

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 126 (2000)
Heft: 15/16

Artikel: Evaluation multicritères des stratégies de rénovation de bâtiments administratifs
Autor: Rey, Emmanuel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-81510>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

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

Evaluation multicritères des stratégies de rénovation de bâtiments administratifs

(ARCHITECTURE)

L'observation du marché de la construction témoigne depuis quelques années d'une demande accrue dans le domaine de la rénovation de bâtiments existants. Souvent inadaptés aux exigences actuelles, parfois mal construits, ceux-ci orientent la pratique architecturale vers de nouvelles interrogations en requérant la mise en place d'approches spécifiques. Parallèlement, les préoccupations d'ordre environnemental, qui se sont accrues depuis la crise pétrolière des années septante pour aboutir au concept de développement durable, confrontent la recherche de la qualité architecturale à une meilleure adéquation avec ses principes physiques. Aujourd'hui, le projet de rénovation poursuit donc un objectif d'optimisation globale de l'édifice, qui se manifeste non seulement au niveau de l'esthétique, mais aussi en termes d'économie d'énergie, d'amélioration du confort et de maîtrise des coûts. Dans ce contexte, le praticien est fréquemment amené à multiplier les comparaisons entre les différents scénarios possibles. Dans l'optique de structurer ce processus de choix, une recherche réalisée dans le cadre du Master européen en architecture et développement durable - avec le soutien de l'Académie suisse des sciences techniques et du Fonds national pour la recherche énergétique - s'est attachée au développement d'une méthode d'évaluation multicritères pour la rénovation des bâtiments administratifs¹.

Attitudes architecturales face à l'existant

Tout bâtiment est confronté au cours de son cycle de vie à un processus de vieillissement. Celui-ci se manifeste tant au niveau constructif par des dégradations (obsolescence physique) qu'au niveau fonctionnel par l'apparition d'inadapta-

tions à l'usage (obsolescence fonctionnelle). Des travaux réguliers de maintenance et d'entretien permettent de modérer les assauts du temps, mais il est inévitable que le bâtiment subisse à intervalles réguliers des interventions plus lourdes. La durée de vie des éléments constitutifs du bâtiment est cependant très variable. Dans les immeubles administratifs en particulier, elle s'étend de quelques mois pour certains aménagements intérieurs à plus de vingt ans pour les éléments de façades. La nécessité d'intervenir sur ces derniers étant généralement déterminante, la durée d'un cycle de rénovation peut être estimée à environ 25-30 ans.

Les interventions effectuées à cette occasion peuvent revêtir des objectifs et des localisations très divers. Visant tant l'accroissement de la valeur du bâtiment que son adaptation à de nouveaux standards, elles peuvent concerner en effet l'aménagement intérieur (cloisonnements, mobilier), l'enveloppe (toiture, dalles, façades) ou encore les installations techniques (chauffage, ventilation, refroidissement, éclairage artificiel). La complexité qui en résulte rend nécessaire d'en structurer l'approche par une notion englobante, à savoir celle de *stratégie de rénovation*. S'inscrivant dans la logique conceptuelle du projet, celle-ci peut être définie essentiellement à partir de l'attitude architecturale adoptée face au bâtiment existant. Plus précisément, elle se caractérise par l'option retenue face à la substance initiale et par le degré de modification induit. L'examen de multiples projets montre que, dans le cas des immeubles administratifs, c'est généralement la prise de position face à la façade existante qui est la plus significative, une coordination ultérieure n'intervenant qu'ensuite au niveau des installations techniques².

