



**HAL**  
open science

# Property derivative price dynamic and statistical features

Pierre-Arnaud Drouhin

► **To cite this version:**

Pierre-Arnaud Drouhin. Property derivative price dynamic and statistical features. Business administration. Université Paris Dauphine - Paris IX, 2012. English. NNT : 2012PA090054 . tel-00780338

**HAL Id: tel-00780338**

**<https://theses.hal.science/tel-00780338>**

Submitted on 23 Jan 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**UNIVERSITÉ PARIS-DAUPHINE**

ÉCOLE DOCTORALE EDOGEST

Numéro attribué par la bibliothèque

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Caractéristiques statistiques et dynamique de prix  
des produits dérivés immobiliers**

**Document de soutenance de thèse**

Pour l'obtention du titre de

**DOCTEUR EN SCIENCES DE GESTION**

(Arrêté du 7 août 2006)

Soutenue publiquement le 16 novembre 2012 par

**Pierre-Arnaud DROUHIN**

**COMPOSITION DU JURY**

---

Directeur de thèse : **Monsieur Laurent BATSCH**  
Professeur, Université Paris-Dauphine

Rapporteurs : **Monsieur Michel BARONI**  
Professeur, ESSEC Business School  
**Monsieur Alain COEN**  
Professeur, Université du Québec à Montréal

Suffragants : **Madame Delphine LAUTIER**  
Professeur, Université Paris-Dauphine  
**Monsieur Christophe PINEAU**  
Docteur, MRICS, Directeur de la recherche à BNP Paribas Real Estate  
**Monsieur Arnaud SIMON**  
Maître de conférences, Université Paris-Dauphine



*L'université n'entend donner aucune approbation ni improbation  
aux opinions émises dans les thèses : ces opinions doivent être  
considérées comme propres à leurs auteurs*



---

# REMERCIEMENTS

---

Mes premières pensées s'adressent à mon directeur de thèse, Monsieur le Professeur Laurent Batsch, ainsi qu'à Monsieur Arnaud Simon Maître de conférences à l'Université Paris-Dauphine. Je les remercie pour la confiance qu'ils m'ont accordée tout au long de ce travail doctoral. Ces années m'ont été agréables par l'atmosphère intellectuelle stimulante dans laquelle ils ont supervisé mes travaux. Leurs disponibilités, leurs conseils toujours judicieux et leurs encouragements permanents m'ont été des plus précieux dans la conduite de mes recherches et je leur en suis très reconnaissant.

Je remercie Monsieur le Professeur Michel Baroni, ESSEC Business School, et Monsieur le Professeur Alain Coen, Université du Québec à Montréal, d'avoir accepté d'être les rapporteurs de cette thèse. Mes remerciements s'adressent également à Madame le Professeur Delphine Lautier, Université Paris-Dauphine, et Monsieur Christophe Pinault, BNP Paribas Real Estate, qui m'ont fait l'honneur d'accepter d'être membres du jury. Les remarques formulées par Monsieur le Professeur Alain Coen lors de la pré-soutenance ont permis d'améliorer la qualité de ce travail doctoral et je lui en suis particulièrement reconnaissant.

J'exprime ma gratitude aux représentants du hedge fund *Iceberg Alternative Investment* (Reech CBRE Alternative Real Estate) pour les données qu'ils ont accepté de me communiquer et sans lesquelles ce travail doctoral n'aurait pu être réalisé. Jérôme Lebuchoux, Julien Reynier et Mathias Samuelides m'ont accueilli avec enthousiasme au sein du département de recherche de ce fonds et je tiens à leur adresser de sincères remerciements.

Je profite de ces quelques lignes pour exprimer ma reconnaissance aux collègues qui m'ont confié des responsabilités pédagogiques. Grâce à leur confiance, j'ai eu la chance d'enseigner au sein des Masters de l'Université Paris-Dauphine, Paris-Est et Paris-Ouest. Je tiens également à remercier Françoise Carbon pour le soutien logistique qu'elle m'a apporté et sans lequel cette thèse n'aurait pu être possible.

Si le travail doctoral reste un processus individuel, il n'en est pas moins

caractérisé par de nombreuses et sympathiques interactions avec les compagnons de thèse, notamment ceux de DRM Finance (CEREG). Je pense tout particulièrement à François Belot, Romain Boulland, Paul Karehnke, Carole Métais, Luc Paugam, Peter Pontuch et Timothée Waxin.

Je remercie également l'équipe de recherche du département de finance de Georgia State University (USA) pour m'avoir accueilli si chaleureusement et de m'avoir permis de présenter mes recherches et de suivre durant un semestre la formation doctorale dispensée. Parmi ces membres, je remercie chaleureusement Ryan Williams avec qui j'entretiens une étroite amitié.

Je m'en voudrais également d'oublier ceux qui ont souvent éclairé de leur joie et de leur bonne humeur mon quotidien de doctorant. Je pense tout particulièrement à Benjamin, Christophe, Guillaume, Sébastien, Tomasz, Xavier et à mes amis et membres du club de parachutisme de l'Association Sportive de Parachutisme Universitaire (ASPU). Ces derniers m'ont permis de m'échapper quelques moments du quotidien très prenant de la recherche et de l'enseignement.

Toutes mes pensées vont aux membres de ma famille qui ont cheminé avec moi lors de ce travail et ont su donner du sens à mes réalisations. Je suis reconnaissant envers mon père qui m'a toujours soutenu dans mes études et encouragé dans cette démarche académique.

Ce dernier paragraphe s'adresse à Constance, mon Amie. Si le quotidien d'un couple de doctorants est parfois difficile, je garderai de ces années de thèse de magnifiques souvenirs des moments passés à tes côtés. En espérant en vivre de très nombreux autres, j'espère pouvoir t'apporter dans la poursuite de ta thèse un soutien de la qualité de celui que tu m'as apporté.

---

# RÉSUMÉ

---

Si l'immobilier est de loin la plus importante classe d'actifs de notre économie, elle est également l'une des dernières à ne pas disposer d'un marché de dérivés mature. Des études académiques récentes ont montré que le manque de compréhension de leurs prix en est la principale raison. Ce travail doctoral cherche à y remédier. Par la conduite d'études à la fois théoriques et empiriques, nous sommes parvenus à déterminer leurs caractéristiques statistiques, leurs facteurs de risque mais aussi à appréhender l'intérêt de ces produits en terme de fonction de découverte des prix. Si les dérivés immobiliers constituent un outil de paramétrisation du risque immobilier essentiel, ils offrent également la possibilité aux investisseurs comme aux pouvoirs publics de disposer d'informations qui ne seraient pas disponibles autrement.

**Mots clés :** produits dérivés immobiliers, structure par terme, indice sur valeurs d'expertises, efficience des marchés, fonction de découverte des prix.

## **Laboratoire d'accueil**

Dauphine Recherches en Management, DRM Finance

Université Paris-Dauphine

Place du Maréchal de Lattre de Tassigny

75775 Paris Cedex 16



---

# SUMMARY

---

Despite the fact that real estate is the largest asset class in our economy, it is one of the few that do not have a mature derivatives market. Recent academic studies have shown that the lack of understanding of real estate derivatives' prices is the main reason for the absence of a market. This dissertation aims to change this. By conducting theoretical and empirical studies we describe their statistical characteristics, their risk factors, and we highlight their importance in terms of price discovery function. Property derivatives are an essential tool for risk management, but they also offer for investors and regulators a source of information that would otherwise not be available.

**Keywords:** property derivatives, term structure, appraisal-based index, market efficiency, price discovery function.

## **Research Unit**

Dauphine Recherches en Management, DRM Finance

Université Paris-Dauphine

Place du Maréchal de Lattre de Tassigny

75775 Paris Cedex 16

---

# FORMAT DE PRÉSENTATION

---

## 1) PRÉSENTATION DES DONNÉES ET RÉSULTATS STATISTIQUES

Pour faciliter la lecture, les données et résultats statistiques seront présentés selon les normes anglo-saxonnes (par exemple : 2,040.95 au lieu de 2 040,95).

## 2) EXPRESSIONS LATINES ET ABRÉVIATIONS

Dans le souci d'alléger la discussion de notre étude, les abréviations latines « *i.e.* » (*ita est*), « *e.g.*, » (*exempli gratia*) et « *cf.* » (*confer*) seront utilisées respectivement pour « c'est-à-dire », « par exemple » et « voir » et seront indiquées en italique. On notera également *ceteris paribus* (*ceteris paribus sic standibus*) pour « toutes choses égales par ailleurs », *de facto* pour « de fait » et *via* pour « par le truchement de ».

## 3) RÉFÉRENCEMENT

La numérotation des équations, annexes, figures et tableaux est réinitialisée au début de chaque chapitre. Leur référence fait figurer le numéro du chapitre puis le numéro de l'élément considéré (*e.g.*, l'équation n°15 du Chapitre 4 est référencée 4.15).



---

## TABLE DES ACRONYMES

---

ASJ	<i>Actif sous-jacent</i>
Bp	<i>Basis point</i>
CME	<i>Chicago Mercantile Exchange</i>
CPI	<i>Consumer Price Index</i>
DCF	<i>Discounted cash flow</i>
EPRA	<i>European Public Real Estate Association</i>
EURIBOR	<i>Euro interbank offered rate</i>
FRA	<i>Forward rate agreement</i>
FSA	<i>Financial Services Authority</i>
FTSE RE	<i>Footsie 350 Real Estate Index</i>
GPR	<i>Global Property Research</i>
IAS	<i>International Accounting Standard</i>
IEIF	<i>Institut de l'Épargne Immobilière et Foncière</i>
IFRS	<i>International Financial Reporting Standards</i>
INSEE	<i>Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques</i>
IPD	<i>Investment Property Databank</i>
ISDA	<i>International Swaps and Derivatives Association</i>
LFM	<i>Lognormal Forward–Libor model</i>
LIBOR	<i>London interbank offered rate</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
NAV	<i>Net asset value</i>
NCREIF	<i>National Council of Real Estate Investment Fiduciaries</i>
NPI	<i>NCREIF Property Index</i>

OTC	<i>Over-the-counter</i>
P&L	<i>Profit and Loss</i>
PDIG	<i>Property Derivatives Interest Group</i>
PIC	<i>Property Index Certificate</i>
REIT	<i>Real Estate Investment Trust</i>
RICS	<i>Royal Institution of Chartered Surveyors</i>
RPX	<i>Residential Property Index</i>
SIIC	<i>Société d'Investissement en Immobilier Cotée</i>
S&P	<i>Standard &amp; Poor's</i>
TRS	<i>Total return swap</i>
UK	<i>United-Kingdom</i>
U.S.	<i>United States of America</i>
YYREIS	<i>Year on year real estate indexed swap</i>
ZCREIS	<i>Zero coupon real estate swap</i>

