

Zeitschrift:	Ingénieurs et architectes suisses
Band:	126 (2000)
Heft:	22
Artikel:	Rénovation de façade légère: quelques points de repère par rapport aux critères du développement durable
Autor:	Piguet, Christophe
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-81531

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.02.2026

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

Rénovation de façade légère: quelques points de repère par rapport aux critères du développement durable

(RÉNOVATION)

D'un point de vue formel, la façade rideau s'est progressivement dématérialisée sous l'impulsion de Mies Van der Rohe puis de différents virtuoses contemporains [1]¹. Elle se décline alors au gré des apparences changeantes de l'élément principal mis en avant: le verre, qui suscite des impressions aussi contradictoires que la transparence ou l'effet de miroir, la fragilité dans l'intemporalité, la légèreté alliée à la monumentalité... A une époque où il est bon d'être «tout à la fois», l'aspect caméléon de ce matériau focalise toutes les attentes des maîtres d'ouvrage et par conséquent des spécialistes de la façade. Sous la pression de ces différents acteurs, la façade rideau est l'objet de progrès considérables dans les performances du vitrage, de l'ossature et des fixations. Cette évolution technique qui élargit également le champ expressif, accélère l'obsolescence potentielle des façades légères construites voici une trentaine d'années. Faut-il dès lors se débarrasser de ces façades vieillissantes et les remplacer par les dernières options techniques ou, au contraire, les conserver en les améliorant?

À travers la thématique bien circonscrite de la rénovation de façade, notre intention est de considérer ce «rideau de verre» si séduisant dans la perspective du développement durable². Objet de la première partie de l'article, l'analyse d'un bâtiment construit selon le système CROCS (Centre de recherche et d'organisa-

tion des constructions scolaires) permet de recenser les différentes contraintes spécifiques à l'enveloppe, tandis que la seconde partie présente une comparaison de différentes stratégies de rénovation de façades, qui intègre notamment l'analyse du cycle de vie (LCA, «Lifecycle assessment»).

Financée par la SATW (Académie suisse des sciences techniques), la recherche³ à la base de cet article a été réalisée en 1999 dans le cadre du Master européen en architecture et développement durable à l'EPFL.

Le système CROCS ou le principe de précaution

Développé et mis en œuvre dans les années septante à Lausanne, le système CROCS a été retenu comme support d'analyse et s'est révélé approprié aux objectifs de cette étude. D'une part, ce choix offrait un accès aisément à une série de bâtiments construits selon les mêmes principes et dont les éléments de façade, avec les différentes rénovations qu'ils ont subies depuis, peuvent très facilement être comparés. D'autre part, pour la plupart réalisés avant 1973, ces bâtiments sont

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

² «Le développement durable est un développement social, économique et politique qui répond aux besoins présents sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leur propre développement.» (Commission mondiale sur l'environnement et le développement, ONU, «Rapport Brundtland», 1988)

³ CHRISTOPHE PIGUET: «Façade rideau existante: diagnostic et bilan de stratégies de rénovation», Mastère européen en architecture et développement durable, Université catholique de Louvain-EPFL, 1993.



représentatifs d'une époque caractérisée par une confiance démesurée dans la capacité de l'homme à maîtriser son environnement (en 1969, on marchait sur la lune!). La soudaine crise pétrolière lézarde cette forteresse de certitudes et dévoile aux pays industrialisés la fragilité du système en même temps que l'ampleur d'une dépendance énergétique quasi insoupçonnée jusque-là³.

Séduits par les hauts rendements atteints dans le domaine industriel, les concepteurs du système CROCS ont voulu appliquer les mêmes méthodes au bâtiment. Bien que très critiqués par la suite - notamment de la part de leurs confrères, sans doute vexés d'avoir été confinés au rang «d'architecte d'opération»⁴ -, leur effort pour optimiser la production et le montage de l'ensemble des parties du bâtiment (structure porteuse, cloisonnement, enveloppe), tout en y ajoutant le concept de flexibilité des espaces dans le temps, s'est avéré cohérent de ce point de vue. Envisagée comme un grand mécano, la structure porteuse se montait en effet en quelques jours; démonstration par les faits de la maîtrise des planificateurs qui se faisaient fort, selon un slogan sorti tout droit de l'usine, de «construire mieux, plus vite et moins cher».

