



Façade îlot urbain début du XX^e,
Lausanne

INTRODUCTION

La lutte contre le réchauffement climatique demande l'engagement de tous les secteurs de la société afin de limiter l'augmentation de la température moyenne de la planète à 1.5 C° par rapport aux niveaux préindustriels. Pour ce faire, il s'agit en premier lieu de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), de mettre en place des mesures qui permettent aux écosystèmes (forêt, eau, milieux naturels, etc.) de s'adapter et d'adapter les activités humaines en conséquence. Ces efforts, nécessaires, s'inscrivent dans la lignée des engagements internationaux pris par la Confédération dans le cadre de l'Accord de Paris qui requièrent l'implication des collectivités publiques, des entreprises et des citoyens.

Dans le cadre de l'élaboration de son Plan Climat (PCV), le Canton de Vaud a défini, comme premier axe stratégique, la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) de 50 à 60% d'ici à 2030 et une atteinte de la neutralité carbone au plus tard en 2050. Le domaine du bâti, qui recourt encore majoritairement à l'usage du gaz ou du mazout pour la production du chauffage et de l'eau chaude sanitaire, est responsable de près de la moitié de la consommation totale vaudoise des énergies fossiles ; s'illustrant ainsi comme un secteur à haut potentiel d'amélioration. Le patrimoine immobilier des villes, villages et bourgs, qui compose l'identité régionale, architecturale et sociétale du territoire, représente également l'héritage construit le plus dispendieux en énergie dans sa catégorie. La rénovation énergétique du parc immobilier existant se présente donc comme un secteur essentiel de la transition énergétique et de l'atteinte des objectifs climatiques cantonaux se déclinant tant sur la sobriété et l'efficacité de parc construit que sur la sécurité de l'approvisionnement et le développement des énergies endogènes.

Cependant, l'assainissement des bâtiments ayant une valeur patrimoniale devrait se faire dans le respect de leurs particularités architecturales, constructives et historiques ; dans une perspective de continuité de la transition et de l'usage du bâti. Une mutation énergétique en douceur dans son fond – mais pas dans sa forme, afin d'éviter la banalisation de l'environnement construit et la mutation progressive de l'identité collective – est au cœur de la conciliation des enjeux « patrimoine et énergie ». Afin de marier au mieux les enjeux des politiques publiques qu'ils portent, le service en charge du Patrimoine (DGIP-MS) et celui en charge de l'Energie (DGE-DIREN), résolus à élaborer une stratégie conjointe portant sur la rénovation du patrimoine vaudois, se sont adonnés les services de l'Institut Transform de la HEIA-FR dans la perspective d'éditer un catalogue de fiches de « bonne pratique ».

C'est ainsi qu'est né le projet Typo-RENO-VD qui vise à établir des guides de restauration énergétique pour les bâtiments recensés en note *2* et *3*, en distinguant les mesures applicables aux constructions sous protection cantonale (inscription à l'inventaire – INV) de celles proposées pour les notes *3* ou dans les zones ISOS-A. Le catalogue définit un index de 10 typologies de bâtiments, principalement à usage d'habitation, figurant au patrimoine immobilier vaudois.

Chacune d'elle est déclinée en étude de cas selon son époque de construction, son mode constructif, sa matérialité de façade et sa note au recensement architectural. Ainsi, chaque fiche se fonde sur un cas réel dont les mesures proposées ont fait l'objet de la meilleure conciliation possible des enjeux de protection et des enjeux énergétiques. Ce travail se présente comme un outil de facilitation à l'usage des communes, des architectes, des propriétaires et du grand public. Le présent cahier n'a pas pour vocation de se substituer à une réflexion globale propre à chaque bâtiment et ne dispense pas d'une étude pluridisciplinaire et fine réalisée par un ou des spécialistes. La réussite des projets de restauration durable réside, avant tout, dans la convergence des compétences; afin que le patrimoine vaudois puisse poursuivre son œuvre de précurseur de la durabilité.

