chauffage et l'ECS (restauration / lingerie), selon un fonctionnement en cascade.



L'émission de chaleur est réalisée par des **radiateurs basse température** munis de robinets thermostatiques dans les classes et bureaux. La température de consigne est de 19°C. L'émission dans les rues intérieures est aussi assurée par des radiateurs, à température réduite (12°C).

La diffusion du chauffage sera réalisée par batterie chaude intégrée aux CTA dans les salles de restauration et la salle polyvalente. La régulation des réseaux sera réalisée par façade pour maintenir au mieux les consignes de températures (19°C ou 16°C dans les circulations hors mails).

Les consommations récurrentes en **eau chaude sanitaire** de la restauration et de la lingerie sont couvertes directement par la **chaudière centrale**. L'**ECS ponctuelle** des sanitaires est produite par des **ballons électriques** décentralisés pour éliminer les pertes de réseaux (ni bouclage ni traçage) inutiles pour ces faibles besoins.

Le lycée est irrigué par une **ventilation mécanique double flux avec récupération de chaleur** sur l'air extrait par échangeur à roue ou échangeur à plaque selon les débits des centrales (rendement de récupération > 80%). Ce type de ventilation permet d'atteindre des débits d'air neufs augmentés à **22 m³/h par élève** afin de répondre aux enjeux de qualité d'air intérieur, tout en limitant les consommations de chauffage. Les **logements** quant à eux sont ventilés par des **CTA collectives** : 1 caisson soufflage / 1 caisson reprise par plot et 1 échangeur par logement.



Enfin, les **sources lumineuses** sont de type **LED**, à haut rendement (efficacité lumineuse comprise entre 89 et 100 lm/W selon les luminaires) et limitent les puissances installées pour couvrir les niveaux d'éclairage requis (250 à 500 lux selon les locaux). L'enjeu est ensuite de couvrir la majorité des besoins par la lumière naturelle et une gestion intelligente de l'éclairage artificiel.

Dans les **circulations** toutes éclairées naturellement, la lumière sera **réglée en fonction de la luminosité** extérieure. Les commandes des luminaires respectent par ailleurs les prescriptions du programme : une **programmation horaire** forcera l'extinction des luminaires en inoccupation (hors éclairage de sécurité).

... AUX MATERIAUX SAINS, A FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL

La réduction des émissions de polluant par le choix des matériaux à faibles émissions de COV (classement A+) bénéficiant de labels environnementaux ainsi que le bon renouvellement d'air des locaux (renouvellement d'air dans les locaux supérieur aux règles sanitaires, étanchéité à l'air des réseaux, balayage efficace) permettent d'offrir une **qualité d'air d'optimale**, indispensable pour la santé des occupants.

Le projet met en œuvre des matières biosourcés à faibles émissions de carbone, à savoir : **l'usage du bois** en structure (façade, plancher CLT charpente), en bardage, et dans l'aménagement intérieur (portes, huisseries, habillage) ; le **linoléum** pour les sols souples (à base d'huile de lin, de poudre de bois, de liège et de jute) ; le **grès cérame** pour les sols durs.



- Biosourcé & géosourcé
- Ressources locales
- Réduction des émissions CO2
- Limitation de l'épuisement des ressources



- Frugalité et sobriété
- Bioclimatique
- Conception éco-responsable
- Passif
- Energie renouvelables
- Low-tech



- Qualité d'usage
- Confort thermique, visuel et acoustique
- Biodiversité
- Matériaux sains



L'origine des **bois** est systématiquement justifiée par le **label FSC ou PEFC**.