---

# SOMMAIRE

---

REMERCIEMENTS.....	5
RÉSUMÉ .....	7
SUMMARY .....	8
FORMAT DE PRÉSENTATION.....	9
TABLE DES ACRONYMES .....	11
SOMMAIRE.....	13
Liste des tableaux .....	18
Liste des figures .....	19
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE .....</b>	<b>21</b>

<b>CHAPITRE 1: PRESENTATION DES ACQUIS ET POSITIONNEMENT DES PROBLEMES .....</b>	<b>29</b>
--	-----------

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>30</b>
<b>2. LA NOTION DE PRIX DE MARCHÉ EN IMMOBILIER ET LES DIFFÉRENTS INDICATEURS ASSOCIÉS.....</b>	<b>31</b>
2.1. Définition et obstacles .....	31
2.2. Indices de transactions.....	33
2.3. Indices d'expertises .....	35
2.4. Indices d'immobiliers cotés.....	39
<b>3. L'INVESTISSEMENT IMMOBILIER.....</b>	<b>41</b>
3.1. Immobilier direct.....	42
3.2. Immobilier indirect.....	43
<b>4. INTÉRÊTS DE L'IMMOBILIER SYNTHÉTIQUE ET ACTEURS CONCERNÉS .....</b>	<b>46</b>
4.1. Définitions et présentation.....	46
4.1.1. Présentation générale .....	46
4.1.2. Les forwards/futures.....	47
4.1.3. Les swaps .....	49

4.2. La fonction de découverte des prix.....	50
4.3. Principales stratégies et acteurs concernés .....	52
4.3.1. Investir dans l'immobilier .....	52
4.3.2. Stratégies de couverture .....	53
4.3.3. Générer de l'Apha et stratégies d'arbitrage.....	56
4.3.4. Market timing.....	56
4.3.5. Intégration des dérivés au sein des crédits hypothécaires.....	57
<b>5. ÉTAT DES LIEUX .....</b>	<b>57</b>
5.1. Le développement du marché .....	58
5.1.1. Le Royaume-Uni .....	58
5.1.2. Les Etats-Unis .....	60
5.1.3. Les autres pays .....	61
5.2. Principales barrières relatives à l'établissement du marché des produits dérivés immobiliers.....	61
5.2.1. La définition de l'actif sous jacent .....	62
5.2.2. Le manque de répliquabilité .....	63
5.2.3. La formation des acteurs .....	64
5.2.4. La régulation et la fiscalité .....	65
5.2.5. La liquidité .....	65
<b>6. CONCLUSION.....</b>	<b>66</b>
BIBLIOGRAPHIE.....	69
LISTE DES TABLEAUX.....	73
LISTE DES FIGURES.....	77

<b>CHAPITRE 2: STRIPPING OF REAL ESTATE-INDEXED SWAPS AND FORWARD TERM STRUCTURE: INTEREST AND COMPUTATIONAL METHOD.....</b>	<b>83</b>
--	-----------

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>84</b>
<b>2. DEFINITIONS AND NOTATIONS.....</b>	<b>86</b>
2.1. Year on year real estate indexed swap .....	86
2.2. Zero coupon real estate indexed swap .....	88
2.3. Real estate indexed forward.....	89
<b>3. STRIPPING OF ZCREIS INTO REAL ESTATE FORWARDS.....</b>	<b>90</b>
3.1. Replication of ZCREIS using real estate forwards .....	91
3.2. Stripping using a replication portfolio valuation approach.....	92
3.3. Stripping using a probabilistic approach.....	93
<b>4. PRICING AND STRIPING YYREIS INTO IPD FORWARDS .....</b>	<b>94</b>
4.1. Naïve stripping and convexity problem.....	95

4.2. A market model approach .....	98
<b>5. REAL ESTATE FORWARD TERM STRUCTURE, PRESENTATION AND COMPUTATIONAL METHOD .....</b>	<b>101</b>
5.1. Real estate forward term structure .....	101
5.2. Computational method .....	102
<b>6. CONCLUSION .....</b>	<b>104</b>
REFERENCES .....	105
LIST OF FIGURES .....	107

<b>CHAPITRE 3: ARE PROPERTY DERIVATIVES A LEADING INDICATOR OF THE REAL ESTATE MARKET? .....</b>	<b>115</b>
--	------------

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>116</b>
<b>2. PROPERTY DERIVATIVES: THE CASE OF IPD ALL PROPERTY TOTAL RETURN SWAPS .....</b>	<b>117</b>
2.1. The underlying asset.....	118
2.2. Presentation of the contract .....	120
<b>3. DATA .....</b>	<b>120</b>
3.1. IPD swaps.....	120
3.2. Implied IPD forward curves .....	121
<b>4. COMPARISON WITH OTHER DERIVATIVES .....</b>	<b>123</b>
4.1. Context and Samuelson effect .....	123
4.2. First- and second-order moment.....	124
4.3. Third-order moment .....	124
4.4. Fourth-order moment.....	125
4.5. Implied forward rates: backwardation or contango? .....	126
<b>5. STATISTICAL COMPARISON WITH RELATED ASSETS.....</b>	<b>127</b>
5.1. General statistics.....	127
5.2. REITs implied volatility .....	129
5.3. Correlation structure analysis .....	130
5.4. Are forwards potentially a leading indicator?.....	131
<b>6. TEMPORAL CAUSALITY OF REAL ESTATE FORWARD SERIES.....</b>	<b>132</b>
6.1. Individual autocorrelation analysis.....	132
6.2. Cross autocorrelation analysis .....	134



6.3. Granger causality test .....	134
<b>7. CONCLUSION.....</b>	<b>137</b>
APPENDIX.....	139
REFERENCES .....	141
LIST OF TABLES .....	145
LIST OF FIGURES .....	153

<b>CHAPITRE 4: FORWARD CURVE RISK FACTORS ANALYSIS IN THE UK REAL ESTATE MARKET .....</b>	<b>161</b>
---	------------

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>162</b>
<b>2. PROPERTY DERIVATIVES: THE CASE OF IPD ALL PROPERTY TOTAL RETURN SWAPS.....</b>	<b>164</b>
2.1. The underlying asset .....	164
2.2. The contract .....	166
2.3. Literature review.....	166
2.3.1. The major problems.....	166
2.3.2. Theoretical elements.....	168
<b>3. METHODOLOGY AND INTUITIONS .....</b>	<b>172</b>
3.1. First difference model.....	172
3.2. Equation specifications .....	174
<b>4. DATA AND VARIABLES .....</b>	<b>179</b>
4.1. IPD swaps .....	179
4.2. Implied IPD forward curves and implied IPD forward rates .....	179
4.3. Other data and exogenous variables .....	180
4.4. Descriptive statistics .....	182
<b>5. EMPIRICAL RESULTS .....</b>	<b>183</b>
5.1. Analysis of the traditional future-spot relationship.....	184
5.2. Establishment of a more general framework .....	186
<b>6. CONCLUSION.....</b>	<b>188</b>
APPENDIX.....	189
REFERENCES .....	203
LIST OF TABLES .....	207
LIST OF FIGURES .....	217

**CONCLUSION GÉNÉRALE ..... 221**

**BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE ..... 225**

---

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1.1 : Les indices IPD en décembre 2010 .....	74
Tableau 1.2 : Volumes des dérivés immobiliers sur indices IPD au Royaume-Uni .....	75
Table 3.1: Monthly log returns of forward prices at constant maturity, IPD indices (smoothed and unsmoothed), GUKG1, and FTSE RE.....	146
Table 3.2: Implied volatility from UK REITs.....	147
Table 3.3: Correlation matrix .....	148
Table 3.4: Autocorrelation for a lag of one to four .....	149
Table 3.5: Correlation of IPD index unsmoothed with IPD forward lagged .....	150
Table 3.6: Results of Granger causality tests between the IPD forwards and their underlying, the IPD index .....	151
Table 4.1: General data summary .....	208
Table 4.2: Descriptive statistics .....	209
Table 4.3: Implied forward rates by maturity and risk free rate .....	210
Table 4.4: Implied forward rate and risk free rate on different sub-periods .....	211
Table 4.5: All models estimated using the full sample .....	212
Table 4.6: All models by maturities .....	214

---

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1.1 : Comparaison des évaluations avec un prix de vente postérieur (différence en pourcentage).....	78
Figure 1.2 : Paiement d'un forward/future sur indice immobilier à maturité.....	79
Figure 1.3 : Les 3 principaux swaps immobiliers.....	80
Figure 1.4 : Utilisation d'un swap de rendement total dans le cadre d'une stratégie de couverture .....	81
Figure 2.1: YYREIS contract characteristics.....	108
Figure 2.2: YYREIS cash-flows .....	109
Figure 2.3: ZCREIS cash-flows.....	110
Figure 2.4: Fixed and floating-leg on YYREIS on year 1 to year 2.....	111
Figure 2.5 : Payoff of a one year maturity zero coupon real estate swap.....	112
Figure 2.6 : Payoff of a two year maturity zero coupon real estate swap.....	113
Figure 2.7: Empirical hedging error using naive stripping.....	114
Figure 3.1: Five years implied forward curves from December 2006 to December 2010 .....	154
Figure 3.2: Property derivative price log returns in percentage change per month.....	155
Figure 3.3: Main statistics of the monthly forward log returns in percent as a function of maturity.....	156
Figure 3.4: Implied IPD forward rates for the maturities from 12 to 60 months.....	157
Figure 3.5: Spot prices and forward prices at constant maturity .....	158
Figure 3.6: First-order autocorrelation, a comparison .....	159
Figure 4.1: Theoretical forward price dynamic over time .....	218

Figure 4.2: Structure of the database.....219

Figure 4.3: Scatter plots of the data.....220

---

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

L'immobilier est un lieu où vivre, où travailler, une part vitale de notre économie impliquant des millions d'entreprises et d'emplois à travers le monde. Dans un rapport de 2007, *l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques* (INSEE) estimait que le patrimoine économique national français, c'est-à-dire, le patrimoine de l'ensemble des résidents, était composé à 86% de terrains, logements, ouvrages de travaux publics et autres bâtiments. L'immobilier constitue donc la plus importante classe d'actifs de notre économie. D'après le comité de la réglementation comptable français, un actif est un « *élément identifiable du patrimoine ayant une valeur économique positive pour l'entité, c'est-à-dire un élément générant une ressource que l'entité contrôle du fait d'événements passés et dont elle attend des avantages économiques futurs* ».