Trente ans plus tard, quel bilan peut-on tirer d'une telle stratégie? Justifiée à l'époque par la réduction des coûts et la création d'espaces modulaires facilitant les adaptations futures, le soin mis à rationaliser la construction s'est fait au détriment des contraintes de confort et de maintenance. Par un cruel retour de bâton, celles-ci pèsent maintenant de tous leurs poids dans l'exploitation de ces bâtiments (tableau 1). En effet, la logique délibérément interne de cette architecture fait peu cas du contexte: la prise en compte de paramètres extérieurs forcément changeants y est relayée par des dispositifs parallèles, tels que la ventilation mécanique (parfois la climatisation), l'éclairage artificiel généralisé ou des stores automatisés notamment. Cette approche dichotomique des problèmes présente les défauts suivants:

- elle réduit les occasions de cordonner les choix afin de trouver des synergies entre implantation, typologie, matériaux et technique;
- elle conforte dans l'illusion que «tout est possible», incitant à une «fuite en avant» par l'ajout d'équipements;
- elle cautionne la mise en place de systèmes peu fiables, car leur fréquente hypertrophie augmente le risque d'accumuler les maillons faibles.

³ Le Club de Rome se penche pourtant déjà sur la question en 1968 dans son 1^{er} rapport: «Halte à la croissance».

⁴ L'architecte mandaté devait suivre les prescriptions définies par le CROCS et perdait ainsi une partie de ses compétences de projetEUR (cahier des charges du CROCS).

Tableau 1

DIAGNOSTIC ÉNERGÉTIQUE: RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS	
Volumétrie très compacte du bâti avec un bon rapport surfaces chauffées/surfaces façades	▶ Réduit les pertes de transmission malgré la faiblesse de l'enveloppe
Equipements de ventilation et de distribution fortement sollicités par les besoins annuels de la piscine	▶ Augmente les pertes dans le bâtiment omnisports
DIAGNOSTIC CONSTRUCTIF	
Usures éléments mobiles et joints: ouvrants, stores, poignées. Panneaux éternit dégradés, condensation dans vitrages possible	▶ Remplacement partiel éléments très exposés
Ossature aluminium encore en parfait état	▶ Conservation ossature
DIAGNOSTIC CONFORT THERMIQUE ÉTÉ/HIVER LIÉ AU BÂTIMENT	
Inertie médiocre en raison de la construction préfabriquée et de sa façade légère	▶ Risque de surchauffe élevé déjà en mi-saison
Inétanchéité à l'air due à la multiplication des joints, température très basse des éléments de façade (vitrage, cadres alu non-thermo-coupés)	▶ Sensation de froid en hiver
DIAGNOSTIC CONFORT THERMIQUE ÉTÉ/HIVER LIÉ AU PROGRAMME	
Apports de chaleur internes élevés, engendrés par les élèves ainsi que par les luminaires	▶ Augmentation risque surchauffe
Période de vacances scolaires durant l'été	▶ Réduit l'acuité du problème de surchauffe
DIAGNOSTIC CONFORT VISUEL: TYPOLOGIE D'ÉCLAIRAGE	
Volumétrie compacte avec un système de distribution central	▶ Eclairage artificiel des espaces de circulations à toute heure de la journée
Espaces de classe caractérisés par un éclairage mono latéral Hauteur modeste du local (3 m) par rapport à la profondeur (8,4 m)	▶ Répartition de la lumière peu homogène Autonomie en lumière naturelle médiocre

Convaincus de la supériorité de la technique, les concepteurs du système CROCS ont donc jugé superflu d'appliquer le «principe de précaution»⁵ selon lequel il vaut mieux éviter les problèmes que les résoudre.

L'analyse du cycle de vie comme méthode d'évaluation

«Votre alliance pèse trois tonnes»⁶! Ce raccourci provocateur illustre l'enjeu qui se cache derrière la notion de bilan