STRATÉGIE DE RÉNOVATION - ENVELOPPE

L'étude de cas illustre des mesures adaptées pour rénover énergétiquement les différents éléments de l'enveloppe. Elle vise à atteindre les exigences légales selon une justification par performance globale, mais détaillée par mesure afin de comprendre l'impact de chacune. Les mesures sont planifiées en fonction de leur facilité de mise en œuvre en site occupé. L'ordre proposé prend en compte la vétusté et la durée de vie des éléments et peut varier selon les bâtiments. Chaque mesure est numérotée afin d'être facilement retrouvée dans les différents graphiques.

L'isolation des dalles et murs contre les espaces non chauffés des parties communes sont des interventions facilement réalisables qui apportent un gain énergétique intéressant, tout comme l'isolation de la toiture (si combles déjà habités). L'enveloppe extérieure présente souvent les principales pertes énergétiques et peut être améliorée avec un crépi isolant (quand cela est possible) ou parfois une isolation extérieure sur des façades plus modestes. Les fenêtres ont souvent déjà été changées et si c'est le cas, elles seront améliorées ou remplacées au prochain cycle de rénovation. Les mesures complémentaires à l'intérieur nécessitent des travaux conséquents dans les appartements. Elles devront être intégrées lors de la prochaine réfection des locaux. Dans certains cas, une étape de valorisation (dessinée en bleu, par ex. aménagement des combles) complète les réflexions.

DÉTAILS CONSTRUCTIFS

Deux travées représentatives du bâtiment, une sur la façade principale et l'autre sur une façade secondaire, sont illustrées afin de différencier leur traitement quand cela est nécessaire ou possible. Les différents détails englobent toutes les mesures afin d'atteindre les exigences globales. Les matériaux choisis sont de préférence biosourcés et ouverts à la diffusion de vapeur, afin de maintenir la perméabilité à la vapeur d'eau existante du bâtiment et réduire les risques de condensation. L'étude tient compte de la faisabilité des travaux, de la durée de vie des interventions, de l'énergie grise des matériaux et des coûts.

La norme SIA 380/1:2016 préconise une valeur U ponctuelle maximale de 0,25 W/m²K pour la rénovation des éléments de l'enveloppe contre l'extérieur. Pour un bilan global, comme utilisé dans cette étude, les valeurs U des éléments de construction doivent satisfaire aux performances ponctuelles requises de la SIA 180:2014, soit 0.40 W/m²K pour la plupart des éléments opaques. Dans les cas étudiés, les valeurs U maximales admises ne sont pas toujours atteintes selon la norme SIA 180:2014, pour des raisons patrimoniales ou de complexité de mise en œuvre, particulièrement au niveau des sols contre terre ou des façades avec crépi isolant.

En cas d'isolation intérieure, il est important de chercher un optimum d'isolation qui respecte les valeurs U limites de la norme SIA 180:2014, sans toutefois créer de condensation entre le mur et l'isolant. Une épaisseur d'isolation intérieure trop importante va créer de la condensation dans l'élément de construction et des dégâts notamment sur des poutres en bois encastrées au mur. La pluie battante qui humidifie le mur par l'extérieur doit être considérée dans les calculs de transfert d'humidité dans les parois surtout lors de la réalisation d'une isolation par l'intérieur qui aura pour conséquence de refroidir toute l'épaisseur du mur.

Si les valeurs ponctuelles limites selon la norme SIA 180:2014 ne peuvent pas être atteintes par endroits, des vérifications de physique du bâtiment doivent être réalisées pour assurer la protection contre l'humidité dans le bâtiment à l'aide d'un calcul dynamique établi par un logiciel spécifique (vérifications non réalisées dans le cadre de cette étude).

