



Rapport de recherche

2006

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Apport des simulations Monte Carlo à l'évaluation immobilière -
Quantification du risque associé aux paramètres de l'évaluation

Bender, André; Hoesli, Martin E.; Jani, Elion

How to cite

BENDER, André, HOESLI, Martin E., JANI, Elion. Apport des simulations Monte Carlo à l'évaluation immobilière - Quantification du risque associé aux paramètres de l'évaluation. 2006

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:5746>



FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES

HAUTES ETUDES COMMERCIALES

Apport des simulations Monte Carlo à l'évaluation immobilière

Quantification du risque associé aux paramètres de l'évaluation

André BENDER
Martin HOESLI
Elion JANI



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

FACULTÉ DES SCIENCES
ÉCONOMIQUES ET SOCIALES

Apport des simulations Monte Carlo à l'évaluation immobilière

Quantification du risque associé aux paramètres de l'évaluation

André Bender^{*}, Martin Hoesli^{**} et Elion Jani^{***}

Résumé

Dans un récent article (EC 5/05), nous avons porté l'attention sur la planification des flux de trésorerie découlant de la détention d'un bien immobilier, une phase essentielle dans l'évaluation d'un bien. Dans cet article, nous présentons une approche qui permet de quantifier le risque associé aux paramètres de l'évaluation et, par là même, d'obtenir une distribution de valeurs possibles. Cette approche se fonde essentiellement sur le compte d'exploitation du dernier exercice, les investissements additionnels prévus, une modélisation des taux de croissance et du taux d'actualisation.

* Dr. ès sciences économiques et sociales, professeur ordinaire en gestion financière à l'Université de Genève (HEC), Président du conseil d'administration des Rentes Genevoises.

** Dr. ès sciences économiques et sociales, professeur ordinaire aux Universités d'Aberdeen (Business School) et de Genève (HEC), Genève.

*** Titulaire d'un DEA en gestion d'entreprise de l'Université de Genève, analyste financier, Hardstone S.A., Genève.

Cette recherche a bénéficié du soutien financier du Fonds national suisse (FNS), projet no 1214-067870.

Apport des simulations Monte Carlo à l'évaluation immobilière

Quantification du risque associé aux paramètres de l'évaluation

1. Introduction

Les normes suisses et internationales en matière d'évaluation des biens immobiliers imposent l'évaluation périodique à la valeur de marché¹. Sur un plan théorique, deux méthodes répondent clairement à cette exigence : la méthode hédoniste et la méthode des cash-flows actualisés. La méthode hédoniste, fondée sur les prix de transaction, permet de déterminer par l'utilisation d'un modèle de régression multiple la valeur de chaque caractéristique tant physique (surface, âge, qualité de la construction, état d'entretien, etc.) que de localisation (qualité du quartier ou de la commune et qualité de la situation dans le quartier ou la commune). On peut ensuite estimer la valeur de n'importe quel objet du même type (appartement, villa, immeuble) dont on connaît les caractéristiques. Lorsque le nombre de transactions est suffisamment élevé, l'utilisation de cette approche conduit à des estimations de la valeur qui sont statistiquement très fiables. En revanche, les intervalles de confiance s'agrandissent lorsque le nombre de transactions diminue. C'est notamment le cas pour les commerces, les bureaux, les hôtels et les surfaces industrielles.

La méthode des cash-flows actualisés, communément appelée méthode des DCF (*Discounted Cash Flows*), découle directement de la théorie financière des investissements². En effet, la valeur d'un bien est donnée par la valeur actualisée des flux de trésorerie dépendant de la décision d'acheter le bien. Dans le domaine de l'immobilier, cette approche possède deux atouts importants. D'une part, elle est assez facile d'application, car la valeur de plusieurs paramètres (loyers, charges opérationnelles, etc.) est souvent connue avec une marge d'erreur relativement faible, du moins pour les premières années de la prévision. D'autre part, la prévision des flux de trésorerie est de toute façon une nécessité dans l'optique d'une gestion dynamique d'un parc immobilier. Elle force en effet les propriétaires à établir un échéancier des dépenses d'entretien et de rénovation, ce qui conduit au choix d'une politique en la matière. Dès lors, la planification des flux de trésorerie s'impose même si l'évaluation périodique est effectuée par la méthode hédoniste.