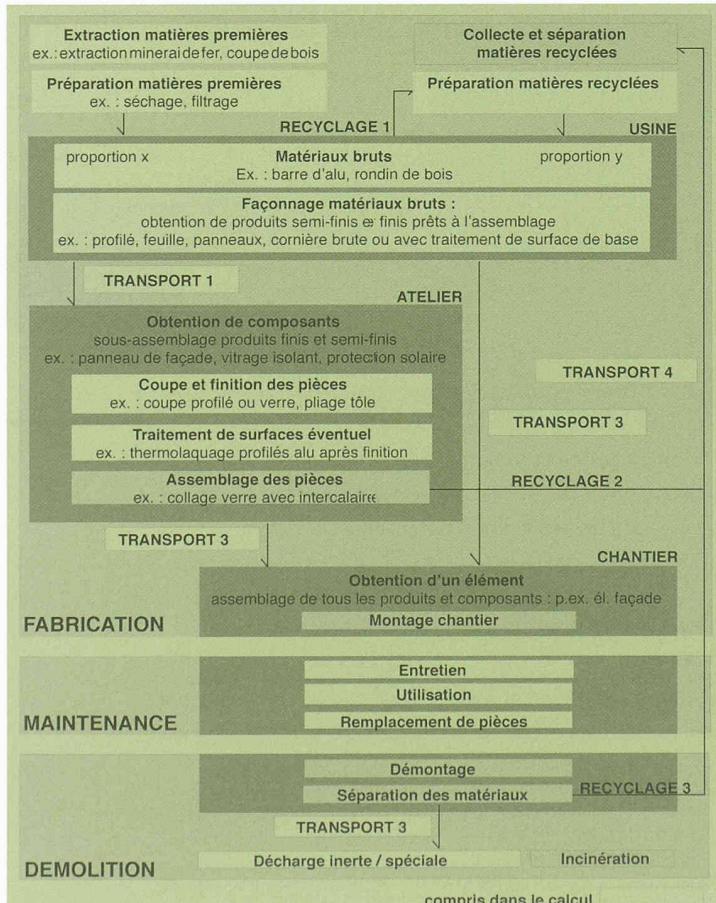
⁵ Élément sous-jacent au concept du développement durable, ce principe est particulièrement d'actualité dans le secteur alimentaire (PHILIPPE KOURILSKY et GENEVIÈVE VINET: «Le principe de précaution», éd. Odile Jacob, 2000)

⁶ VON WEIZSÄCKER E. U., LOVINS A. B. et L. H.: «Facteur 4, Terre vivante», p. 259, 1997

Tableau 2

STRATÉGIES	IMPLICATIONS
Maintenance: remplacement des stores et des bandeaux d'allège, remise en état des joints.	Peu d'impact sur le bâtiment Rentabilisation médiocre de l'échafaudage. Ne garantit pas contre le vieillissement accéléré des éléments de façade conservés et l'apparition à court terme de nouveaux problèmes.
Amélioration ponctuelle: remplacement store, allège et isolation, remise en état des joints	Ne touche pas à l'acrotère ni aux raccords intérieurs et permet donc une intervention par étapes. Adaptation du nouveau vitrage aux cadres existants délicate (ouvrants sans parclose). Ne garantit pas contre le vieillissement accéléré des éléments de façade conservés et l'apparition à court terme de nouveaux problèmes. Se justifie si la façade est en bon état.
Amélioration globale; DP1 et DP2: ajout d'un deuxième écran devant la façade existante conservée	Raccord toiture obligatoire mais intervention à l'intérieur facultative; permet donc une intervention par étapes. Etude soigneuse des accrochages. Solution contraignante au niveau de la disposition des ouvrants et des fixes tributaires de la disposition de la façade d'origine, la difficulté réside dans la nécessité d'assurer une bonne ventilation du canal tout en réduisant au maximum les parties mobiles.
Transformation: remplacement complet de la façade d'origine par une nouvelle façade	Intervention nécessaire sur radiateur, électricité, dimensionnement du chauffage, ventilation, raccord toiture Permet difficilement une intervention par étapes. Etude simplifiée pour l'adaptation à l'existant. Se justifie dans la mesure où la façade existante ne peut être conservée en raison de son état.

Tableau 3



écologique: montrer que tout produit, même le plus anodin ou le plus familier, nécessite d'un côté de l'énergie et génère de l'autre différents rejets. Quel est donc le «poids écologique» d'une rénovation de façade rideau?

Pour toutes les phases du cycle - de la construction à la démolition en passant par la maintenance (besoins en chauffage calculés par LESOSAI 4) - il s'est agi d'évaluer la quantité d'énergie non renouvelable⁷ consommée, les coûts générés ainsi que la quantité et la destination finale des déchets produits pour chaque variante de rénovation et ce, dans un laps de temps défini [2], [3], [4], [5], [6], [7].