Tout comme les bâtiments dont l'architecture a évolué au fil du temps, les aspects financiers de l'immobilier ont été profondément modifiés. Après l'effondrement du régime féodo-seigneurial, les propriétés ont été divisées en parcelles et vendues sur un marché libre, l'arrivée des crédits hypothécaires contribua à radicalement faire évoluer l'immobilier. Pendant la révolution industrielle, ils ont été développés par les banques et cela participa à modifier l'accession à la propriété<sup>1</sup>. La propriété, après avoir été établie par la force, est devenue quelque chose que l'on peut acheter, vendre, échanger ou louer. Cependant, la liberté de détenir quelque chose s'est accompagnée d'une bonne proportion de risque.

Les pouvoirs publics, soucieux de faciliter l'accession à la propriété, ont cherché à augmenter le volume d'encours de crédit accordé afin d'accroître le nombre de propriétaires et de rendre le logement plus abordable. Aux Etats-Unis, la *Federal National Mortgage Association* connue sous le nom de *Fannie Mae* et la *Federal Home Loan Mortgage Corporation* connue sous le nom de *Freddie Mac* ont été chargées de racheter et de titriser les crédits hypothécaires privés. En procédant ainsi, ils ont permis

---

<sup>1</sup> Ref. Haupt (1993), Morineau (1985), Lescure (1982), Sélaudoux et Rioufol (2005).

aux prêteurs de réinvestir leurs actifs dans plus de prêts et ainsi ont contribué à accroître le nombre d'emprunteurs sur le marché des hypothèques. Ce mécanisme et les dérives qui ont suivi ont conduit en 2007 à la crise des crédits hypothécaires dits « subprimes » en référence aux emprunteurs disposant d'une faible qualité de crédit<sup>2</sup>. Les saisies révèlent dans la douleur le risque d'un financement externe. L'utilisation intensive des crédits hypothécaires, produits relativement basiques, ne permet pas de gestion actif-passif. L'étape suivante consiste à notre sens à établir de nouveaux instruments qui permettraient aux ménages mais également aux investisseurs de gérer dynamiquement leurs risques immobiliers. Le recours aux dérivés concédant de la souplesse dans l'ajustement du risque offre aux marchés financiers la possibilité de faire une nouvelle fois évoluer l'immobilier. Cependant, dans la plupart des pays, ce marché en est encore à un stade embryonnaire.

Il est aujourd'hui possible de structurer les crédits hypothécaires en incluant des dérivés afin de protéger le capital du détenteur de l'actif immobilier. Leur disponibilité permet d'une part, d'assurer dynamiquement le risque d'une dépréciation de la valeur des immeubles et d'autre part, d'offrir une exposition synthétique, c'est-à-dire, sans détention directe des actifs. Basées sur des indices chargés de représenter l'évolution du marché dans son ensemble ou de certains de ses segments, les stratégies de diversification sectorielle et géographique ou celles d'arbitrages devraient être grandement facilitées. Caractérisés par de faibles coûts et de courts temps de transactions, les dérivés sur indices immobiliers peuvent faire de l'immobilier un investissement liquide et de court terme. De plus, la cotation de contrats de vente à terme peut contribuer à améliorer l'efficacité informationnelle du marché de l'immobilier en servant de référence grâce à la bien connue fonction de découverte des prix ; la fonction des dérivés est de faire correspondre des besoins mutuels et fournit ainsi un lieu permettant la dissémination de l'information.

En raison des nombreux avantages associés aux dérivés immobiliers, ceux-ci devraient disposer d'une base d'utilisateurs relativement large. Les banques sont exposées à l'immobilier par le biais de leurs immeubles et surtout de leurs crédits. Plus généralement, toute l'économie est soumise au risque des crédits hypothécaires par le

---

<sup>2</sup> Aux Etats-Unis chaque emprunteur se voit attribuer une note de solvabilité. Il s'agit d'un chiffre fondé sur une analyse statistique qui, en théorie, représente la capacité de l'individu concerné à payer ses dettes. La notation développée par l'entreprise FICO y est aujourd'hui la plus reconnue.

biais de la titrisation. Comme l'expliquent Flavin et Yamashita (2002), les ménages propriétaires portent également un risque immobilier très élevé et même trop élevé pour atteindre une diversification optimale de leur capital. Syz, Vanini, et Salvi (2007) montrent que l'exposition au risque ainsi que les probabilités de défauts peuvent être significativement atténuées en ajoutant des dérivés immobiliers aux crédits hypothécaires. Les fonds d'investissements sont, quant à eux, potentiellement intéressés par les dérivés immobiliers pour obtenir une exposition au risque immobilier et ainsi améliorer leur diversification. Sans les dérivés immobiliers, ils sont réticents à investir sur un marché qui leur est moins familier et moins compréhensible que le marché des obligations ou des actions. Pour ce qui est des fonds immobiliers, les dérivés devraient leur permettre d'ajuster rapidement et pour un moindre coût leur exposition en fonction de leurs anticipations. Les entreprises dans leur ensemble sont, quant à elles, de plus en plus concernées par ce type de produit. En effet, avec les standards comptables internationaux (IFRS), sous le standard IAS 36, les immeubles des entreprises doivent être réévalués à leurs valeurs de marché lorsque l'indice de référence rend compte d'une dépréciation. A l'inverse, il permet aux entreprises de réévaluer leurs immeubles lorsque les prix augmentent. L'éventualité d'une influence directe de l'immobilier sur les comptes de résultats est donc de plus en plus forte. Dans ce contexte, il est probable que la nécessité d'éviter le risque de fluctuation de la valeur des immeubles en transférant le risque, tout en conservant la propriété des actifs stratégiques, devienne une préoccupation majeure.

Trois formes de dérivés sont généralement présentées : les futures et forwards, les options et les swaps. Nous pourrions aussi ajouter les produits titrisés, les crédits immobiliers et les garanties de paiement dans le sens large des dérivés immobiliers mais nous ne les considérerons pas ici. Après différentes tentatives infructueuses, les dérivés immobiliers se sont finalement développés depuis 2004 au Royaume-Uni sous la forme de swaps de rendement total (*total return swap* en anglais). Aux Etats-Unis, l'établissement des dérivés immobiliers a été progressif depuis 2006 par l'introduction sur le Chicago Mercantile Exchange (CME)<sup>3</sup> de futures sur l'indice immobilier *S&P Case-shiller home price*. Au Royaume-Uni, des prix futures sont désormais cotés sur

---

<sup>3</sup> <http://www.cmegroup.com>



Eurex<sup>4</sup> mais les volumes restent faibles. Le marché est encore essentiellement un marché de gré à gré sur lequel les transactions ont sérieusement augmenté depuis 2004 mais pour lequel le décollage reste plus lent que celui des autres marchés. Mais, même si la liquidité est encore un peu sous-optimale, le volume d'information est désormais suffisant pour que des analyses empiriques puissent être menées. Notre travail se fonde sur ce constat.

Une étude de 2006 conduite par le *MIT Center for Real Estate* identifia le manque de confiance dans la façon d'évaluer les prix comme l'une des plus importantes barrières perçues pour l'utilisation des dérivés. Ces préoccupations sont compréhensibles, car le prix des produits dérivés diffèrent des marchés traditionnels dans le sens où l'indice de référence (l'indice immobilier) ne peut pas être échangé sur le marché au comptant. Cela complique l'évaluation des dérivés immobiliers puisque la formule de Black et Scholes ou encore la relation de parité entre le prix spot et les prix forwards par exemple ne peuvent être directement vérifiées.

Appliquer la théorie financière au marché immobilier reste un problème fondamental. Des recherches théoriques ont été menées sur ces thèmes mais elles n'ont pas permis d'expliquer le niveau des prix observés. D'ailleurs il n'existe pas, à ce stade de développement du marché, d'étude empirique sur la dynamique de prix suivie par les dérivés immobiliers. Ce travail doctoral tente de répondre à cette insuffisance. Pour cela, nous utiliserons les prix relatifs au marché du Royaume-Uni. Ce choix est justifié par le fait, que, bien que récent, il s'agit actuellement du marché le plus mature. Au sein de ce marché, nous nous focaliserons sur les produits les plus activement échangés, c'est-à-dire les swaps dont le sous-jacent est l'indice *IPD Total Return All Property*. Cet indice est un indice sur valeurs d'expertises. Notre historique de prix de près de cinq ans (Décembre 2006 à Octobre 2011) pour des maturités allant d'un mois à six ans et relatif à un environnement économique et financier particulièrement volatile confère pertinence et robustesse à nos analyses.

Les dérivés immobiliers et plus exactement les swaps recouvrent une réalité complexe ne pouvant être analysée sans une décomposition de leurs prix en sous éléments qui ne sont autres que des forwards. Une fois cette analyse rendue possible, il est légitime de s'interroger sur la dynamique de la structure par terme des forwards

---

<sup>4</sup> <http://www.eurexchange.com>

implicites obtenus. La structure par terme est la relation associant, à un instant donné, des prix correspondant à des maturités différentes. Elle synthétise l'information disponible sur le marché et les anticipations des opérateurs concernant l'avenir à plus ou moins long terme. Les praticiens utilisant les dérivés immobiliers tels que les swaps ou contrats forwards doivent être conscients de leurs caractéristiques pour prendre des décisions d'investissements, de gestion des risques ou encore d'arbitrages. En réduisant les frictions comme les coûts de transactions et le temps de transactions, tout en prenant potentiellement en compte les cycles immobiliers et le phénomène de lissage, les dérivés immobiliers devraient disséminer de l'information. Les acheteurs comme les vendeurs auraient alors à collecter l'information non seulement sur le marché au comptant, mais également sur celui des dérivés.

La question de recherche retenue ici est articulée autour de 4 axes :

**Questions de recherche :**

- 1°- Est-il possible de définir une relation liant le prix des swaps à celui des forwards ?
- 2°- Les dérivés immobiliers peuvent-ils être assimilés en termes de caractéristiques statistiques et de dynamique aux autres produits dérivés ou actifs sous-jacents ?
- 3°- Les dérivés immobiliers constituent-ils un indicateur avancé des prix immobiliers ?
- 4°- Quels sont les facteurs de risques conduisant à une déformation de la structure par terme des dérivés immobiliers ?

Ces quatre points d'analyse permettent des développements d'ordre positif, en décrivant le monde tel qu'il est (*e.g.*, la dynamique de prix des produits dérivés est elle comparable à celle des autres dérivés ?), et d'ordre normatif, en formulant des propositions pour décrire le monde tel qu'il devrait être (*e.g.*, quelle dynamique de prix devrait-être associée aux dérivés immobiliers au regard de leur nature ?).

L'intérêt d'un objet de recherche aussi complexe et peu documenté que les dérivés immobiliers se manifeste naturellement par l'existence de nombreuses problématiques, dont nous ne structurons qu'un échantillon ci-dessus. Les réponses aux questions d'ordre normatif, *i.e.* concernant la dynamique de prix théorique des dérivés immobiliers, pourront notamment être clarifiées par l'analyse positive, *i.e.*, dérivant leurs caractéristiques statistiques et leurs déterminants.