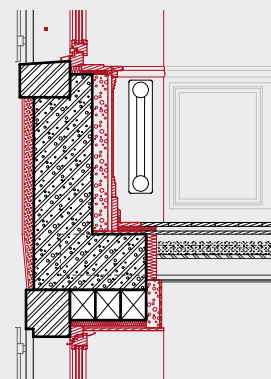
STRATÉGIE DE RÉNOVATION - INSTALLATIONS TECHNIQUES

PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE CHALEUR: La possibilité de remplacer la production de chaleur fossile par une alternative renouvelable a été évaluée dans le contexte donné. Dans l'illustration du bilan énergétique et environnemental, le changement de production est réalisé au moment adéquat dans le cas précis. Lorsque, comme dans l'exemple ci-dessous, le chiffre de la mesure est suivi d'un « ' » cela signifie que le changement peut s'effectuer indépendamment de la chronologie des mesures. C'est le cas lorsque le producteur fonctionne avec un bon rendement à haute température. Par contre lorsqu'il s'agit de basse température, comme avec les PAC, il faut impérativement commencer par améliorer l'enveloppe avant d'effectuer le changement. Les recommandations dépendent de chaque contexte et nécessitent une étude par un professionnel dans chaque cas.

VENTILATION: Une ventilation adéquate doit être garantie pour tous les espaces et un concept de ventilation est à réaliser dès l'avant-projet. Une recommandation est mentionnée afin de donner une aide au choix approprié d'un système. Le système de ventilation n'est cependant pas pris en compte dans le bilan énergétique, environnemental et le calcul des coûts.

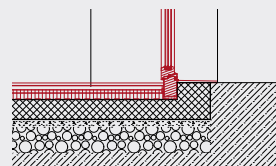
ÉLECTRICITÉ: Pour les panneaux photovoltaïques, une recommandation est décrite afin d'orienter le choix sur la localisation adaptée et les produits adéquats. Ces éléments sont à contrôler et à dimensionner par un professionnel spécialisé. Les panneaux photovoltaïques et les appareils électriques ne sont pas pris en compte dans le bilan énergétique, environnemental et le calcul des coûts.

DÉTAIL MUR ISOLATION INTÉRIEURE



La pose d'un crépi isolant à l'extérieur réchauffe le mur et atténue les phénomènes indésirables liés à l'isolation intérieure. Les matériaux naturels ouverts à la diffusion de vapeur favorisent l'assèchement des éléments de construction lors d'une éventuelle accumulation temporaire d'humidité.

DÉTAIL SOL



Pour atteindre les valeurs maximales requises au niveau des sols contre terre, de lourds travaux à l'intérieur sont souvent nécessaires et peuvent avoir un impact sur la hauteur d'étage, des portes et des cadres et l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite

PRODUCTION DE CHALEUR

La possibilité d'utiliser différents producteurs de chaleur renouvelables est évaluée en fonction du lieu, des règlements, de l'accessibilité et de la typologie. Les pastilles de couleurs représentent:

Rouge => impossible
Jaune => possible mais complexe
Vert => possible

- Chauffage à distance (renouv.)
- PAC air-eau
- PAC sol-eau
- Chaudière à bois
- Chaudière à pellets
- Solaire thermique

BILAN ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

Le graphique montre les besoins de chaleur pour le chauffage Q_H selon la norme SIA 380/1:2016 (échelle et colonne de gauche), ainsi que les émissions de gaz à effets de serre GES selon le cahier technique SIA 2040: 2017 (échelle et colonne de droite) suite à chaque mesure de rénovation. Les différentes couleurs illustrent les classes CECB (efficacité de l'enveloppe, classes G à B). Les mesures de rénovation sont cumulatives et hiérarchisées selon la vétusté des éléments, la faisabilité des travaux et l'impact sur les habitants.

Le remplacement du producteur de chaleur par une énergie renouvelable est fondamental pour réduire les émissions à effets de serre. Les GES incluent les impacts liés à la phase « Exploitation » (énergie consommée par le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire ECS) et les impacts liés à la phase « Construction » comprenant les matériaux mis en œuvre lors des différentes étapes de rénovation au niveau des éléments de construction de l'enveloppe thermique et des installations techniques.