A cette fin, les quatre stratégies de rénovation de façades décrites dans le tableau 2 ont été transposées sur le bâtiment scolaire de la Vallée de la Jeunesse de la façon suivante: pour chaque variante, l'inventaire des éléments constitutifs du module de base a été dressé en s'appuyant sur les plans d'exécution (jusqu'à l'échelle 1/1) et les descriptifs de la façade d'origine de ce bâtiment scolaire, ainsi que sur ceux de la rénovation lourde du bâtiment de Côteau-Fleuri. Les quantités de matières calculées pour ce module ont ensuite été extrapolées à la façade dans son entier. Les ordres de grandeur ainsi obtenus confirment ce qui est déjà apparent au niveau du dessin:

- les cadres alu thermo-coupés de la nouvelle façade, plus profonds et plus larges, pèsent presque le double des cadres de la façade d'origine sans thermo-coupe et constituent le principal facteur d'accroissement de poids (façade d'origine: 33,5 kg/m²; nouvelle façade: 41,6 kg/m²);
- le verre contribue grandement au poids des différentes variantes; une part qui s'élève à quelque 62 % avec le vitrage de 8 mm d'épaisseur retenu dans la DP1 (tableau 4).

Limites du système

Pour le calcul de l'énergie non-renouvelable consommée, le nombre et le type des processus - transports compris - sont décrits dans le tableau 3. En l'absence d'information, certaines étapes ne sont pas comprises dans le calcul (en grisé dans le tableau)⁸.

La limite temporelle de l'analyse a été fixée aux quarante ans qui suivent la rénovation. Un scénario de maintenance a été défini, dans lequel on a jugé crédible de devoir remplacer les stores tous les quinze ans compte tenu de leur état

⁷ La notion plus connue d'«énergie grise» représente l'addition des énergies renouvelables et non renouvelables nécessaires à la fabrication d'un produit.

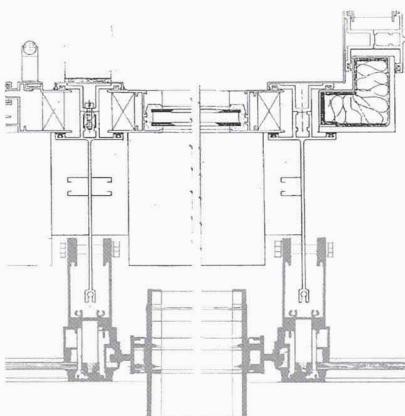
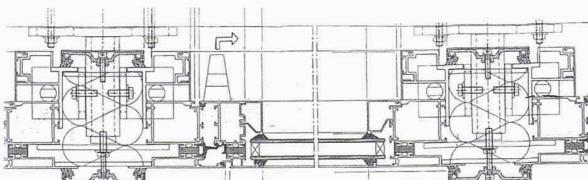
⁸ Il s'agit pour l'essentiel, de travaux mécaniques. Moins gourmands en énergie que des travaux thermiques (tels le thermolaquage, la production de verre plat, etc.), ils ne devraient pas influencer de manière significative les résultats.

Tableau 2: Stratégies de rénovation avec leurs implications

Tableau 3: Evolution des profils de façade légère en vingt-cinq ans (échelle identique)

Tableau 4: Nombre et type de processus

Tableau 4

COUPE HORIZONTALE SUR PROFILÉ	VARIANTES RÉNOVATION	MATIÈRES AJOUTÉES
	Détail façade d'origine Vallée de la jeunesse	Façade maintenue 6,3 kg/m²
		Façade améliorée 18,7 kg/m²
	Détail écran ajouté	Façade DP1 26,4 kg/m²
		Façade DP2* 42,3 kg/m²
	Détail façade nouvelle Coteau Fleuri	Façade nouvelle 41,6 kg/m²

*La différence de poids entre les deux variantes DP est due aux panneaux en laine de bois ajoutés dans la DP2 pour augmenter l'inertie de la façade et qui font de cette dernière la variante la plus lourde.

actuel dégradé douze ans seulement après leur remplacement en 1987. On a en outre considéré l'effet protecteur de la double peau sur la façade d'origine et les stores, raison pour laquelle la maintenance est plus restreinte dans cette variante.

L'estimation des quantités de déchets englobe les déchets finaux de la façade, le remplacement des éléments au cours de la maintenance ainsi que les casses et pertes engendrées durant la fabrication en atelier. Sur les indications d'un bureau spécialisé dans la gestion des déchets et afin de pondérer une production de déchets différemment répartie dans le temps en fonction des variantes, deux taux de recyclage différents sont introduits: le recyclage actuel et un recyclage futur considéré comme plus efficace⁹.