Afin de faciliter le processus de publication des résultats obtenus au sein de cette thèse de doctorat, nous avons opté pour un format en articles. Trois articles rédigés en

anglais sont inclus et complétés par un chapitre liminaire écrit en français. Ainsi cette thèse est composée de quatre chapitres dont les deux derniers (Chapitre 3 et 4) ont été coécrits avec Arnaud Simon Maître de conférences à l'Université Paris-Dauphine.

Le premier chapitre est intitulé « *Présentation des acquis et positionnement des problèmes* » et traite des développements préliminaires. Ce chapitre a été principalement mené à partir de l'étude de la littérature. D'une part, il permet d'identifier les fondements économiques, financiers ainsi que les principales difficultés auxquelles nous serons confrontés. D'autre part, il tente de rendre accessibles les travaux qui sont présentés dans les chapitres suivants en fournissant au lecteur certains pré-requis nécessaires. Au cours de cette partie, est également réalisé un état des lieux du marché ainsi qu'une présentation des différentes stratégies pouvant être implémentées grâce aux dérivés. Par ailleurs, les problématiques plus largement traitées dans les parties suivantes sont précisées pour expliquer leurs articulations schématiques dans l'analyse du prix des dérivés immobiliers.

Le deuxième chapitre est intitulé « *Stripping of real estate-indexed swaps and forward term structure: interest and computational method* »<sup>5</sup>. En utilisant les résultats de Kazziha (1999), Belgrade, Benhamou et Koehler (2004) et Mercurio (2005) nous définissons la relation existant entre les swaps et les forwards sur indices immobiliers. Une attention particulière est portée sur le problème lié au réinvestissement des flux intermédiaires. Finalement, une méthode numérique est définie et permet d'obtenir le prix des forwards implicites à celui des swaps. Ainsi, en utilisant les différentes maturités de contrats, nous sommes en mesure de déterminer la structure par terme des forwards sur indices immobiliers. L'intérêt de cette partie est multiple. Cela nous permet d'une part, d'établir une relation d'arbitrage entre ces différents produits et donc d'approfondir la connaissance des liens existants entre les différents dérivés immobiliers ; d'autre part, cette analyse facilite grandement l'analyse du prix des swaps sur indice immobilier. En effet, les forwards peuvent être considérés comme l'élément de base des swaps, leur simplicité les rend plus aisément compréhensibles et analysables dans le cadre d'une étude empirique. L'utilisation de ces prix forwards permet donc d'étudier le prix des swaps qui ne sont ni plus ni moins qu'un panier de forwards.

---

<sup>5</sup> Traduction proposée : « *Décomposition du prix des swaps immobiliers et structure par terme des prix forward : intérêts et méthode numérique* ».

Le troisième chapitre est intitulé « *Are property derivatives a leading indicator of the real estate market?* »<sup>6</sup>. Il s'agit, à notre connaissance, de la première étude empirique du prix des dérivés immobiliers. Nous déclinons un ensemble d'analyses statistiques afin d'appréhender les caractéristiques du prix des contrats forwards sur indice immobilier et par extension des swaps. De nombreux tests permettent d'estimer leurs degrés de validité et donc la portée explicative des résultats obtenus. Nous montrons notamment que l'effet Samuelson vérifié pour la plupart des marchés dérivés ne l'est pas dans le cas des dérivés immobiliers sur indice à valeurs d'expertises. L'indice *IPD ALL Property Total Returns* est moins volatile et plus prévisible que les contrats qui y sont associés. D'ailleurs, plus efficaces, les prix forwards constituent un indicateur avancé de leurs sous-jacents. Ils sont ainsi un outil pertinent dans l'aide à la décision d'investissement et dans la gestion des risques. Acheteurs comme vendeurs devraient collecter de l'information non seulement du marché au comptant mais également du marché des dérivés.

Le quatrième et dernier chapitre est intitulé « *Forward curve risk factors analysis in the UK real state market* »<sup>7</sup>. Nous y déterminons les facteurs de risques relatifs aux swaps sur indice *IPD all property total return*. Il s'agit des variables pour lesquelles un changement conduit à une modification dans le prix des dérivés. Pour ce faire, utilisant le Chapitre 2 de ce travail doctoral, nous calculons la structure par terme des forwards implicites et y appliquons un modèle en différences premières. Ainsi, nous sommes en mesure d'identifier les facteurs conduisant à une déformation de la courbe forward. Les résultats montrent que la structure des facteurs de risques en immobilier est plus complexe que celles obtenues sur de nombreux autres marchés.

Nous souhaitons attirer l'attention du lecteur sur le fait que les quatre parties développées s'articulent de manière à approfondir une analyse logique, mais incontestablement partielle, des enjeux théoriques et empiriques des dérivés immobiliers. Le Chapitre 1 réalisé en français, permet de présenter la littérature relative aux dérivés immobiliers ainsi que les différentes problématiques associées. Si le

---

<sup>6</sup> Traduction proposée : « *Les dérivés immobiliers constituent-ils un indicateur avancé du marché de l'immobilier ?* ».

<sup>7</sup> Traduction proposée : « *Les facteurs de risque de la structure par termes des forwards sur le marché immobilier au Royaume-Unis* ».

deuxième chapitre, essentiellement théorique, constitue notre premier article, les Chapitres 3 et 4 constituent eux l'aboutissement empirique des hypothèses et développements théoriques formulés. Ils permettent d'accepter ou de réfuter les théories et hypothèses énoncées. Ce travail de recherche a pour but d'approfondir la compréhension du prix des dérivés et par ce fait d'offrir aux praticiens une fondation pour s'impliquer dans les dérivés immobiliers.

---

# CHAPITRE 1: Présentation des acquis et positionnement des problèmes

---

## RÉSUMÉ

Le premier chapitre de ce travail doctoral a pour objectifs :

1) Mettre en avant les limites de l'immobilier direct et indirect en termes de véhicule de transmission de l'information mais également en termes d'investissement.

2) Présenter les dérivés immobiliers, décrire leurs caractéristiques et motiver leurs attraits pour chacun des différents acteurs concernés.

3) Réaliser un état des lieux du développement de ces produits et présenter les principales barrières relatives à leur développement.

**Mots clés :** indice immobilier, dérivé immobilier, diversification, efficience des marchés.

## 1. INTRODUCTION

L'immobilier souffre d'un déficit informationnel évident ; la notion même de prix de marché est particulièrement délicate et le manque de transparence qui y règne rend l'obtention de l'information nécessaire à la décision d'investissement difficile. Les praticiens sont obligés de recourir à des indices de prix qui, par leurs constructions et le manque d'information disponible, ne reflètent que partiellement les évolutions de prix. Il est important de bien comprendre les problématiques qui y sont associées puisque c'est sur ces mêmes indices que sont construits les produits dérivés immobiliers ; nous les aborderons donc dans une première partie. Cependant, même dans le cas où les investisseurs disposeraient de l'information nécessaire à la décision d'investissement, la composition de leurs portefeuilles resterait pour la plupart sous-optimale. En effet, les nombreuses imperfections de l'immobilier, qu'il soit direct ou indirect, rendent sa gestion délicate. Nous présenterons les limites de l'investissement immobilier au sein d'une seconde partie.

En raison des limites relatives à l'immobilier que ce soit en termes informationnels ou en termes de véhicules d'investissements, l'introduction et l'utilisation de l'immobilier synthétique c'est-à-dire des produits dérivés sur indices immobiliers semblent indispensables. Nous verrons dans ce chapitre que tous les acteurs, qu'ils soient de l'immobilier ou non, sont potentiellement intéressés. En effet, la multitude des applications possibles de ces produits leur confère une base d'utilisateurs potentiellement très large. Cependant, malgré un intérêt certain, les dérivés peinent à se développer ; seuls le marché du Royaume-Uni et, dans une moindre mesure, le marché Américain ont connu une forte progression depuis 2004. Ce développement relativement laborieux s'explique par différentes raisons que nous aborderons à la fin de ce chapitre.

Au confluent de l'immobilier et de la finance de marché, cette thèse de doctorat nécessite des connaissances spécifiques à ces deux domaines. Pour cette raison, ce chapitre tente de rendre accessibles les travaux qui seront présentés dans les chapitres suivants en fournissant au lecteur certains pré-requis nécessaires. D'autre part, il permettra de motiver d'avantage les recherches menées en répondant notamment aux questions suivantes : pourquoi avons-nous besoin des dérivés immobiliers ? Que nous apportent-ils ? Quelles sont les barrières liées à l'établissement d'un marché mature ?

Pour ce faire, nous présenterons dans la première partie les différentes méthodes de construction des indices immobiliers ainsi que les limites qui y sont associées. Dans la seconde, nous aborderons la problématique de l'investissement immobilier qu'il soit direct ou indirect. La présentation des principaux contrats échangés que sont les forwards/futures et les swaps sera réalisée au sein de la troisième partie. Nous y présenterons également l'intérêt potentiel des produits dérivés en termes de transmission de l'information et nous rendrons compte, par le biais d'une énumération des principales stratégies, de la pertinence de ces produits pour les différents acteurs du marché immobilier. Finalement, dans le cadre de la quatrième et dernière partie de ce chapitre, nous réaliserons un état des lieux du développement de ce marché et nous appréhenderons les principales barrières relatives à son développement.

## **2. LA NOTION DE PRIX DE MARCHÉ EN IMMOBILIER ET LES DIFFÉRENTS INDICATEURS ASSOCIÉS**

L'immobilier souffre d'un cruel manque de transparence qui, dans le cadre de la décision d'investissement mais également dans celui de la gestion des risques, est problématique. Les praticiens se retrouvent ainsi contraints à recourir à des indices de prix dont les limites sont nombreuses.

Nous verrons dans un premier temps qu'il est difficile d'acquérir, sur le marché immobilier, l'information nécessaire à la décision d'investissement. Dans un second temps, nous présenterons les différentes options existantes ainsi que les limites associées.

### **2.1. Définition et obstacles**

En économie, la demande de biens est la quantité d'un bien que les acheteurs souhaitent acquérir pour tout prix possible de ce bien, toutes choses égales par ailleurs. L'offre, quant à elle est la quantité d'un bien que les producteurs ou vendeurs désirent vendre pour tout prix possible de ce bien, *ceteris paribus*. Le prix d'équilibre ou prix de marché est celui auquel la quantité offerte est égale à la quantité demandée.

En immobilier, il est difficile de définir un prix de marché puisque les biens sont très fortement hétérogènes, non fongibles et échangés sur des marchés décentralisés ; il n'existe pas de marché immobilier national et le terme de *micromarché* est souvent



utilisé. Selon Simon (2006) : « le prix de marché de l'immobilier n'existe pas ». Les professionnels opposeront par exemple le marché des bureaux à Paris au sein du quartier central des affaires à celui du marché des centres commerciaux. Sur chacun de ces marchés, les biens requièrent des compétences particulières en termes d'évaluation, de commercialisation et de gestion.