Dans ce sens, trois types de stratégies peuvent être principalement identifiés :

- la *stratégie d'assainissement*, qui se traduit par une série d'interventions ponctuelles ne modifiant pas fondamentalement la substance ni l'aspect du bâtiment;
- la *stratégie de remplacement*, qui fait intervenir la substitution complète de certains éléments, transformant à la fois la substance et l'aspect du bâtiment;

¹ REY E.: «Stratégies de rénovation de bâtiments administratifs. Approche multicritères d'une problématique architecturale et technique», Master européen en architecture et développement durable, Université Catholique de Louvain - EPFL, 1999 (Un résumé peut être consulté à l'adresse <http://lesomail.epfl.ch/education/Erey/relye.html>)

² DELLA CASA F.: «L'art de faire réapparaître un bâtiment» IAS, No 15/16, 1999, pp. 258-264

Fig. 2 : Définition des indices de concordance et de discordance en fonction des seuils de préférence (pi), d'indifférence (qi) et de veto (vi)

CRITÈRES	INDICATEURS	UNITÉS	JEUX DE POIDS			
			P1	P2	P3	P4
D'ordre environnemental			1/3	2/3	1/6	1/6
Energie de chauffage	IDEch	MJ/m ² a	1/9	2/9	1/18	1/18
Energie électrique	IDEél	MJ/m ² a	1/9	2/9	1/18	1/18
Emissions GWP	GWP	Kg _{eq} CO ₂ /m ²	1/18	1/9	1/36	1/36
AP	AP	Kg _{eq} CO ₂ /m ²	1/18	1/9	1/36	1/36
D'ordre socio-culturel			1/3	1/6	2/3	1/6
Confort thermique estival	Kh	K	1/9	1/18	2/9	1/18
Confort visuel - Lumière naturelle	FLJ	%	1/18	1/36	1/9	1/36
Eclairage artificiel	S	%	1/18	1/36	1/9	1/36
Confort acoustique	NB	dB	1/9	1/18	2/9	1/18
D'ordre économique			1/3	1/6	1/6	2/3
Coûts de rénovation	C	Frs/m ²	1/6	1/12	1/12	1/3
Frais de fonctionnement	F	Frs/m ² a	1/6	1/12	1/12	1/3

- la *stratégie de double peau*, qui consiste à assainir partiellement la façade existante et à y apposer un écran vitré, métamorphosant ainsi fortement l'aspect du bâtiment, mais maintenant simultanément sa substance originelle.

Pour cette dernière stratégie, relevons que plusieurs types d'approches peuvent théoriquement être envisagés. Toutefois, compte tenu de la typologie usuelle des bâtiments administratifs existants et du nombre généralement élevé de niveaux, seul un dispositif fonctionnant étage par étage, c'est-à-dire présentant un risque acceptable de surchauffe en situation estivale, a été considéré ici³.

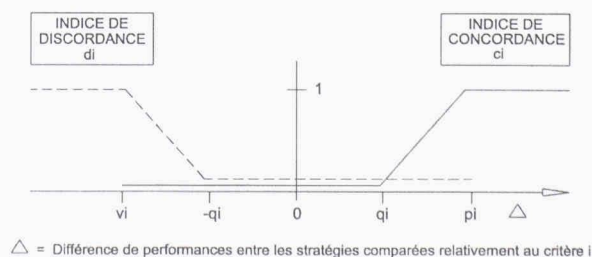
Développement d'une méthode d'évaluation multicritères

Outre leur impact architectural, ces différentes stratégies présentent également de grandes variations en termes de performances et d'adéquation au bâtiment existant. La méthode d'évaluation multicritères développée dans le cadre de la recherche précitée vise précisément à modéliser un processus de comparaison prenant en compte ces multiples variations.

La première étape de ce processus réside naturellement dans le choix des critères de comparaison. Dans ce domaine, les récentes études portant sur la définition de critères déterminants pour le *développement durable* font intervenir un nombre très élevé de notions. Il en résulte une arborescence relativement complexe, qui présente de nombreuses

interactions et débouche sur la définition de plus d'une soixantaine de critères⁴. Au-delà de cette multiplicité, l'élément le plus significatif est cependant le principe de base régissant cette vaste arborescence, à savoir la définition de trois grandes familles de critères, respectivement d'ordre *environnemental*, *socio-culturel* et *économique*. Reprenant ce principe, la méthode exposée ici se base sur une sélection de dix critères, répartis de manière homogène dans les trois catégories définies.