⁹ Avec l'aide du bureau BIRD à Lausanne, les choix suivants ont été faits:

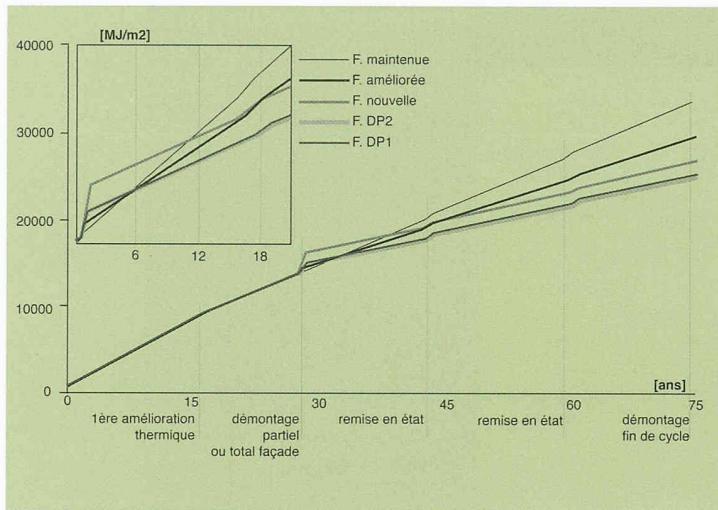
- le verre plat actuellement non recyclé parce qu'il n'y a pas d'usine de production en Suisse finit en décharge; techniquement possible, je considère que son recyclage sera assuré à 100% dans quarante ans;
- les métaux actuellement recyclés à 85% le seront à 100%;
- les matériaux combustibles ne seront plus mis en décharge mais incinérés;
- l'isolation de type laine de pierre, déjà techniquement recyclable, mais qui ne bénéficie pas pleinement de cette possibilité sera recyclée à 100%;
- le bois actuellement incinéré à 90%, sera recyclé à 50% pour l'aggloméré.

Pour les coûts de construction, un descriptif selon la méthode CFE a été soumis à une entreprise de construction de façades qui a effectué une estimation de prix pour chaque variante. L'analyse dans le temps des implications financières intègre les coûts suivants:

- les coûts de la rénovation,
- les coûts de remise en état (selon scénario maintenance),
- les coûts du nettoyage des vitrages,
- les coûts de l'énergie nécessaire au chauffage.