¹ Voir Studer et Wessa (2005).

² Voir Aziz, Bender et Hoesli (2005).

L'apparente facilité d'application de la méthode des DCF ne doit pas faire oublier quelques difficultés d'ordre méthodologique. En matière immobilière, l'horizon-temps de la prévision (souvent limité à 10 ans) est sensiblement plus court que la durée de vie estimée du bien. Il en découle l'existence d'une valeur terminale ayant généralement un impact très fort sur la valeur actualisée. De plus, une modification même modeste de l'exigence de rendement et/ou du taux de croissance des loyers après la dixième année conduit à une valeur terminale sensiblement différente. L'estimation de cette valeur constitue donc une composante importante du prix et, par définition, elle est aléatoire, voire très aléatoire.

Une difficulté intrinsèque à la méthode des DCF est la prise en compte du risque qui entache les flux prévisionnels. L'augmentation du taux d'actualisation pour tenir compte d'un risque opérationnel plus élevé est souvent utilisée, mais ce n'est pas une solution satisfaisante pour cerner l'impact du risque sur la valeur. Avec cette approche, on n'obtient toujours qu'une valeur actualisée, alors que pour étudier le risque il importe d'avoir une distribution de probabilité de la valeur estimée du bien. Par exemple, deux immeubles évalués à 10 millions n'ont pas le même risque si les valeurs possibles se situent entre 9 et 11 millions pour l'un et entre 8 et 12 millions pour l'autre. La question est donc de savoir comment obtenir cette distribution des valeurs possibles sachant que les risques entachent de façon différente les principaux éléments ayant un impact sur la valeur (taux de croissance des loyers, coût du capital, dépenses de rénovation, valeur terminale, etc.). Une approche classique consiste à effectuer plusieurs scénarios en retenant des valeurs plus ou moins extrêmes pour les principaux paramètres. Cette approche devient rapidement très fastidieuse, d'autant plus qu'il existe des corrélations entre les différents paramètres, par exemple entre le taux d'intérêt et le taux d'inflation.

Le but de cet article est de discuter l'apport des simulations Monte Carlo pour quantifier le risque qui entache l'estimation de la valeur de marché obtenue par la méthode des DCF. Nous présentons tout d'abord quelques aspects méthodologiques liés à cette approche³. Après avoir présenté les données que nous utilisons, nous illustrons la méthode pour un immeuble, puis discutons quelques résultats obtenus pour un parc immobilier.

³ Pour une présentation plus détaillée de l'approche, voir Hoesli, Jani et Bender (2006), Baroni, Barthélémy et Mokrane (2001), et Kelliher et Mahoney (2000).

2. Méthodologie

La première phase de l'approche Monte Carlo consiste à choisir des lois de probabilité pour chacun des paramètres de l'évaluation. Une telle loi indique la probabilité de survenance des différentes valeurs que peut prendre une variable donnée. Il en existe de très nombreuses et les trois que nous allons brièvement présenter ci-après sont couramment utilisées. La plus commune est bien évidemment la loi normale, caractérisée par sa forme en « cloche » et définie par la moyenne des valeurs possibles et leur écart type. Rappelons que les 66%, 95% et 99% des valeurs possibles se situent alors entre la moyenne et, respectivement, plus ou moins un, deux et trois écarts types. Il est possible de ne considérer qu'une partie de la distribution : celle-ci est alors tronquée. En fixant, par exemple, le taux d'intérêt moyen à 3% avec un écart type de 1%, les 99% de valeurs possibles se situent entre $3\% \pm$ trois écarts types, soit entre 0% et 6%. Si l'on estime que le taux ne peut pas descendre en dessous de 1%, on peut alors tronquer la distribution à 1% et ne retenir que les valeurs au-dessus de 1%.