BESOINS DE CHALEUR

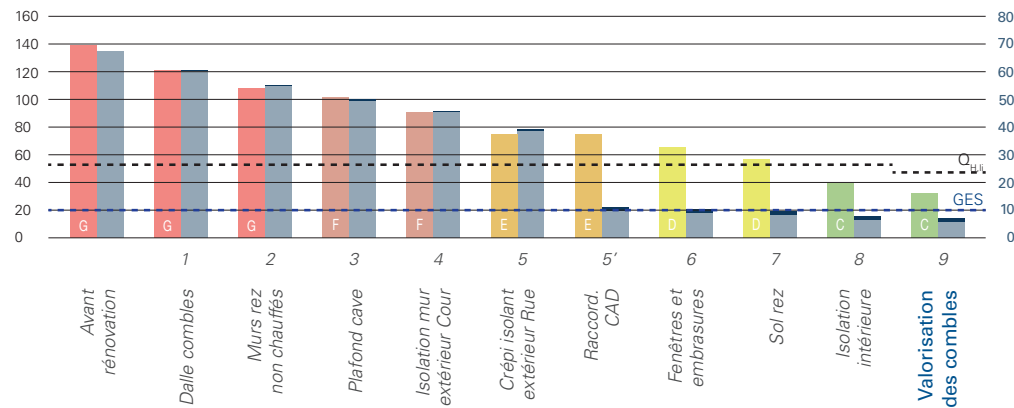
Q_H selon SIA 380/1:2016 [kWh/m²]

$Q_{H,150}$ transformation 150% 2016 [kWh/m²] -----

ÉMISSIONS A EFFETS DE SERRE

GES (kgCO₂-eq/(m²a)) selon SIA 2040

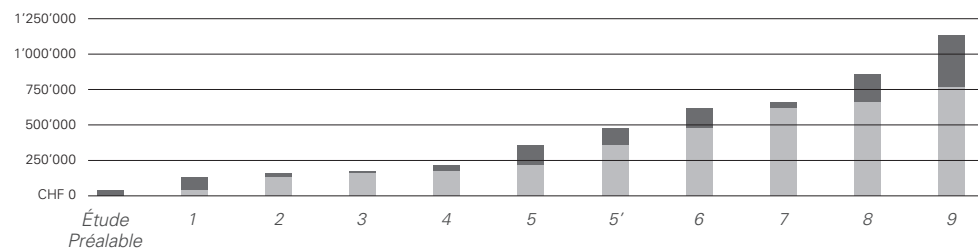
----- Valeur indic. SIA 2040 construction ● + exploitation ●



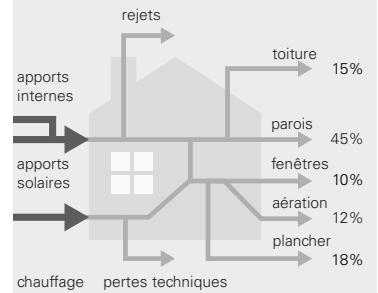
COÛTS DES INTERVENTIONS

Ils sont établis par mesures et cumulés. Les coûts de chaque mesure, en gris foncé, s'ajoutent à celui des mesures précédentes (gris clair). Ils comprennent uniquement les interventions sur l'enveloppe sans transformations intérieures ni aménagements. Les propositions d'installations de ventilation et de panneaux photovoltaïques ne sont pas comptabilisées, seules l'installation de chauffage et la distribution sont prises en compte. L'étude préalable comprend un relevé et une étude préliminaire du projet.

Les frais généraux tels que les installations de chantier et échafaudages sont répartis proportionnellement dans les différentes mesures. Afin de pouvoir comparer les différents objets, les coûts par m² de surface de référence énergétique (A_E) sont toujours mentionnés avec et sans valorisation. Index OFS région lémanique rénovation transformation avril 2022 = 107.8% (Base 2020 = 100%)



PERTES THERMIQUES

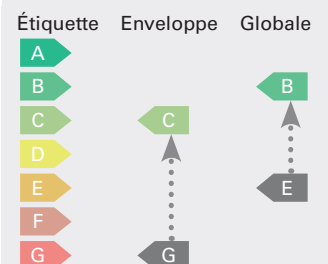


Les pertes existantes sont représentées dans un graphique en pourcentage afin de pouvoir rapidement identifier les éléments qui ont le plus besoin d'améliorations. Un tableau montrant les pertes et les apports thermiques, ainsi que la valeur limite et le besoin de chaleur avant et après rénovation permet une comparaison précise des effets des mesures.