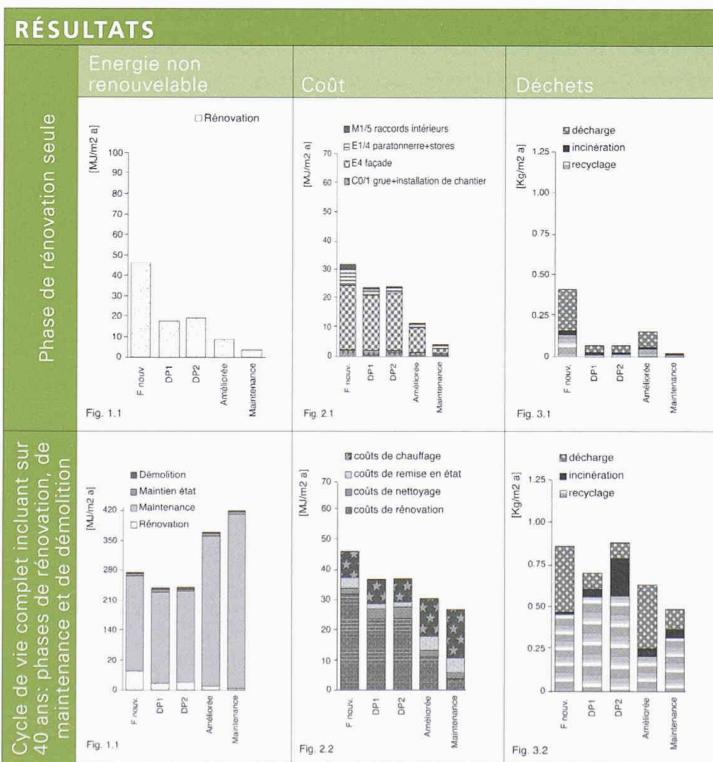
Evolution des priorités énergétiques

Le résultat du cumul des énergies sur quarante ans pour les quatre variantes de rénovation (fig. 3) illustre le renversement qui s'opère au niveau des priorités énergétiques: à efficacité égale pour le bilan thermique, c'est l'intervention la plus économique en matière qui donne les meilleurs résultats; cela revient à dire qu'une rénovation lourde (type Côteau-Fleuri effectuée en 1994) et présentée comme exemplaire du point de vue énergétique, n'amortit l'énergie consommée lors de la réalisation des travaux qu'au bout de plusieurs années. Le phénomène décrit ici n'est pas éphémère, il va même se renforcer à l'avenir au fur et à mesure que l'efficacité des systèmes de chauffage et d'isolation augmentera. Ainsi, lorsque le bâtiment est peu efficace thermiquement (dans la varian-



te «maintenance minimum», par exemple), la part de l'énergie non renouvelable pour le chauffage est si élevée qu'il est relativement aisé de rentabiliser rapidement l'investissement énergétique effectué pour améliorer le bâtiment. Par contre, plus le bâtiment considéré est satisfaisant au niveau du bilan thermique de chauffage (variante «nouvelle», par exemple), plus l'importance de l'énergie injectée dans la phase de construction devient décisive pour le bilan énergétique global.

Tableau 5



On a donc affaire à un processus dynamique qu'il est important d'évaluer en intégrant tous les paramètres significatifs.

Interdépendance des différents impacts

Le tableau 5 met en parallèle les impacts (énergie, coût, déchets) engendrés durant la phase de rénovation avec ceux sur l'ensemble du cycle et suscite plusieurs comparaisons.

Dans la phase de rénovation, la variante dite «nouvelle» produit le plus de déchets et, sur l'ensemble du cycle, les variantes «DP» autorisent un recyclage des matériaux plus efficace (plus de 60%) que les solutions «nouvelle» et «améliorée». Cela confirme l'intérêt de retarder à la fin du cycle la production des déchets (fig. 3.1 et 3.2 du tableau 5). Toujours dans la phase de rénovation, la quantité d'énergie engloutie par la façade «nouvelle» représente au moins le double de celle des autres variantes, bien que les quantités de matières mises en œuvre soient parfois très proches (nouvelle: 92 t, DP2: 93 t), un écart qui souligne le poids énergétique de l'aluminium (fig. 1.1 du tableau 5). Enfin, comparées aux autres solutions, les variantes «DP» sont plus performantes dans cette même phase au niveau des impacts énergétiques qu'au niveau des coûts (fig. 1.1 et 2.1 du tableau 5). De même, dans le cycle complet, on constate que les variantes les plus économies en énergie sont les plus chères (fig. 1.2 et 2.2 du tableau 5). Toujours dans ces deux graphes, le poste rénovation correspond sur l'ensemble du cycle à la part des coûts la plus importante, alors que l'énergie nécessaire pour cette même phase ne représente qu'une fraction très modeste du total de l'énergie consommée.

Tous ces éléments témoignent d'une tendance largement acceptée dans nos sociétés développées: le coût n'est pas en relation étroite avec la matière et l'énergie mais plutôt avec la main-d'œuvre. Quels effets entraîne cette orientation prise par notre société et serait-il judicieux d'inverser la tendance?

Tout d'abord, sur la base des indicateurs économiques actuels¹⁰, l'analyse des coûts cumulés en quarante ans (fig. 2.2 du tableau 5) montre que l'investissement consenti pour une rénovation de façade ne saurait être rentabilisé par les gains énergétiques espérés: dans ce cas, l'*«équilibre»* actuel encourage le statu quo (voir variante «maintenance minimum»).

L'augmentation du prix du pétrole nous rappelle cependant que nous n'avons aucune prise sur des paramètres de géopolitique qui provoquent des hausses brutales des cours qu'il faut «encaisser» sans délai. En intégrant dès à présent dans

¹⁰ Le prix de l'énergie retenu est celui du chauffage à distance de Lausanne pour 1998, soit: 2,17 ct/MJ (taux d'actualisation 1,5%).

les coûts la rareté future des réserves fossiles, on permettrait pourtant à la société de se «préparer» à des lendemains moins favorables: cela aurait pour effet de rapprocher la structure des coûts, illustrée par la figure 2.2 du tableau 5, de celle de l'énergie - figure 1.2 - en réduisant l'importance actuelle démesurée des coûts de rénovation par rapport à l'ensemble du cycle, tout en favorisant les meilleures solutions du point de vue énergétique. A terme, cette anticipation pourrait se révéler salutaire, tant du point de vue social qu'économique.