La loi lognormale⁴ est préférable lorsqu'on a plus de chance d'avoir des écarts importants au-dessus de la moyenne qu'en dessous. Par exemple, cette distribution peut être choisie pour modéliser les loyers futurs ou les charges d'entretien. Elle peut également être tronquée. Il existe enfin des cas où on peut fixer les valeurs extrêmes d'une variable, mais toutes les valeurs possibles ont la même probabilité de survenance. On a dans ce cas une distribution uniforme. C'est la solution qui peut être retenue pour caractériser le taux de vacance, par exemple.

Lorsque l'ensemble des lois de probabilité a été choisi, il convient d'estimer les corrélations qui existent entre les différents paramètres⁵. Par exemple, le taux de croissance des loyers peut être supposé négativement corrélé avec le taux de vacance. En revanche, si une hausse des taux d'intérêt peut justifier une hausse des loyers, on peut alors fixer une corrélation positive entre ces deux variables. La détermination des coefficients de corrélation est loin d'être aisée, d'autant plus que l'on doit aussi considérer les corrélations d'une variable au

⁴ Dans ce cas, c'est le logarithme d'une variable qui suit une loi normale.

⁵ Rappelons qu'un coefficient de corrélation se situe entre -1 (corrélation parfaitement négative) et +1 (corrélation parfaitement positive). Deux variables sont indépendantes si le coefficient de corrélation est de 0.

cours du temps. Par exemple, une hausse importante des loyers pendant un exercice donné ne peut que très difficilement être suivie d'une nouvelle forte hausse l'année suivante.

Les données historiques peuvent grandement aider l'expert pour le choix des lois de probabilité et des coefficients de corrélation. Il doit utiliser également sa connaissance du marché pour corriger certaines données historiques qu'il considère comme peu appropriées pour les années à venir. En revanche, le recours à des données historiques empêche l'expert d'inclure trop de subjectivité dans les données à utiliser. C'est en particulier le cas de la prévision des taux d'intérêt souvent estimée de manière très subjective alors qu'il existe des modèles en la matière, certes parfois sophistiqués⁶. Dans cet article, pour présenter la méthode, nous allons nous contenter d'une solution simplifiée, mais étant donné l'impact du taux d'intérêt sur le coût du capital et par conséquent sur la valeur du bien, nous ne pouvons qu'encourager les experts à mieux s'informer sur les modèles de prévision des taux d'intérêt.

Les simulations Monte Carlo vont prendre en compte de façon aléatoire les valeurs possibles pour chacun des paramètres de la prévision compte tenu des distributions choisies et des coefficients de corrélation. Des logiciels appropriés permettent de procéder au nombre de simulations choisi – 10'000, 50'000, voire davantage. Ils fournissent directement la distribution de la valeur d'un objet et on peut ensuite estimer la probabilité que la valeur se situe en dessous ou au-dessus de tel ou tel seuil. Il s'agit-là d'une information essentielle en matière de gestion des risques. En effet, on devine bien que deux immeubles dont la valeur centrale est de 10 millions ne sont pas équivalents si 30% des valeurs possibles sont inférieures à 7 millions pour l'un et à 9 millions pour l'autre.

3. Données et analyse empirique

3.1 Données

Pour l'analyse empirique, nous avons obtenu les comptes de résultat de la dernière année ainsi que les documents prévisionnels se rapportant au parc immobilier résidentiel des Rentes Genevoises, une institution spécialisée dans la sécurisation du patrimoine essentiellement par

⁶ Un de ces modèles est utilisé dans Hoesli, Jani et Bender (2006).

le biais de rentes⁷. La valeur de marché de ce parc de 30 immeubles sis à Genève est estimée, selon l'approche hédoniste, à CHF 237 millions à fin 2004. De plus, nous disposons pour chaque immeuble des cash-flows libres estimés par un expert pour un horizon-temps de 10 ans, des investissements additionnels prévus, de la valeur terminale et de la valeur actualisée. Pour illustrer la méthode Monte Carlo, nous allons nous référer à un des immeubles de ce parc en utilisant une version simplifiée des distributions, notamment en ce qui concerne le taux d'intérêt. Dans la section suivante, nous comparons pour chaque immeuble la valeur hédoniste à la valeur « Monte Carlo », obtenue en utilisant des solutions plus complexes pour estimer les variables.