CECB (SIA 380/1: 2016)

Certificat Énergétique Cantonal des BâtimENTS calculé avec les valeurs standards de ventilation et électricité. L'efficacité énergétique globale de l'enveloppe du bâtiment exprime la qualité de la protection thermique de cette enveloppe.

C'est le paramètre le plus important pour évaluer le besoin en chauffage d'un bâtiment. L'efficacité énergétique globale d'un bâtiment comprend non seulement les besoins en énergie pour le chauffage, mais également les installations techniques du bâtiment. C'est-à-dire la production de chaleur, y compris pour l'eau chaude sanitaire, le besoin en électricité. Les agents énergétiques utilisés sont pondérés : le recours à des énergies renouvelables conduit à une meilleure évaluation.



GLOSSAIRE

PÉRIMÈTRE DE PROTECTION ISOS:

Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse. L'inventaire promeut la sauvegarde du patrimoine bâti dans le cadre de l'aménagement des localités.

NOTE AU RECENSEMENT:

Le recensement identifie et évalue la qualité patrimoniale du domaine bâti. Les objets sont ensuite évalués au moyen d'une note allant de 1 à 7, puis une mesure de protection cantonale leur est éventuellement attribuée.

PROTECTION, INVENTAIRE:

Les mesures de protection cantonale sont l'inscription «à l'inventaire» (INV) et le classement «Monument historique» (MH).

Sont inscrits à l'inventaire, les objets méritant d'être protégés par une surveillance du département.

SURFACE DE RÉFÉRENCE ÉNERGÉTIQUE, SRE (A_E):

Somme de toutes les surfaces brutes de planchers des étages et des sous-sols qui sont inclus dans l'enveloppe thermique et dont l'utilisation nécessite un chauffage ou un refroidissement. Les zones des locaux compris dans la A_e , mais dont la hauteur libre est inférieure à 1,0 m ne sont pas prises en compte. La norme SIA 380:2015 détaille les surfaces admises et celles à retirer comme les locaux techniques notamment. Elle permet de calculer la consommation de chaleur par m^2 pour les bilans thermiques selon la performance globale requise et les besoins d'eau chaude sanitaire aux conditions standards.

ENVELOPPE THERMIQUE DU BÂTIMENT (A_{TH}):

Elle est constituée des éléments de construction qui séparent thermiquement les locaux chauffés de l'extérieur du bâtiment (toiture, murs, sols). Le périmètre d'enveloppe est toujours continu et les mesures des dimensions sont prises côté extérieur des éléments.

FACTEUR DE FORME (A_{TH}/A_E):

Le facteur de forme est le rapport entre A_{TH} et A_E . Il influence la valeur limite pour les performances globales. Plus le facteur de forme est bas et plus la valeur limite est basse et inversement.

BESOIN DE CHALEUR ET EAU CHAUDE SANITAIRE (ECS):

Sur les fiches le besoin de chaleur chauffage + ECS (Q_{HW}) [kWh/m²] est indiqué en énergie utile. L'énergie utile représente l'énergie perdue par le bâtiment pour être maintenu en température et l'ECS consommée par les occupants.

L'atteinte du confort et d'un climat sain dans un bâtiment est gérée par la norme SIA 180:2014 : Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments.

VALEURS LAMBDA:

La conductivité thermique λ (lambda) d'un matériau représente le flux de chaleur qui passe en une seconde à travers une surface de 1 m² et une épaisseur de 1 m (autrement dit à travers un cube d'un mètre de côté), lorsqu'il y a une différence de température de 1°C (équivalent à un degré Kelvin) entre l'intérieur et l'extérieur. Son unité se donne en watts par mètre et Kelvin: W/(m.K)

Plus lambda est petit, moins le matériau laisse perdre de chaleur pour une même épaisseur.