Lorsque plusieurs critères de comparaison sont considérés simultanément, la désignation de la variante *globalement* la plus performante s'avère toutefois difficile. Il est en effet fréquent que le classement varie en fonction du critère considéré. Pour obtenir une comparaison globale, il est donc nécessaire d'effectuer une agrégation des résultats obtenus. L'originalité a été de ne pas recourir à une *fonction d'utilité* classique (comparaison au travers d'une agrégation totale), mais d'opter pour une comparaison entre stratégies, fondée sur un principe d'*agrégation partielle*, en se basant sur l'algorithme de calcul des méthodes *ELECTRE*. Fréquent dans les sciences de l'environnement, ce type d'approche a par exemple été retenu pour comparer différents bâtiments dans



³ FAIST A. et al.: «La façade double peau», EPFL-DA, Institut de technique du bâtiment, Lausanne, 1998

⁴ Sia Koordinationsgruppe Nachhaltigkeit: «Kriterien für nachhaltiges Bauen», Bericht der Phase 1, Zollikon, 1999



le cadre du projet européen OFFICE⁵: il présente l'avantage d'offrir un classement plus subtil et une modélisation plus proche du processus adopté implicitement par un décideur.

La démarche n'attribue pas de note globale aux différentes variantes comparées, mais les classe en les comparant deux par deux et critère par critère. Elle se caractérise notamment par la définition, pour chaque critère, de trois *seuils* (indifférence, préférence, veto) qui permettent de tenir compte de l'intensité de la différence entre deux performances (fig. 2), et par l'application de quatre *jeux de poids* distincts, qui

⁵ ROULET C.-A. et al.: «ORME: office building rating methodology», OFFICE Project, Lausanne, 1999

⁶ SCHAERLIG A.: «Pratiquer Electre et Prométhée. Un complément à décider sur plusieurs critères», Lausanne, PPUR, 1996

⁷ Les évaluations des différents critères ont été réalisées à l'aide de relevés de consommations, de logiciels de simulations (Lesokai, Lesosai, Lesocool, Relux, Dial, Acousalle) et d'estimations avec des entreprises spécialisées.

⁸ DE HERDE A. et al.: «Office buildings: evolution of the building type», SOLINFO Project, UCL - Centre de Recherches en Architecture, Louvain-la-Neuve, 1994

⁹ MOREL C.: «Architecture et développement durable» IAS, No 3, 1998, pp. 14-15.

débouchent sur plusieurs classements en fonction de la pondération variable accordée aux groupes de critères (fig. 1). La hiérarchisation des variantes est ensuite obtenue à l'aide d'un programme informatique spécifique, le logiciel ELECTRE III. Celui-ci calcule automatiquement un *indice de concordance global*, qui compare chaque paire de stratégies et établit le classement final au travers d'une double *distillation* de ces multiples relations de *surclassement* (résultat de la comparaison entre deux stratégies)⁶.

L'applicabilité de la méthode a été vérifiée par l'étude de trois cas, choisis en tant qu'édifices représentatifs d'époques de construction distinctes (fig. 3-5). Afin d'assurer la comparabilité des résultats obtenus sur les différents bâtiments, la sélection s'est en outre attachée à retenir des objets présentant des dimensions et des contextes globalement comparables. Dans chaque cas, une simulation des stratégies identifiées a tout d'abord été effectuée, ce qui a permis une première évaluation par critères⁷ (fig. 6-8). Intégrés dans l'évaluation multicritères, ces différents résultats ont alors livré, pour chaque bâtiment étudié, les classements des stratégies de rénovation en fonction des quatre jeux de poids définis.