L'immeuble retenu comprend 24 appartements. Les cash-flows libres et la valeur terminale de cet immeuble figurent au Tableau 1. La valeur terminale a été calculée en capitalisant le cash-flow prévisionnel de la 11^{ème} année de 543'800 francs avec un taux de 5,5%, soit au taux de rendement exigé de 5%, utilisé comme taux d'actualisation, plus une prime de 50 points de base, prime choisie par l'expert pour tenir compte des risques particuliers de l'immeuble. Il en découle une valeur actualisée de CHF 10,1 millions. C'est une valeur unique, alors qu'il s'agit d'une estimation d'un prix qui s'écarte nécessairement plus ou moins fortement de cette valeur. On peut essayer de cerner ce risque d'écart en procédant à une analyse de sensibilité de cette estimation par rapport aux variables clés de la prévision. On peut par exemple modifier l'évolution des loyers, l'importance des charges opérationnelles ou le taux de capitalisation utilisé pour déterminer la valeur terminale. On obtient alors un ensemble de valeurs possibles qui fournissent une idée du risque entachant l'estimation. Comme nous l'avons déjà dit, cette approche est fastidieuse et d'une portée limitée. Et c'est la raison pour laquelle nous suggérons la méthode Monte Carlo.

3.2 Illustration pour un immeuble

Dans cet exemple simplifié, les lois de distribution suivantes ont été retenues pour les simulations Monte Carlo :

- loi normale pour le taux de croissance des loyers (taux moyen de 1,2% avec un écart type de 1,2%) et pour le taux d'actualisation (taux moyen de 4,5% avec un écart type de 0,25%) ;

⁷ Nous avons écarté de l'analyse deux immeubles dont les caractéristiques s'écartaient par trop de celles des autres immeubles.

- loi lognormale pour le taux de croissance des charges d'exploitation (taux moyen de 1,5% avec un minimum de 0% et un maximum de 5%) ;
- loi uniforme pour les loyers impayés et les vacances en pour-cent des loyers théoriques (entre 0,5% et 5%).

Nous avons aussi choisi des coefficients de corrélation pour tenir compte des liens existant entre certaines variables. En utilisant un logiciel de statistique, nous avons effectué 50'000 itérations et avons par conséquent obtenu autant de valeurs possibles de l'immeuble. Pour chaque itération, le logiciel choisit une valeur au hasard parmi toutes celles autorisées par les distributions. La Figure 1 contient la distribution de la valeur actualisée de l'immeuble. La valeur centrale de cette distribution est de CHF 11,5 millions. Comme on le voit sur la Figure 1, la distribution est assez proche d'une distribution normale avec 90% des valeurs se situant entre 9,8 et 13,4 millions. Pour le propriétaire ou le prêteur, le risque se situe bien évidemment sur la gauche de la distribution. En effet, le risque est d'avoir une « vraie » valeur de l'immeuble qui soit inférieure à la valeur centrale de la distribution. En matière d'analyse du risque, nous suggérons de calculer la probabilité que la vraie valeur soit en dessous de seuils prédéfinis, par exemple 10% ou 20% en dessous de la valeur centrale. Pour notre immeuble, la probabilité que la vraie valeur soit inférieure à 9,8 millions, soit moins que 15% en dessous de la valeur centrale, est de 5%.