L'ambition de vouloir résumer à un seul chiffre des biens aussi hétérogènes et peu liquides pour lesquels les données ne sont pas toujours accessibles semble déraisonnable. La définition même du prix de marché au niveau des biens immobiliers pris individuellement est discutable. Confrontée notamment au rôle déterminant de l'intermédiation résultant de fortes asymétries d'information, la pertinence de cette notion est une problématique à part entière. En effet, différents prix de transactions pourraient émerger pour un même bien, à un instant donné, selon la méthode de commercialisation et l'intermédiaire retenu. Ces questions relevant de la microstructure immobilière soulignent la complexité de la notion de prix dans ce secteur.

Si le prix de marché est difficilement calculable voire discutable d'un point de vue conceptuel, il n'en demeure pas moins incontournable. L'utilisation d'un chiffre unique, *i.e.* d'un indice, est en effet indispensable dans de nombreuses situations. Il servira d'outil d'aide à la décision d'investissement en procurant de l'information quant aux conditions d'achat ou de vente. Cette information sera également pertinente dans la mise en œuvre et le pilotage de politiques publiques dans les secteurs de l'immobilier et de la construction<sup>8</sup>. En permettant de calculer des rentabilités périodiques, un indice permet de déterminer la rentabilité moyenne, l'écart-type de ces rentabilités ainsi qu'une mesure du degré de corrélation entre classes d'actifs ou entre différents sous-segments de l'immobilier. Ces rentabilités sont nécessaires à la mise en œuvre d'une gestion dite benchmarkée, c'est-à-dire, à l'analyse comparative d'un portefeuille à un indice de référence. Par ailleurs, l'étude des corrélations ainsi permise est indispensable, pour les gestionnaires d'actifs, à la mise en œuvre d'une allocation stratégique optimale.

En immobilier, deux grandes catégories d'indices peuvent être distinguées : la première est relative aux indices construits sur la base de prix de transactions et la seconde à ceux construits sur la base de valeurs d'expertises. Les indices de transactions

---

<sup>8</sup> Un indice de prix devrait par exemple permettre de détecter d'éventuelles bulles sur le marché du logement par une comparaison du rapport entre le niveau des prix et de celui des loyers ou des revenus disponibles (Hoesli (2011)).

ont essentiellement attiré à l'immobilier résidentiel caractérisé par un nombre relativement élevé de transactions ainsi que par une moindre hétérogénéité. Des indices de transactions peuvent également être construits par un recours à l'immobilier coté tel que les Sociétés d'Investissement en Immobilier Cotées (SIIC). Nous présenterons plus précisément leurs méthodes de constructions ainsi que leurs caractéristiques lors de la section suivante. Dans de nombreux secteurs de l'immobilier et de façon générale dans l'immobilier d'entreprise, les transactions sont rares, fortement hétérogènes et entourées d'une certaine confidentialité rendant tout calcul d'indice sur la base de ces prix impossible. Dans ce cas, les indices utilisés sont construits sur la base de valeurs d'expertises ; leurs caractéristiques seront présentées dans la Section 2.3.

## 2.2. Indices de transactions

L'idée la plus basique pour définir un indice de prix consiste à utiliser des transactions réalisées et observées à une date donnée. Trois principaux types d'indices de transactions peuvent être identifiés : les indices médians, les indices hédoniques et les indices de ventes répétées. Il est ensuite possible de les associer afin de créer des indices dits hybrides. Nous présenterons brièvement leurs méthodes de constructions et insisterons sur leurs limites. L'objectif est en effet de rendre compte de la difficulté d'accès à une information de qualité sur les prix immobiliers. Pour une présentation plus détaillée de ces méthodes, le lecteur pourra se référer aux ouvrages de Baranzini, Ramirez, Schaerer, et Thalmann (2008) et de Simon et Malle (2009).

L'indice médian est l'indice le plus simple à calculer ; il s'agit simplement de la moyenne (ou médiane) des prix au mètre carré observés sur les transactions à une date donnée. Cependant pour pouvoir le calculer, il faut pouvoir disposer à chaque date d'un nombre suffisant d'observations afin d'assurer une certaine stabilité de la moyenne. La construction de cet indice implique de retirer les transactions pouvant être considérées comme atypiques<sup>9</sup> ou dont la méthode utilisée lors de la commercialisation (par exemple les biens saisis et vendus aux enchères) pourrait biaiser les calculs. Cependant, retirer ces transactions ne permet pas nécessairement de correctement prendre en compte la dimension qualitative. En effet, si les biens échangés sont de meilleures qualités à la date  $t+1$  qu'à la date  $t$  en raison par exemple d'un important programme de

---

<sup>9</sup> L'INSEE considère comme atypiques les logements tels que les « chambres, greniers, lofts, ateliers, loges de gardien, châteaux, grandes propriétés et hôtels particuliers » (INSEE méthodes n°111 (2005)).

promotion, mécaniquement et indépendamment des conditions économiques du marché, l'indice indiquera une forte hausse du prix de l'immobilier. Cependant, cette hausse ne signifie pas, comme devrait le chercher à mesurer l'indice, que la valeur intrinsèque a augmenté. Cela signifie simplement que les biens échangés ont été de meilleure qualité.

Afin de mieux contrôler les effets de qualité, les spécialistes auront tendance à utiliser des indices hédoniques ou de ventes répétées. Cependant, cela nécessite des données supplémentaires auxquelles l'accès n'est pas toujours possible. Un indice hédonique revient à définir un modèle économétrique où l'on va régresser les différentes caractéristiques des biens échangés (date de construction, localisation, nombre de salles de bains, etc.) à une date donnée sur le prix de ces biens<sup>10</sup>. En réalisant cette opération à chaque date de publication de l'indice, l'économètre disposera du prix de chacune des caractéristiques au cours du temps ; il est alors possible de suivre l'évolution du prix d'un bien standard (par exemple 2 chambres, 1 salle de bains, etc.), *i.e.*, de l'indice. En procédant ainsi, et à condition que les données soient disponibles en quantité suffisante les perturbations liées à la qualité sont parfaitement maîtrisées. Ce genre de démarche a été mis en place notamment pour les indices Notaires-INSEE en France. Les indices de ventes répétées constituent une alternative aux indices hédoniques et contrôlent les effets de qualité en observant le prix de vente et de revente des biens utilisés. Techniquement, il s'agit une fois encore d'un modèle économétrique. Cependant, la pertinence de celui-ci repose sur l'hypothèse de constance de la qualité entre la date d'achat et de revente des biens. Si cette hypothèse peut sembler discutable, elle reste acceptable si l'on suppose que les programmes de réhabilitations des biens seront en moyenne compensés par l'obsolescence. Les ventes répétées contrôlent donc de l'hétérogénéité sans s'appuyer sur une description exhaustive des biens. Les indices de ventes répétées les plus connus sont les indices Case-Shiller Home Prices sur le marché Américain.

Dans le domaine de l'immobilier résidentiel, le nombre de transactions est élevé et l'hétérogénéité est relativement limitée. Cela n'est pas le cas de l'immobilier d'entreprise où les transactions sont peu nombreuses et pour la plupart confidentielles. De plus, un indice hédonique sera difficile à implémenter car les caractéristiques

---

<sup>10</sup> Cette méthode décompose une propriété en différents attributs tels que la superficie, l'étage, le nombre de pièces... la valeur d'un bien est fonction de la satisfaction que l'on retire de l'usage de ses caractéristiques. Tous les attributs qui sont évaluables par un acheteur potentiel devraient être considérés.

valorisées par les acteurs pour un immeuble de bureau ou un entrepôt par exemple sont très clairement différentes. En raison de la relative homogénéité mais également du nombre de transactions, les indices sur valeurs de transactions ne sont presque qu'exclusivement dédiés à de l'immobilier résidentiel<sup>11</sup>. Cependant, ces indices requièrent une base de données très importante en termes de transactions mais également en termes de caractéristiques des biens pour la méthode hédonique. Ces données sont difficiles à obtenir même en immobilier résidentiel. Le nombre élevé de transactions requis vient limiter l'efficacité de cette méthode si l'on souhaite travailler sur des micromarchés ou à une fréquence de calcul de l'indice relativement élevée.

Les indices sur valeurs de transactions ne permettent pas une transmission rapide de l'information disponible sur le marché. En effet, ces indices sont basés essentiellement sur des actes authentiques signés en France par le notaire et dont le prix est défini lors du compromis de vente. Cela se justifie par le fait que seul l'acte de vente donne obligatoirement lieu à un enregistrement, ainsi l'information peut être collectée. Si l'on considère que le compromis de vente est établi  $x$  mois avant la transaction, les prix qu'utilise l'indice à la date  $t$  ne sont pas ceux de la date  $t$  mais ceux de la  $t-x$ . De plus, comme les marchés immobiliers sont fortement décentralisés, la collecte des prix de transactions prend du temps ce qui retarde la publication de l'indice. Si l'on considère le cas de la France, où le délai entre le compromis et la transaction est de 3 mois et que l'on y ajoute le délai d'intégration d'une transaction dans la base de 3 à 4 mois (INSEE méthodes n°111 (2005)), on obtient un décalage temporel de plus de 6 mois. Finalement, l'indice communiqué à une date  $t$  sera pour l'indice Notaire-INSEE relatif à de l'information antérieure d'au moins 6 mois. Cet effet de retard peut être très préjudiciable en ce qui concerne la mesure et la gestion des risques immobiliers.

### **2.3. Indices d'expertises**

Dans de nombreux secteurs de l'immobilier et particulièrement dans celui de l'immobilier d'entreprise, les transactions ne sont pas observables ou quand elles le

---

<sup>11</sup> Aux États-Unis, l'indice hédonique TBI (Transaction-Based index) développé par des chercheurs du Massachusetts Institute of Technology (MIT) et dédié à l'immobilier d'entreprise constitue l'un des uniques exemples.

sont, elles le sont en quantité limitée<sup>12</sup> ; cela ne serait pas si problématique si les biens immobiliers faisant l'objet d'une transaction étaient comparables. En effet, nous pourrions alors suivre l'évolution au cours du temps de ces biens sans risquer de voir l'indice perturbé par un effet de qualité des biens échangés<sup>13</sup>. Cependant, avec l'immobilier d'entreprise, non fongible, l'hétérogénéité associée à un nombre très restreint de transactions rend la construction d'un indice sur valeurs de transactions difficilement concevable. Les indices disponibles pour ce secteur se réfèrent à des estimations de valeurs ; ils ne sont qu'exceptionnellement construits sur la base d'information se rapportant à des prix de transactions. On parle alors d'indices sur valeurs d'expertises ou en anglais, d'*appraisal-based indices*.