VALEURS U:

La valeur U donne une information sur la performance d'isolation d'un élément de construction (mur, toit, plancher, porte, fenêtre...) Elle indique la quantité de chaleur qui passe en une seconde à travers une surface de 1 m² lorsqu'il y a une différence de température de 1°C entre l'intérieur et l'extérieur. L'unité de la valeur U se donne en watts par mètre carré et Kelvin: W/(m²K)

Plus la valeur U est petite, meilleure est l'isolation thermique et moins l'élément laisse perdre la chaleur. La valeur U d'un élément dépend de la conductivité thermique λ (lambda) des matériaux et de leurs épaisseurs, ainsi que des résistances superficielles intérieures et extérieures.

CONDITIONS NORMALES D'UTILISATION (COMPORTEMENT DE L'OCCUPANT):

La norme SIA 180:2014 définit les conditions normales d'utilisation (température, humidité) que l'utilisateur doit respecter à l'intérieur en aérant suffisamment. Les valeurs U limites spécifiées dans cette norme assurent alors l'absence de moisissures ou de condensation à l'intérieur des logements.

PERFORMANCES PONCTUELLES REQUISES (CALCUL PAR ÉLÉMENT):

Ce type de justification est utilisé pour les rénovations partielles. Chaque élément touché par une transformation, selon la norme SIA 380/1:2016, doit expressément respecter les valeurs isolantes U en W/m²K. Cette méthode ne permet pas de connaître les besoins de chaleurs globaux du bâtiment ni l'impact de chaque mesure d'assainissement sur les économies d'énergie.

PERFORMANCE GLOBALE REQUISE (BILAN THERMIQUE):

Les bilans thermiques se calculent selon la norme SIA 380/1:2016 : Besoins de chaleur pour le chauffage. La performance globale est utilisée lors de rénovations où certains éléments touchés par une transformation ne respectent pas les performances ponctuelles requises selon la norme SIA 380/1:2016 comme c'est le cas avec les crépis isolants extérieurs notamment. Le bâtiment doit alors atteindre la valeur limite par m² de A_e pour une transformation selon la norme SIA 380/1:2016 qui correspond à 150% de la valeur limite pour un bâtiment neuf. Les valeurs U ponctuelles requises de la norme SIA 180:2014 doivent être également respectées pour assurer une température suffisamment élevée des éléments d'enveloppe.

PERFORMANCES PONCTUELLES REQUISES (PROTECTION CONTRE L'HUMIDITÉ):

Si les valeurs U ponctuelles requises de la norme SIA 180:2014 sont respectées pour tous les éléments, elles permettent d'assurer la protection contre l'humidité à l'intérieur des logements aux conditions normales d'utilisation. L'absence d'apparition de moisissures ou de condensation sur les surfaces intérieures est alors garantie. Dans le cas contraire, une vérification de la physique du bâtiment est à réaliser par un spécialiste à l'aide d'outils adaptés.

ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ET RENOUVELLEMENT D'AIR:

Des inétanchéités à l'air peuvent créer des exfiltrations d'air intérieur humide, engendrant le risque d'avoir des quantités d'eau condensée importantes dans les éléments de construction concernés (l'air se refroidissant toujours plus en se dirigeant vers l'extérieur en hiver). Une enveloppe du bâtiment étanche avec une ventilation contrôlée permet d'avoir un climat intérieur sain et exempt d'une humidité trop élevée, source d'apparition de moisissures. Chaque bâtiment doit avoir un concept d'aération défini dès l'avant-projet (naturel ou mécanique) selon la norme SIA 180:2014.

VENTILATION SIMPLE-FLUX HYGRORÉGLABLE COMPLÈTE (3 COMPOSANTS REQUIS):

Des entrées d'air hygrorégulables acoustiques sont installées sur les fenêtres (ou caissons de stores) loin des zones d'occupation statiques (table à manger, séjour) avec des grilles anti-insectes à l'extérieur. Des filtres dans les entrées d'air doivent être évités dans toutes les situations, car ils se bouchent rapidement et favorisent les infiltrations d'air par les inétanchéités de l'enveloppe.