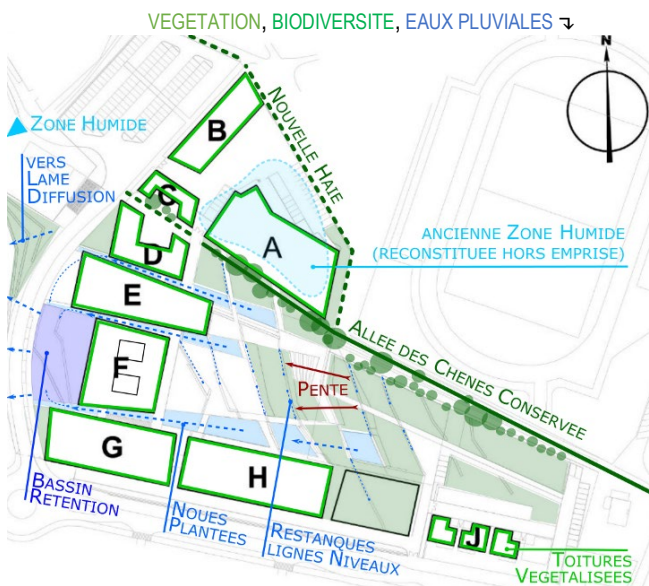
Les peintures utilisées sont en phase aqueuses à teneur limitée en solvant (COV ≤ 2 g/l peintures d'impression, COV ≤ 1 g/l peintures de finition).



Tandis que de façon générale, les **revêtements intérieurs** disposent systématiquement d'une **étiquette A+** selon l'arrêté du 19 avril 2011, et d'un label environnemental type **Eco-label européen** : lasure, peintures à bois, revêtements de sols, faux-plafonds...

GESTIONS EP ET AMENAGEMENT EXTERIEUR

L'aménagement de la parcelle fait la part belle aux espaces verts plantés et perméables. Il participe conjointement à la **gestion des eaux d'orage**, entre autres par le respect du débit de fuite.



Les **toitures** plates sont systématiquement **végétalisées** par un substrat extensif (12 cm) de type sédum. Des **noues végétales** accompagnent le circuit de ruissellement des eaux de pluie qui suivent la pente, déclinant de l'est vers l'ouest.

De multiples **restanques** les entrecoupent pour diriger le ruissellement vers les noues, freiner la vitesse d'écoulement et **tamponner** temporairement. Les murs successifs forment autant de paliers que les courbes de niveaux actuels (terrassements limités). Ces dispositifs mettent en scène la trame de l'eau et animent la palette végétale.

Les noues traversent les failles entre les bâtiments ouest dans lesquelles des passerelles laissent les eaux s'écouler

jusqu'au **bassin de rétention final, au pied du bâtiment F**. Une lame de diffusion permet à ce dernier de se vider dans la zone humide à l'ouest de la parcelle. Les bandes stériles seront limitées au minimum afin de maximiser la végétalisation.

Par ailleurs, l'aménagement des espaces extérieurs offre des **ambiances variées** que chacun peut s'approprier librement. La parcelle actuelle est utilisée en majeure partie comme terre agricole. Elle possède toutefois une **diversité écologique** intéressante que nous avons souhaité préserver dans la mesure du possible (allée des chênes, zone humide).

Le restaurant (bâtiment A) est positionné pour conserver le talweg (cheminement) de l'allée des chênes et les spécimens remarquables qui le bordent. Ce **corridor écologique** est **préservé** autant que possible par des franchissements en passerelles. L'auvent du restaurant est également sculpté de manière à ne pas toucher les arbres et à y épouser leurs courbes.

La **création d'une haie** en limite nord sur le campus offre à la faune avoisinante un support et un parcours alternatifs aux parkings et aire de service très minéralisés. Le choix de vastes **plans majoritairement champêtres** participe de cet esprit de **laisser libre cours à la nature**, tout en réduisant les coûts d'entretien pour des espaces de grande surface. Aussi, les essences retenues ont été choisies pour leur adaptabilité au site, leur facilité d'entretien. La majorité des essences sont essentiellement locales (hormis rue intérieure) et le moins allergènes possible.



Lycée Simone Veil à Liffré (35) - Région Bretagne / Sembreizh
Architecte mandataire: «CHOMETTE-LUPI ET ASSOCIÉS-ARCHITECTES»
Architecte associé: «ATELIER LOYER»