3.3 Résultats pour l'ensemble du parc

Sous certaines hypothèses, la meilleure approche pour estimer la valeur de marché des immeubles résidentiels est la méthode hédoniste, car elle tient compte de façon objective des conditions du marché et des caractéristiques des immeubles⁸. Elle fait apparaître les variations de valeur qui ne dépendent pas d'une nouvelle estimation des valeurs terminales ou des taux d'actualisation. Si tel est le cas, une comparaison des valeurs obtenues par l'approche Monte Carlo aux valeurs hédonistes devrait nous éclairer sur la validité de la méthode Monte Carlo. En effet, si les valeurs des différentes variables utilisées dans cette méthode sont « correctement » estimées, les valeurs centrales obtenues ne devraient pas trop s'écarter des valeurs hédonistes et, pour l'ensemble du portefeuille, on devrait obtenir deux valeurs globales relativement proches.

⁸ Pour plus de détails sur l'approche hédoniste, voir Bender et Hoesli (1999).

Le Tableau 2 contient pour chaque immeuble l'écart type des valeurs obtenues selon la méthode Monte Carlo, l'écart entre les deux valeurs en pour-cent de la valeur Monte Carlo ainsi que l'importance relative du résidentiel et du commercial. Dans l'application de la méthode Monte Carlo, certains paramètres ont été estimés de façon plus complexe que dans la section 3.2. C'est notamment le cas en ce qui concerne la prévision des taux d'intérêt et les primes de risque à prendre en compte pour déterminer le rendement exigé.

L'écart type des valeurs Monte Carlo est compris entre 9,91% (Immeuble 18) et 14,53% (Immeuble 21). Ces différences s'expliquent assez facilement étant donné que la valeur des paramètres varie d'un immeuble à l'autre. Nous avons notamment utilisé des taux de croissance différents selon l'âge de l'immeuble et l'importance relative du commercial. Il n'est dès lors pas étonnant de constater que les écarts types au-dessous de 10% se rapportent aux quatre immeubles entièrement résidentiels et que l'écart type le plus élevé concerne l'immeuble qui est presque entièrement commercial. Ce résultat correspond à la réalité, car les risques portant sur les loyers commerciaux sont plus importants que ceux liés aux loyers résidentiels.

En ce qui concerne l'écart entre les valeurs hédonistes et « Monte Carlo », on obtient une grande dispersion (de -18,08% à 22,41%), même si, pour 18 des 30 immeubles, l'écart entre les deux valeurs est inférieur à 10% en valeur absolue. Deux raisons peuvent être avancées pour expliquer ces écarts parfois importants. Tout d'abord, nous avons utilisé les loyers annuels du dernier exercice comme base de la prévision et non pas les loyers de marché qui sont certainement supérieurs. Ensuite, nos taux d'actualisation sont basés sur un taux d'intérêt de long terme, sensiblement plus élevé que les taux actuels du marché. Le cumul de ces deux raisons peut conduire à des écarts assez grands. Une analyse détaillée des caractéristiques des immeubles et des valeurs contenues dans les comptes d'exploitation devrait permettre de mieux identifier les causes de ces écarts et le cas échéant de modifier la valeur de certains paramètres. Pour l'ensemble du portefeuille, nous obtenons une valeur selon la méthode Monte Carlo de 221,2 millions, soit 6,7% de moins que la valeur hédoniste de 237 millions. Cet écart est faible et illustre bien la compensation des erreurs lorsque l'on considère un portefeuille d'immeubles.

4. Conclusion

Dans cet article, nous avons montré que la méthode Monte Carlo permet de quantifier le risque lié à une évaluation immobilière fondée sur l'actualisation des cash-flows. La valeur actualisée devient une variable aléatoire et la distribution des valeurs possibles nous permet de mesurer la probabilité que la « vraie » valeur se situe en dessous d'un seuil donné. L'analyse empirique que nous avons menée nous conforte dans cette idée que les valeurs centrales ne sont pas très éloignées des valeurs hédonistes. L'utilisation de l'approche Monte Carlo en matière d'évaluation immobilière a aussi comme avantage d'empêcher une adaptation trop « simpliste » des différentes variables de l'évaluation, notamment du taux d'actualisation. En utilisant une telle approche, on s'oblige à une rigueur dans le choix et l'estimation des paramètres, une rigueur analogue à celle requise par la méthode hédoniste. Par conséquent, les variations de valeur au cours du temps devraient, a priori, être moins sujettes à manipulation.