Les prix utilisés ne sont alors plus déterminés par un mécanisme d'enchère mais par un mécanisme d'expertise conduisant à une évaluation. Cela consiste à suivre un panier de biens au cours du temps et à en réaliser régulièrement des évaluations. Dans son ouvrage, Hoesli (2011) explique que « l'organisme souhaitant construire un indice à dire d'experts va constituer un échantillon représentatif du marché pour lequel l'indice est construit. Des experts immobiliers seront mandatés pour procéder à l'évaluation périodique des immeubles de l'échantillon et ce à la fréquence souhaitée pour l'indice ». Pour obtenir des échantillons larges à un moindre coût, les organismes à l'origine de la construction d'indice ont en général recours aux propriétaires institutionnels qu'ils ont préalablement convaincus de leur mettre à disposition les informations concernant leurs immeubles. Ainsi, aucune évaluation d'immeuble n'est réalisée dans le but unique de construire un indice ; il synthétise les données relatives aux estimations faites par les institutionnels afin d'être en conformité avec leurs exigences légales et statutaires. En raison notamment des programmes de réaménagement des immeubles, un certain nombre de retraitements est nécessaire à la construction d'un indice pertinent.

De nombreux indices sur valeurs d'expertises peuvent être calculés au sein d'un même pays. En effet, il est possible de calculer des indices de prix pour différentes villes ou régions mais également pour différents secteurs ; les producteurs d'indices ne

---

<sup>12</sup> L'immobilier d'entreprise fait essentiellement référence aux bureaux, commerces, mais aussi aux biens industriels tels que les entrepôts non cotés.

<sup>13</sup> Le terme qualité fait ici essentiellement référence aux caractéristiques du bien (date de construction, lieu, normes environnementales, etc.).

sont pas confrontés à un manque de données comme pour les indices de transactions. Outre cette segmentation, il existe des indices de rendement en capital (*capital growth* en anglais) et de rendement locatif (*income growth* en anglais). L'indice de rendement en capital mesure les changements de valeur du panier d'actifs considéré alors que l'indice du rendement locatif mesure la rentabilité net générée par les loyers. Un indice de rendement total (*total return index* en anglais) peut alors être construit en combinant l'indice de rendement en capital avec celui du rendement locatif.

En Europe, le group anglo-saxon Investment Property Databank (IPD)<sup>14</sup> est le fournisseur d'indices sur valeurs d'expertises le plus populaire. Au premier semestre 2012, ce groupe était présent sur 16 marchés européens et sur 7 marchés internationaux<sup>15</sup>. Si la plupart des indices sont des indices annuels, ils peuvent également être bimensuels, trimestriels et même mensuels dans certains cas. La couverture de ces indices en pourcentage de la valeur estimée du marché total est comprise entre 6.5% pour les États-Unis et 82.9% pour l'Irlande. Le Tableau 1.1 synthétise ces informations.

[INSÉRER LE Tableau 1.1 ICI]

Pour ce qui est des États-Unis, l'indice dominant est l'indice NPI (NCREIF Property Index), fourni par le NCREIF (National Council of Real Estate Investment Fiduciaries)<sup>16</sup>. Cet indice est un indice trimestriel calculé sur la base de 7,106 immeubles pour une valeur totale de 298 milliards de dollars au premier trimestriel 2012. Un niveau de couverture élevé est indispensable en raison du risque spécifique important en immobilier.

La qualité d'un indice sur valeurs d'expertises repose essentiellement sur la justesse des évaluations qui le composent. Celles-ci doivent refléter le prix qui serait le plus probablement obtenu sur le marché dans des conditions normales de commercialisation (Wofford (1978)). Ainsi, afin d'assurer qu'une méthodologie adaptée

---

<sup>14</sup> <http://www.ipd.com>

<sup>15</sup> Afrique du sud, Australie, Canada, Etats-Unis, Corée du sud, Japon et Nouvelle-Zélande.

<sup>16</sup> <http://www.ncreif.org>

soit appliquée par l'évaluateur, des organismes tels que la RICS (Royal Institution of Chartered Surveyors)<sup>17</sup>, dont les membres doivent se conformer à différents principes lors de leurs évaluations, se sont développés. Certains producteurs d'indices, dont l'IPD, requièrent que les évaluations aient été réalisées par des membres accrédités RICS. On considère généralement qu'une expertise est convenable si l'erreur est inférieure à 10% du prix réel. Simon et Malle (2009) expliquent que « si l'on suppose que cet exercice [d'évaluation] n'est pas affecté de biais [systématique], en agrégeant les données on obtient alors, par compensation des erreurs entre elles, une valeur moyenne assez fiable ». La Figure 1.1 rend compte, sur ce point, d'une certaine symétrie de ces erreurs d'évaluation autour de zéro soutenant ainsi que l'erreur de l'indice devrait converger vers zéro.

[INSÉRER LA Figure 1.1 ICI]

Cependant, Hartzell, Hekman, et Miles (1987) montrent que les évaluateurs ont une confiance plus grande et donc accordent plus d'importance aux prix observés sur le marché<sup>18</sup> qu'à leurs propres analyses des cash-flows futurs actualisés (méthode d'évaluation de référence). Ainsi la divergence entre évaluations et prix de transactions ne provient donc pas seulement d'erreurs d'expertises (en moyenne nulles) mais également d'un biais systématique lié au fait qu'elles sont réalisées avec un œil sur les valeurs passées (Geltner (1989), Gau et Wang (1990)). Clayton, Geltner, et Hamilton (2001) ont observé sur le marché Canadien que les évaluations étaient réalisées en moyenne sur la base de 6.86 comparables antérieurs de 13.68 mois ; les plus anciens le sont de 25 à 35 mois selon la période considérée. L'intégration progressive de l'information, dont il est généralement fait allusion par le terme de tyrannie des valeurs

---

<sup>17</sup> <http://www.rics.org>

<sup>18</sup> Cela fait référence à la méthode par comparaison revenant, pour faire simple, à calculer le prix moyen au mètre carré d'un groupe de comparables ayant été échangés sur le marché et à le transposer au bien que l'on cherche à évaluer. Des comparables sont aussi utilisés dans la méthode par capitalisation communément utilisée et consistant à calculer pour chacun des comparables un taux de capitalisation défini comme le rapport entre le loyer et le prix de transaction. Un taux moyen est ensuite calculé et la valeur du bien déduite par le rapport du loyer (du bien à évaluer) et du taux de capitalisation moyen des comparables. Cette méthode est une transposition du modèle de Gordon et Shapiro (1956).

passées, conduit à un effet de lissage de la courbe indicielle. Les indices sur valeurs d'expertise n'intègrent pas correctement l'information présente, tendent à sous-estimer la volatilité de l'immobilier et ne parviennent pas, le plus souvent, à refléter les retournements du marché (Fisher, Geltner, et Webb (1994)). Un autre problème résultant du lissage de la courbe indicielle est sa forte autocorrélation alors que Brown et Matysiak (1998) montrent que l'autocorrélation de la rentabilité d'un bien immobilier est proche de zéro.

#### **2.4. Indices d'immobiliers cotés**

Une alternative aux indices immobiliers formés sur la base de l'immobilier direct est la construction d'indice par recours à l'immobilier indirect coté. Il s'agit d'un terme généraliste faisant référence aux sociétés foncières et immobilières cotées. Sur la base de ces sociétés, il est possible de construire une multitude d'indices, que ce soit par le choix des titres ou par la méthode de pondération retenue. Nous ne considérerons pas ici les indices construits sur la base d'immobilier indirect non coté. Ceux-ci sont basés sur la valeur nette des actifs réévalués, ou la *net asset value* (NAV)<sup>19</sup> en anglais, des sociétés foncières immobilières. La NAV étant basée sur l'évaluation des différents actifs détenus, l'indice obtenu correspond essentiellement à un indice sur valeurs d'expertises. Il existe néanmoins certaines différences en raison de la prise en compte de la structure de financement (une variation de la valeur de la dette implique une variation de la valeur de la NAV), de la spécificité des actifs (certains actifs seraient exclus des indices sur valeurs d'expertises en raison de leur localisation, de leurs caractéristiques ou de leur réhabilitation) mais également du statut fiscal (exonéré ou non de l'impôt sur les bénéfices).

Les principaux indices sont les indices FTSE EPRA/NAREIT<sup>20</sup> ainsi que ceux développés par le Global Property Research<sup>21</sup> (GPR). Concernant le marché français,

---

<sup>19</sup> Calculée par l'évaluation des actifs du fonds d'investissement de laquelle on retranche la valeur des dettes.

<sup>20</sup> Ces indices sont calculés par le FTSE (<http://www.ftse.com/Indices/index.jsp>) avec la participation de la European Public Real Estate Association (EPRA, <http://www.epra.com>) et de la National Association of Real Estate Investment Trusts (NAREIT, <http://www.reit.com>).

<sup>21</sup> <https://www.globalpropertyresearch.com>



l'Institut de l'Épargne Immobilière et Foncière (IEIF)<sup>22</sup> constitue l'acteur principal de la production d'indices d'immobiliers cotés. L'objectif n'étant pas de réaliser une revue des différents indices existants ainsi que des principales méthodes retenues nous laissons le lecteur se référer à Serrano et Hoesli (2009) pour plus de détails.

Lorsque l'on s'intéresse aux indices immobiliers cotés et à leur pertinence en termes de véhicule de transmission de l'information, la question est évidemment de savoir s'ils se comportent de la même manière que l'actif sous-jacent. Typiquement l'immobilier coté souffre d'une forte exposition au risque de marché. Alors que l'immobilier coté n'est que faiblement corrélé à l'immobilier direct, il est très fortement corrélé au marché actions (Hoesli (2011)). Ling et Naranjo (1999) montrent que l'immobilier coté et les actions sont intégrés alors que l'immobilier coté et l'immobilier direct ne le sont pas. Si le rendement de l'immobilier coté est fortement influencé par le marché actions, il en va de même de la volatilité. En effet, d'après Hoesli et Serrano (2006) la volatilité des marchés financiers contribue grandement à la volatilité de l'immobilier coté. En revanche, d'autres études dont celle de Lee, Lee, et Chiang (2007) montrent qu'après avoir pris en compte les facteurs relatifs aux marchés actions et obligataires définis par Fama et French (1993), l'immobilier est un facteur utile dans l'explication du rendement des SIICs. Le lien entre l'immobilier coté et les actions s'est réduit dans de nombreux pays (Hoesli et Serrano (2006)). L'immobilier coté est de plus en plus assimilé à un placement immobilier par les investisseurs, notamment en raison de la tendance observée dans de nombreux pays, dont la France, de rendre ce véhicule de placement transparent d'un point de vue fiscal.