Variation des classements obtenus

La première étude de cas a porté sur le bâtiment administratif *La Suisse Assurances*, réalisé à Lausanne en 1952-1954 et caractérisé par une structure de type poteaux-sommières, des façades porteuses et des bureaux ventilés naturellement, typiques de la production des années cinquante. Les résultats obtenus par les différentes stratégies tendent à montrer que, pour ce type d'édifice, c'est l'assainissement qui offre la solution la plus performante. En effet, il arrive en première position de chaque classement, à l'exception de l'évaluation où prédominent les critères d'ordre environnemental. Dans ce dernier cas de figure, la stratégie d'assainissement est dépass-

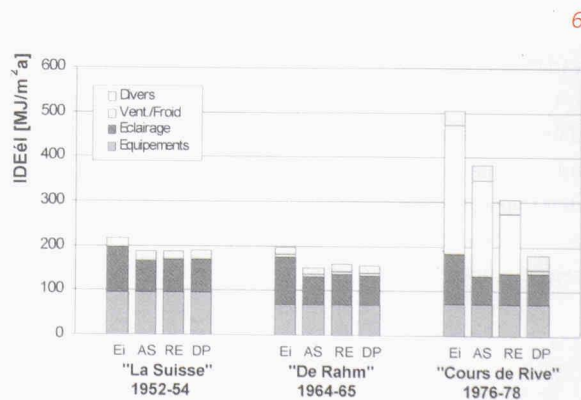


Fig. 3 : Bâtiment administratif La Suisse Assurances (Arch. Ch. Thévenaz et P. Bonnard, Lausanne, 1952-54)

Fig. 4 : Bâtiment administratif De Rahm (Arch. P. Bonnard et H. De Rahm, Lausanne, 1964-65)

Fig. 5 : Bâtiment administratif Cours de Rive (Arch. J.-L. Ardin, Genève, 1976-78); la photographie est antérieure à la rénovation effectuée par J.-M. Bondallaz en 1998-99

Fig. 6 : Evaluation par critères, exemple de critère d'ordre environnemental: énergie électrique (indice de dépense d'électricité exprimé en MJ/m²a)

Fig. 7 : Evaluation par critères, exemple de critère d'ordre socioculturel: confort visuel (facteur de lumière du jour exprimé en %)

Fig. 8 : Evaluation par critères, exemple de critère d'ordre économique: coût de la rénovation (estimation exprimée en Frs/m²). Ei = état initial, AS = stratégie d'assainissement, RE = stratégie de remplacement, DP = stratégie de la double peau

sée par celle de remplacement qui, appelant un degré d'intervention supérieur, débouche sur une qualité d'enveloppe garante d'économies d'énergie encore plus importantes. A l'opposé, et quel que soit le jeu de poids considéré, la stratégie de double peau se retrouve systématiquement en dernière position pour ce bâtiment (fig. 9).

Appliquée au bâtiment administratif *De Rahm* réalisé à Lausanne en 1964-65, la seconde étude de cas couvre la période s'étendant globalement de 1960 à 1975 et regroupant des édifices fortement influencés par le *style international* (structure porteuse détachée et façades rideaux)⁸. Pour cet objet, les simulations effectuées montrent une plus grande variation des classements en fonction des jeux de poids assignés. Les stratégies qui entraînent un degré de modification important - soit celles de remplacement et de double peau - semblent les plus intéressantes, sauf lorsque les critères économiques sont prépondérants. C'est alors la stratégie d'assainissement qui se distingue par un rapport favorable entre son coût minimal et le degré de confort ainsi que les chiffres de consommation obtenus (fig. 10).

Enfin, la troisième étude de cas s'est attachée au bâtiment administratif *Cours de Rive*, réalisé à Genève en 1976-78, soit dans la période s'étendant de la crise pétrolière à la fin des années quatre-vingt. Il se signale entre autres par un système constructif plus massif (panneaux préfabriqués lourds) et d'importantes installations techniques (ventilation mécanique et conditionnement d'air). En l'occurrence et quel que soit le jeu de poids utilisé, c'est la stratégie de double peau qui se trouve la mieux classée, suivie respectivement par celles de remplacement et d'assainissement. Cette bonne prestation de l'option double peau pour ce type de bâtiment est toutefois indissociable du fait que, dans notre hypothèse, elle suppose l'abandon du conditionnement d'air et du refroidissement actif au profit d'une solution plus simple basée sur la ventilation naturelle et l'effet passif du refroidissement noc-

turne. En effet, le surcoût dû à l'intervention en façade étant théoriquement annulé par le gain réalisé grâce à l'absence d'installation technique sophistiquée, la stratégie de double peau permet ici - moyennant un investissement raisonnable - d'obtenir un bon comportement global (fig. 11).