Notre conclusion est que cette méthode va certainement attirer de plus en plus l'attention des évaluateurs d'objets et de portefeuilles immobiliers. Dans le cas de portefeuilles qui sont composés essentiellement d'immeubles résidentiels, cette méthode fournit des résultats intéressants pour discuter les estimations hédonistes, souvent calculées par des experts externes. Elle a l'avantage d'être fondée sur les cash-flows prévisionnels et s'intègre par conséquent parfaitement dans les stratégies de développement des parcs immobiliers qui mettent l'accent sur la recherche de solutions qui créent de la valeur. Enfin, lorsque la méthode hédoniste n'est pas applicable, notamment en raison d'un nombre trop faible de transactions, les simulations Monte Carlo devrait constituer une solution prometteuse.

Bibliographie

- Aziz, N., A. Bender et M. Hoesli (2005), « Evaluation immobilière par les DCF. Planification des cash flows et de la valeur terminale », *L'Expert-comptable suisse*, 5/05, p. 345-355.
- Bender, A.R. et M. Hoesli (1999), « Indices et évaluation de l'immobilier. Transparence accrue sur le marché immobilier », *L'Expert-comptable suisse*, 9/99, p. 817-823.
- Baroni, M., F. Barthélémy, et M. Mokrane (2001), « Volatility, Monte-Carlo simulations and the use of option pricing model in real estate », Working paper, ESSEC, Paris.

Hoesli, M., Jani, E. et A. Bender (2006) « Monte Carlo simulations for real estate valuation»,
Journal of Property Investment and Finance, Vol. 24, No. 2, p. 102-122.

Kelliher, C.F. and Mahoney, L.S. (2000), «Using Monte Carlo simulation to improve long-term investment decisions», The Appraisal Journal, Vol. 68, No. 1, p. 44-56.

Studer, B. et H. Vessa (2005), Bewertung von Immobilien nach Swiss GAAP FER 26 », L'Expert-comptable suisse, 5/05, p. 339-344.

Tableau 1**Calcul de la valeur de l'immeuble par les DCF (en milliers de francs)**

	0	1 à 7	8 à 9	10
Cash-flow libre de l'immeuble (FCFP)		518,9	541,8	528,8
Valeur terminale				9'887,3
Rendement exigé	5%			
Valeur estimée de l'immeuble	10'113,1			

Tableau 2**Écart type des valeurs Monte Carlo, écart entre valeur hédoniste et valeur Monte Carlo (en % de la valeur Monte Carlo) et part relative du résidentiel et du commercial**

Immeuble	Écart type de la valeur Monte Carlo (%)	Écart entre val. hédoniste et Monte Carlo (% de la val. MC)	Part du résidentiel (%)	Part du commercial (%)
1	11.36	4.37	62	38
2	11.12	11.23	76	24
3	9.94	17.12	100	0
4	10.51	2.06	94	6
5	10.15	7.94	99	1
6	10.33	-5.81	98	2
7	11.18	-3.44	76	24
8	10.88	15.33	86	14
9	9.94	-7.15	100	0
10	11.00	6.15	85	15
11	9.94	-18.08	100	0
12	10.57	11.22	92	8
13	11.06	22.41	78	22
14	10.45	-6.75	95	5
15	11.53	9.26	61	39
16	11.30	3.34	67	33
17	11.24	10.67	73	27
18	9.91	7.54	100	0
19	10.27	6.70	98	2
20	10.70	6.57	87	13
21	14.53	20.29	5	95
22	10.39	7.14	97	3
23	10.94	4.70	85	15
24	11.66	11.04	61	39
25	10.63	12.71	87	13
26	13.37	-5.49	41	59
27	10.21	0.77	99	1
28	10.76	5.18	86	14
29	10.09	13.81	99	1
30	10.82	13.01	86	14

Figure 1
Distribution de la valeur de l'immeuble avec des simulations Monte Carlo