On considère souvent que le marché de l'immobilier coté constitue un indicateur avancé du marché de l'immobilier direct. Celui-ci en étant plus efficient permettrait de refléter de l'information qui n'aurait pas encore été intégrée sur le marché de l'immobilier direct<sup>23</sup>. D'après Myer et Webb (1993) l'immobilier coté permettrait d'anticiper les évolutions de l'immobilier direct aux États-Unis.

S'il est possible d'établir un lien statistique permettant d'expliquer une partie de l'évolution présente et future de l'immobilier direct en utilisant de l'immobilier coté,

---

<sup>22</sup> <http://www.ieif.fr>

<sup>23</sup> Si l'efficience informationnelle relative à l'immobilier coté est plus forte que celle du marché de l'immobilier direct, elle n'en reste pas moins imparfaite (Kuhle et Alvaay (2000)).

cette information reste difficilement exploitable en matière de décision d'investissement, de gestion des risques et de benchmarking. En effet, les SIICs sont des sociétés cotées ayant recours au levier financier et il convient donc de prendre en compte cet effet afin d'en déduire la rentabilité de leurs actifs. Par ailleurs, en raison d'un niveau de diversification souvent élevé, leur composition précise ne peut généralement pas être établie ; il est difficile de mesurer la part de leurs rentabilités associées à un secteur en particulier. Finalement, les méthodes économétriques utilisées sont difficilement exploitables par la plupart des praticiens.

Souffrant de nombreuses limites, les indices immobiliers n'apportent qu'une solution partielle au déficit informationnel caractérisant le marché immobilier qui, rappelons-le, est préjudiciable à la décision d'investissement, la gestion des risques et à la mesure de performance. L'immobilier résidentiel est l'un des seuls secteurs où il est possible d'obtenir une information qui, bien que retardée et parfois bruitée, est de relativement bonne qualité en étant fondée sur la réalité du marché, c'est-à-dire, sur des transactions observées. Les indices sur valeurs d'expertises sont quant à eux la solution alternative aux indices de transactions lorsque les transactions sont insuffisantes ou inobservables. Cependant, ils conduisent à sous-estimer la volatilité du marché, souffrent de phénomènes tels que la tyrannie des valeurs passées et peinent à détecter les retournements du marché. Pour ce qui est de l'immobilier coté qui pourrait constituer une alternative viable en termes de véhicule de transmission de l'information, il souffre également de certaines limites. En effet, de nombreuses études montrent que leur dynamique de prix est souvent plus proche du marché action que du marché immobilier. Pour ce qui est de la part de leur dynamique pouvant être associée à l'immobilier, elle est généralement considérée comme un indicateur avancé du marché. Cependant, elle semble difficilement exploitable par les praticiens en raison de la complexité des modèles à utiliser et des retraitements nécessaires. L'immobilier souffre d'un cruel manque d'information quant à l'évolution de ses prix et du risque associé.

### **3. L'INVESTISSEMENT IMMOBILIER**

La détention de biens immobiliers présente plusieurs avantages et notamment celui de la diversification de portefeuille. En effet, de nombreuses études dont celles de Hoesli, Lekander et Witkiewicz (2004) et Andrew et Glenn (2003) témoignent de

l'intérêt de l'immobilier au sein d'un portefeuille d'actifs. Cependant, malgré son attractivité, il s'agit d'une classe d'actifs souvent négligée. Ainsi, la majorité des investisseurs ont une allocation sous optimale en termes de rentabilité et de risque. Outre le déficit informationnel présenté dans la partie précédente qui pourrait en être la raison, ceci s'explique principalement par les nombreuses limites des véhicules d'investissements disponibles.

Si, depuis plusieurs années, l'immobilier indirect s'est largement développé, l'immobilier direct reste à ce jour le principal véhicule d'investissement. Dans une première section, nous présenterons les difficultés relatives à l'investissement et à la gestion de l'immobilier direct. Dans une seconde, celles relatives à l'immobilier indirect seront présentées. Nous ne nous attarderons pas sur les contraintes légales, très différentes entre les pays, mais insisterons sur les caractéristiques en termes de dynamique de prix, de liquidité et d'effort nécessaire en ce qui concerne la gestion opérationnelle.

### **3.1. Immobilier direct**

Les placements immobiliers directs constituent la manière traditionnelle d'investir sur le marché immobilier. On estime qu'un peu moins de 70% de la valeur des biens immobiliers dans le monde sont détenus en direct (Baum (2009)). Cependant, les placements directs comportent de nombreux inconvénients, ils sont coûteux, peu liquides, difficiles à gérer et demandent des connaissances très spécifiques.

Les transactions immobilières sont à l'origine de coûts importants généralement supérieurs à 6% pour un aller et retour sur le marché. En effet, elles sont souvent entachées d'un taux élevé d'imposition mais également de frais substantiels en ce qui concerne l'intermédiation. Ce dernier point s'explique principalement par le fort degré d'asymétrie d'information. Contrairement aux marchés boursiers qui sont centralisés, les marchés immobiliers se caractérisent par une très forte décentralisation ; acheteurs et vendeurs interviennent sur des micromarchés généralement définis par le type de bien et la zone géographique. Dans ce contexte, des connaissances locales sont primordiales et le recours à un spécialiste est indispensable à la réduction des asymétries d'information. En plus des coûts de transactions, la gestion des actifs immobiliers nécessite un effort important tout au long du cycle de vie de l'investissement, que ce soit en temps ou en argent. En effet, les biens immobiliers requièrent une gestion opérationnelle qui fait

appel à un large champ d'activités, incluant l'entretien et la rénovation des biens mais aussi, la gestion des baux et des contrats de location. Cet effort est d'autant plus grand que le portefeuille est diversifié car les biens sont dispersés : une plus grande diversification accroîtra fortement les coûts de gestion.

L'investissement direct demande du temps. Il est coûteux et hors d'atteinte pour de petits investisseurs désireux de détenir un portefeuille diversifié. Les coûts de transactions et de gestion, la valeur unitaire élevée des actifs immobiliers ainsi que leur hétérogénéité, font que les portefeuilles immobiliers comportent souvent une part non négligeable de risque diversifiable. Cette remarque est d'autant plus pertinente que l'élimination de ce risque ne peut être obtenue que par une diversification à la fois géographique et sectorielle (Eichholtz, Hoesli, MacGregor, et Nanthakumaran (1995)). Ainsi, la majorité des portefeuilles est caractérisée par un couple rendement-risque sous optimal. La forte composante idiosyncratique de ces portefeuilles s'explique également par la transparence réduite du marché immobilier et par les fortes asymétries d'information (aléa moral et sélection adverse) qui en découlent. En effet, pour atténuer ces imperfections de marché, les acteurs vont privilégier les propriétés à proximité ainsi que les immeubles avec de longs historiques de rentabilités et éviter d'échanger des biens avec des experts identifiés comme tels (Garmaise et Moskowitz (2002)).

Les placements immobiliers sont peu liquides et la cession d'un actif prend en moyenne plusieurs mois. D'après une étude menée par Crosby et McAllister (2004) sur le marché du Royaume-Uni, dix mois sont en moyenne nécessaires à la commercialisation d'un immeuble de bureau. Par conséquent, une fois le portefeuille d'un investisseur construit, il est très difficile d'en modifier l'exposition au risque immobilier. Une modification de cette exposition sera longue et onéreuse. Ceci justifie la mise en œuvre de stratégies d'achat et de conservation dites *buy and hold* en anglais. Dans ce contexte, les compétences du gérant en ce qui concerne sa capacité d'anticipation du cycle immobilier seront d'une moindre utilité.

### **3.2. Immobilier indirect**

L'investissement dans l'immobilier peut aussi se faire par le biais de fonds détenant des parcs immobiliers. L'investisseur acquiert des parts et non pas directement des objets immobiliers d'où le terme d'immobilier indirect. Il faut différencier les placements indirects cotés des placements indirects non cotés. Cependant, comme

l'unique différence est la cotation, nous commencerons par présenter l'immobilier indirect non coté puis nous préciserons les conséquences de son introduction au sein d'un marché organisé.

Selon Hoesli (2011), les placements en immobiliers indirects « présentent l'avantage de conférer à l'investisseur une exposition au marché immobilier qui s'apparente à celle des placements immobiliers directs tout en limitant le plus souvent les asymétries d'information, notamment en ce qui concerne les placements immobiliers internationaux. Par ailleurs, un investissement dans un fonds permet de réduire l'exposition au risque diversifiable dans la mesure où l'on possède une quote-part d'un fonds bien diversifié ». S'il existe un intérêt fort pour ce support, cela ne remet pas en cause certaines limites relatives à l'immobilier direct puisque les coûts de transactions mais également les frais de gestion existent toujours ; à partir du moment où le fonds immobilier a besoin d'acheter, de vendre et d'administrer ses biens, les coûts ont simplement été transférés. De plus, des droits d'enregistrement sont généralement facturés à l'investisseur lors de l'achat et de la revente de parts de fonds. Le principal intérêt de l'investissement indirect est la diversification. Pour ce qui est de la liquidité, même si elle est améliorée, et ce particulièrement pour l'immobilier indirect coté, elle reste limitée. En effet, différentes méthodes existent pour le fonds afin d'assurer une certaine liquidité, mais celles-ci ne permettent que d'atténuer le problème ou de le déplacer. La transformation de l'immobilier, actif peu liquide en un actif relativement plus liquide, aura souvent pour conséquence dans les fonds non cotés une détention de liquidité ou de dette élevée<sup>24</sup>. Un délai est souvent assorti à toute demande de sortie des fonds et un retrait trop important conduira d'ailleurs à un gel des retraits. Même dans le cadre de l'immobilier coté, dont les capitalisations sont souvent considérées comme de petites capitalisations, il n'est pas possible pour un investisseur important d'acheter ou de vendre des parts sans devoir faire des concessions substantielles sur le prix. Les

---

<sup>24</sup> Si le fonds est ouvert, il devra constituer une réserve de monnaie relativement importante afin d'assurer la liquidité car la vente d'actifs est relativement longue. Cependant, cela nuit à sa rentabilité et la liquidité reste limitée à l'argent placé en réserve. Cette solution n'est pas optimale car la vente des actifs est alors souvent motivée par la nécessité de rembourser des parts et peut ainsi s'effectuer au détriment des investisseurs restant engagés dans le fonds ; un rabais important est souvent nécessaire afin de réduire la durée de commercialisation des biens. Le fonds peut également avoir recours à un endettement supplémentaire pour faire face aux besoins de liquidité. Cependant, cette solution tend à accroître le risque.

mouvements de marché acheteurs/vendeurs auront pour conséquence, lorsque le fonds est fermé, d'entraîner de fortes sur ou sous évaluations de la valeur nette des actifs détenus.