Une aide à la décision

L'application de la méthode d'évaluation multicritères à ces différents cas a non seulement permis de montrer l'intérêt de l'approche proposée, mais aussi de confirmer que les classements des stratégies de rénovation diffèrent en fonction de la catégorie historique à laquelle appartient le bâtiment analysé et des jeux de poids assignés aux différents groupes de critères choisis. Dans ce contexte de complexité, la méthode d'évaluation multicritères proposée peut constituer un véritable outil d'aide à la décision.

Par l'amplitude de son analyse, la recherche a également mis en évidence l'existence de fortes interactions entre les différentes interventions possibles et les critères de performance considérés. Confronté à l'objectif d'augmenter globalement la qualité des édifices existants, le praticien se doit d'inscrire sa démarche dans une *approche interdisciplinaire*, qui vise une intégration optimale de variables issues de domaines aussi divers que l'histoire de l'architecture, la physique appliquée au bâtiment ou encore l'économie de la construction⁹. Dans cette optique, les études de cas ont d'ailleurs démontré la possibilité d'améliorer le bâtiment à plusieurs niveaux; il n'est en particulier pas contradictoire de viser simultanément une réduction de la consommation d'énergie et une amélioration des conditions de confort pour les occupants du bâtiment.

Il faut souligner enfin que le choix d'une stratégie de rénovation ne relève pas de ses seules performances. Au-delà des tendances dégagées par l'outil de réflexion qu'est l'évaluation multicritères, il existe en effet d'autres facteurs suscep-