Des bouches d'extraction hygrorégulables sont installées dans les locaux sanitaires. L'extraction d'air est réalisée au moyen d'un ventilateur centralisé à consigne de dépression constante pour assurer une modulation continue des débits selon l'ouverture des bouches d'extractions. Les turbinettes de salles de bains sont à éviter, car elles sont bruyantes et ne permettent pas une modulation efficace des débits selon l'humidité ambiante. Selon certains critères de débit et d'utilisation, une récupération de chaleur peut être exigée.

Une ventilation double-flux avec récupération de chaleur devrait être privilégiée lors de présence de pollution extérieure due à une route ou à une voie ferrée, dans un environnement bruyant ou lorsque la récupération d'énergie est obligatoire.

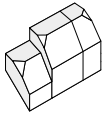
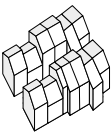

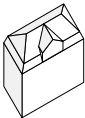
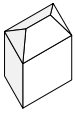
COMITÉ DE PILOTAGE:

Anne-Valerie Nahrath - DGE-DEN
Alberto Corbella - DGIP-MS
Stéphanie Schwab, Jean-Luc Rime,
Yanaelle Sciboz, Théo Perrelet, Jeff
Gaudard - HEIA-TRANSFORM
Blaise Perrisset - HEIG-LESBAT

RÉFÉRENCES:

Références panneaux photovoltaïques:
- Fiche G3: 3S Swiss Solar Solutions, MegaSlate Flair, siège de Schutz & Rettung, Zürich
- Fiche A1: Solstis, Oryon, Lutz architectes, Ecuvillens
- Fiche B1-C2-C3-C4-G1: Freesuns, VDiamond Terracotta, pavillon de piscine, Buchillon.
- Fiche F1: Megasol, Match Tile, Maison multifamiliale, Effretikon
- Fiche F3: Ville de Lausanne, Végétations et panneaux solaires.
- Fiche G2: Arres, Arres 3.0 Premium L, Giebenach (BL)
- Images aériennes: Google Earth Pro.

INDEX

	A RURAL ISOLÉ XVIII ^e - XIX ^e	A1 Façade crépie A2 Façade crépie	Note 3 INV Note 2
	B MAISON VILLAGEOISE XVIII ^e - XIX ^e	B1 Façade crépie B2 Façade crépie	Note 3 INV Note 2
	C IMMEUBLE CONTIGU CENTRE HISTORIQUE XVIII ^e SITE ISOS	C1 Façade crépie C2 Façade crépie C3 Façade pierre C4 Façade pierre	Note 4 INV Note 2 Note 3 INV Note 2
	D VILLA URBAINE fin XIX ^e début XX ^e	D1 Façade crépie D2 Façade crépie	Note 3 INV Note 2
	E IMMEUBLE DE RAPPORT fin XIX ^e début XX ^e	E1 Façade crépie E2 Façade crépie	Note 3 INV Note 2
	F ILOT URBAIN début XX ^e	F1 Façade crépie F2 Façade crépie F3 Façade pierre / simili F4 Façade pierre / simili	Note 3 INV Note 2 Note 3 INV Note 2
	G IMMEUBLE LOCATIF début XX ^e	G1 Façade crépie 1900 G2 Façade crépie 1900 G3 Façade crépie 1930 G4 Façade crépie 1930	Note 3 INV Note 2 Note 3 INV Note 2
	H BARRE LOCATIVE	H1 Béton apparent H2 Béton apparent H3 Façade préfabriquée H4 Façade préfabriquée	Note 3 INV Note 2 Note 3 INV Note 2
	I TOUR LOCATIVE	I1 Béton apparent I2 Béton apparent I3 Façade préfabriquée I4 Façade préfabriquée	Note 3 INV Note 2 Note 3 INV Note 2
	J ADMINISTRATION	J1 Façade rideau J2 Façade rideau	Note 3 INV Note 2