Le développement durable ou comment réapprendre les vertus de la mesure

L'étude présentée s'est efforcée de rendre intelligibles les étapes de transformation de la matière, puis de démontrer que les ressources nécessaires à une rénovation de façade peuvent grever de manière significative le bilan écologique global. Ce type de démarche est d'autant plus pertinent aujourd'hui, que le discours dominant - quoi qu'en dise - érige en valeur absolue la logique du profit immédiat.

Par conséquent, le secteur secondaire, dans sa grande majorité, se développe dans deux directions: d'une part, il investit massivement dans le transfert des forces de production de la main-d'œuvre humaine, trop chère et perfectible, vers des chaînes de fabrication automatisées capables de produire à un rythme élevé pour un coût moindre (la délocalisation est une variante induisant des transports). D'autre part, il se tourne vers des objets dont il est facile de se défaire et réduit son analyse à l'étroite limite où il compte engranger des gains sans se préoccuper des retombées hors de ce champ. En bout de chaîne et sans repère, le consommateur est exhorté à l'achat de produits, tous plus écologiques que les autres, sans qu'il soit toutefois possible d'évaluer l'emploi (immodéré ou non) de ressources pourtant taris-sables, ainsi que les impacts de leur fabrication sur l'environnement.

Par son appel à un engagement solidaire entre les générations, le concept de développement durable prend ainsi l'exact contre-pied de ces stratégies qui fondent leurs légitimités sur l'hypothèse d'une indépendance de la sphère économique vis-à-vis de la nature et de la société. Malheureusement encore trop peu exploré en raison de la distorsion actuelle du marché, le domaine de la rénovation prend sous cet angle une lumière particulière: nécessitant un effort d'adaptation à l'existant, il remet au premier plan le travail «artisanal», qui encourage des solutions sur mesure et novatrices en favorisant l'activité locale, et s'apparente à une forme de «service après-vente».

Si la façade d'origine s'y prête, l'alternative «DP» représente ainsi une bonne illustration de ce qui est possible: exigeant un diagnostic fin faisant appel à des spécialistes, cette solution offre en retour un bon potentiel dans l'optique du développement durable et d'une «productivité de la matière». Les synergies qu'elle permet sont multiples: outre ses bonnes performances générales aux niveaux thermique et de confort¹¹, elle rentabilise la façade existante et prolonge sa durée de vie en la protégeant des intempéries; cela est particulièrement intéressant pour les stores qui - en raison des besoins thermiques et visuels spécifiques du programme scolaire - sont souvent mis à contribution dans les façades CROCS et très exposés vu leur largeur importante imposée par le module de la façade.

Bibliographie:

- [1] PFANMATTER U.: «Der Siegeszug des Glases», *SI+A* 51/52, décembre 98
- [2] EMPA, SZFF: «Oekologische Bewertung von Fensterkonstruktionen verschiedener Rahmenmaterialien», 1996
- [3] EMPA: «Oekologische Bewertung von Wärmeschutzgläsern, im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft; Forschungsprogramm "Rationelle Energienutzung in Gebäuden"», 1996
- [4] PÖLL & KASSER: «Harmonisierung von Grauenergiедaten im Baustoffbereich», 1998
- [5] WEIBEL T. & STRITZ A.: «Oekoinventare und Wirkungsbilanzen von Baumaterialien, Grundlagen für den Oekologischen Vergleich von Hochbaukonstruktionen», ESU-Reihe Nr. 1/95, Institut für Energietechnik, ETHZ, 1995
- [6] Weimann-Energies SA: «Assainissement des façades, Rapport de synthèse; Poids et mesures, le Mont-sur-Lausanne, Laboratoire cantonal, Epalinges, 1999
- [7] FAIST A.: «La façade double peau», EPFL, Institut de technique du bâtiment, département d'architecture, 1998

¹¹ Pour le confort thermique et visuel, différentes simulations avec les logiciels *Dial*, *LESOCOOL*, *TQV*, *DPFétanche* et les données météorologiques *METEONORME*, mettent en lumière l'importance considérable que les éléments mobiles, tels qu'ouvrants et stores, prennent dans la régulation de la température intérieure: ils peuvent à la fois assurer la ventilation nocturne, la protection contre les surchauffes en été, ainsi que l'augmentation, en hiver, de la température de surface du vitrage durant la nuit.