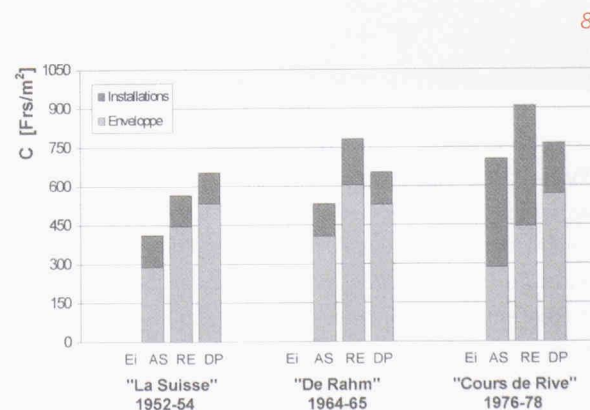
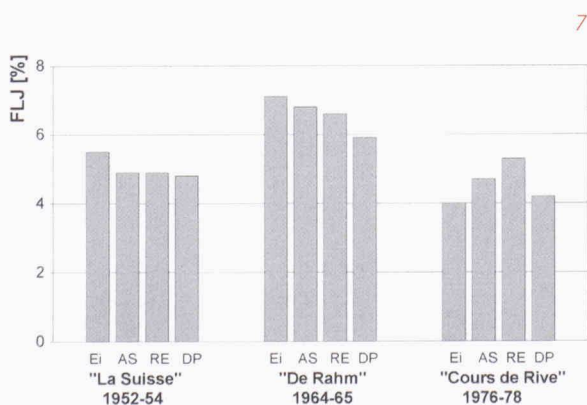
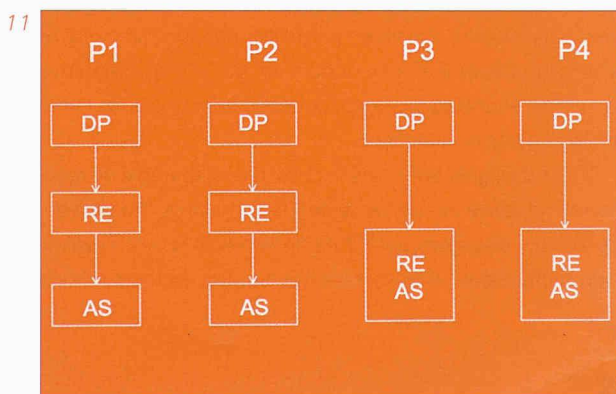
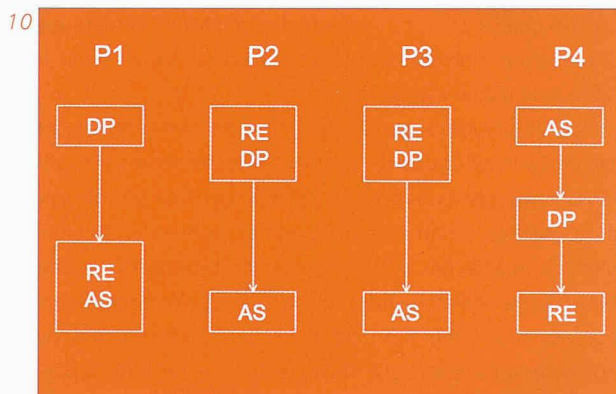
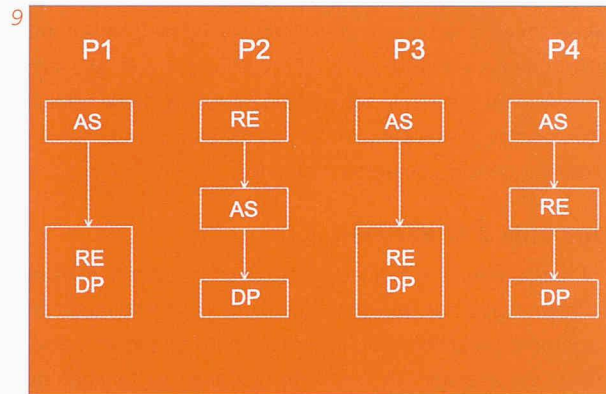


Fig. 9 : Evaluation multicritères, classements des différentes stratégies de rénovation obtenus pour le bâtiment administratif La Suisse Assurances (1952-54)

Fig. 10 : Evaluation multicritères, classements des différentes stratégies de rénovation obtenus pour le bâtiment administratif De Rahm (1964-65)

Fig. 11 : Evaluation multicritères, classements des différentes stratégies de rénovation obtenus pour le bâtiment administratif Cours de Rive (1976-78)



rale, son caractère architectural, ainsi qu'une éventuelle volonté du maître de l'ouvrage de modifier l'image du bâtiment. Ces données peuvent alors orienter le choix vers un parti qui n'est pas forcément le meilleur, si l'on s'en tient à la stricte évaluation des critères. Dans ces cas de figure, les stratégies d'assainissement et de remplacement s'affirment comme celles qui polarisent les choix des décideurs, soit dans le sens d'une conservation, soit dans celui d'une substitution. En fonction de son degré de performances, notamment dans le cas de bâtiments à façades rideaux, la stratégie de double peau peut alors offrir une alternative intéressante, en alliant subtilement une conservation de la substance originelle et une métamorphose de l'immeuble en termes d'image.

tibles d'influencer le processus de décision. Ces derniers, qui fondent des exigences pouvant nuancer - voire contredire - les ordres de préférence livrés par les classements obtenus, sont essentiellement liés à des questions d'usage, pendant et après les travaux de rénovation, ou à des préoccupations d'ordre strictement architectural. La légitimité d'une modification dépasse en effet les seules performances attendues et doit prendre en compte de manière cohérente l'état de dégradation de la substance originelle, sa qualité architectu-