L'immobilier direct, qu'il soit coté ou non coté, ne permet pas aux investisseurs de contrôler la mise en œuvre de la stratégie d'investissement. En effet, ceux-ci ne sont pas habituellement impliqués dans le processus de construction du portefeuille. D'autre part, le suivi de la stratégie mise en œuvre, et plus précisément l'analyse des déterminants de la performance, souffre d'un certain manque de transparence. Il est difficile de déterminer la part de la rentabilité relative aux différents segments, et ce d'autant plus que ces véhicules ont souvent recours au levier financier.

Pour ce qui est des fonds immobiliers cotés, la question centrale est évidemment de savoir s'ils se comportent de la même manière que leurs actifs sous gestion. Historiquement, le couple rendement/risque de ces sociétés a été plus proche de la dynamique des actions que de l'immobilier direct. Chaudhry, Neil Myer, et Webb (1999) montrent qu'elles sont intégrées au marché des actions et des obligations alors qu'elles ne le sont pas avec celui de l'immobilier. De plus, Hoesli et Serrano (2006) montrent que la volatilité des marchés financiers contribue grandement à la volatilité de l'immobilier coté. Malgré cela, le lien entre l'immobilier coté et les actions semble se réduire dans de nombreux pays (Hoesli et Serrano (2006)). L'immobilier coté est de plus en plus assimilé à un placement immobilier par les investisseurs, notamment en raison de la tendance observée dans de nombreux pays, dont la France, de le rendre transparent fiscalement.

Alors que de très nombreuses études rendent compte de l'intérêt fort de l'immobilier en termes de diversification, il reste aujourd'hui relativement difficile d'obtenir une exposition à ce marché. Même si l'immobilier coté atténue certaines limites de l'immobilier direct, il ne fournit pas une aussi bonne diversification (Hung, Onayev, et Tu (2008))<sup>25</sup>. De plus, parvenir à un portefeuille immobilier diversifié à la fois géographiquement et sectoriellement, comme le recommandent Eichholtz, Hoesli, MacGregor, et Nanthakumaran (1995) et Florida et Roulac (2007), est difficilement

---

<sup>25</sup> Stephen et Simon (2005) montrent que l'utilité d'inclure de l'immobilier coté s'accroît avec la durée de l'investissement considéré.

envisageable. Dans ce cadre, il semble indispensable de développer de nouveaux supports permettant de surmonter les limites imposées par les véhicules d'investissements immobiliers traditionnels.

## **4. INTÉRÊTS DE L'IMMOBILIER SYNTHÉTIQUE ET ACTEURS CONCERNÉS**

Après avoir mis en exergue les limites de l'immobilier, que ce soit d'un point de vue informationnel ou en tant que véhicules d'investissements, nous présenterons dans cette partie l'intérêt de l'immobilier synthétique, c'est-à-dire des produits dérivés sur indices immobiliers. Pour ce faire, nous définirons et présenterons dans une première section les principaux contrats que constituent les forwards/futures et les swaps ; d'autres produits seront présentés dans la partie suivante relative à l'état des lieux du développement de ce marché. L'intérêt potentiel de l'introduction des produits dérivés en termes de transmission de l'information sera abordé dans une seconde section. Finalement dans la troisième section, nous rendrons compte, par le biais d'une présentation des principales stratégies, de la pertinence de ces produits pour les différents acteurs du marché immobilier.

### **4.1. Définitions et présentation**

#### *4.1.1. Présentation générale*

Un produit dérivé est un contrat dont la valeur est liée à un actif sous-jacent et dont la relation entre le bénéfice et le sous-jacent peut être linéaire ou non linéaire<sup>26</sup>. Concernant les dérivés immobiliers, la pierre n'étant pas fongible, il ne peut pas exister de marché de dérivés prenant comme sous-jacent chaque bien strictement. Le support des contrats doit être un indice immobilier basé sur des transactions réelles ou des valeurs d'expertises. Il est ainsi possible de prendre une position sur le marché immobilier par le biais d'indices. Ainsi, un acheteur (vendeur) pourra acheter (vendre) de façon synthétique une exposition au rendement locatif, au rendement en capital ou au rendement total ayant trait à une zone géographique ou à un secteur. L'exposition ainsi

---

<sup>26</sup> En effet, le contrat peut par exemple entraîner, comme c'est le cas pour les options (Call/Put), un payoff correspondant à une droite coudée.

obtenue est optimale en termes de diversification puisque le risque diversifiable propre à chacun des biens de l'indice considéré est éliminé. Être acheteur d'un indice immobilier revient à investir dans l'immobilier sans en supporter les coûts de gestion ni l'expertise requise. Un dérivé immobilier n'étant qu'un simple contrat, le temps nécessaire à une transaction sur indice est sans commune mesure avec celui nécessaire pour une transaction sur de l'immobilier direct. De plus, en n'étant pas grevées par les coûts associés à l'achat et à la vente (directe ou indirecte) de l'immobilier, les transactions se font à moindres frais (*cf.* Section 5.1.1).

S'il peut potentiellement exister une infinité de produits dérivés puisqu'il ne s'agit que de simples contrats dont la construction n'a de limite que l'imagination de ses initiateurs, nous nous limiterons ici à la présentation des forwards/futures et des swaps. En effet, même si d'autres produits ont déjà été échangés, il s'agit aujourd'hui des contrats les plus activement échangés (*cf.* Partie 5). Ce choix de la standardisation par l'utilisation presque exclusive de ces deux types de contrats réduit les coûts de transactions, les risques juridiques, le temps de transactions et augmente la transparence, la liquidité et la confiance dans ce marché. La documentation de base pour les dérivés comme pour les dérivés immobiliers est celle de l'International Swaps and Derivatives Association (ISDA)<sup>27</sup>. L'ISDA a réalisé des documents standardisés pour les swaps et les forwards immobiliers afin d'en faciliter l'échange et d'éviter tout vide juridique. Il est donc possible d'acheter ou de vendre un indice par le simple renseignement du formulaire dit *confirmation form*. Ce dernier, très court (trois pages environ), repose sur le *2007 ISDA Property Index Derivatives Definitions and forms of confirmation*<sup>28</sup> détaillant les obligations sur lesquelles repose le contrat.

#### 4.1.2. Les forwards/futures

Un contrat forward/future est un produit dérivé très simple. A la différence du contrat forward qui est échangé de gré à gré, le contrat future est échangé sur des marchés organisés. Cette particularité des contrats futures requiert l'utilisation de chambres de compensation assurant de toute défaillance de l'une ou de l'autre des

---

<sup>27</sup> <http://www.isda.org>

<sup>28</sup> <http://www.isda.org/publications/propertyindexderdefs.aspx>



parties (pas de risque de défaut)<sup>29</sup>. Si cela n'est pas nécessaire sur le marché des forwards, en pratique, des mécanismes d'appels de marge sont également mis en place afin de limiter le risque de contrepartie<sup>30</sup>. L'un comme l'autre de ces contrats constituent un engagement ferme à acheter ou à vendre un actif (appelé actif sous-jacent, ASJ) à une date future donnée (la maturité) pour un prix convenu (le *strike*). Ils se distinguent d'un contrat au comptant (*spot*) dans lequel la transaction est réalisée immédiatement. Bien souvent, lors du dénouement, les deux contreparties procèdent au règlement de la différence entre le prix négocié à l'avance et le prix du marché (procédure dite de *cash settlement*). Très peu de contrats font l'objet d'une livraison (*physical settlement*). En immobilier, étant donné que le sous-jacent utilisé est un indice de prix, il ne peut être livré et donc le dénouement du contrat se fait toujours en *cash settlement*. La Figure 1.2 rend compte à maturité des flux relatifs à un forward/future dans lequel l'acheteur s'est engagé à la date  $t$  à payer en date  $T$  (la maturité),  $I(t,T)$ , en échange du niveau de l'indice observé en  $T$ , *i.e.*,  $I_T$ .

[INSÉRER LA Figure 1.2 ICI]

Ainsi, le gain (ou perte) à maturité pour la partie acheteuse du contrat et donc la perte (ou gain) pour la partie vendeuse est défini par :

$$\text{Indice à maturité} - \text{strike} = \text{Gain (perte) pour l'acheteur si positif (négatif)} \quad (1.1)$$

Si l'indice est supérieur d'un point au *strike* à maturité, l'acheteur du contrat gagnera un euro par contrat ; un indice de 101 à maturité rapportera un à l'acheteur et inversement fera perdre un au vendeur du contrat si le *strike* est de 100. Le gain ou la perte du contrat selon que l'on soit acheteur ou vendeur se comprennent particulièrement facilement si l'on suppose que le sous-jacent est échangeable sur le marché. En effet, l'acheteur du contrat achètera l'indice 100 et pourra le revendre 101 et

<sup>29</sup> Etant donné que les marchés organisés ne permettent pas de choisir la contrepartie du contrat, aucun échange n'aurait lieu sur le marché des dérivés s'il n'existait pas de mécanisme permettant d'éviter toute défaillance de l'une ou de l'autre des parties.

<sup>30</sup> Le risque de contrepartie fait référence à la perte potentielle en cas de défaillance de la contrepartie du contrat.

ainsi générera un gain de un. Le contrat forward pourra donc permettre à l'acheteur de parier sur une hausse de l'indice et au vendeur sur une baisse ; si l'indice est à 99 à maturité, le vendeur du contrat achètera l'indice au prix de 99 (sur le marché) et pourra le revendre par le biais du contrat au prix de 100. Le contrat rapportera donc 1 au vendeur du contrat.

#### 4.1.3. Les swaps

Les swaps sont les produits dérivés de l'immobilier les plus couramment utilisés. Deux parties s'engagent sur des cash-flows futurs réciproques, calculés et payés à intervalles réguliers (généralement chaque année), selon une formule et une durée convenue dans le contrat. Les swaps ne sont pas échangés sur des marchés organisés mais de gré à gré et donc par définition, tous les termes du contrat sont négociables.

En immobilier, le contrat basic de swap consiste en l'échange du rendement d'un indice immobilier contre un taux fixe<sup>31</sup> ; l'acheteur recevra chaque année le rendement d'un indice immobilier en échange du paiement d'un taux fixe. A l'inverse, le vendeur du swap recevra le taux fixe en échange du paiement de la rentabilité de l'indice. Le rendement de l'indice comme le taux fixe sont payés sur le même notionnel. Comme pour les contrats forwards, il est possible d'utiliser comme sous-jacent un indice en capital ou un indice de rendement total, ce qui donnera respectivement lieu à un *capital value return swap* ou à un *total return swap*. Ces deux produits sont schématisés au sein de la Figure 1.3. Au lieu d'échanger le rendement d'un indice immobilier contre un taux fixe, il est possible d'opter pour le rendement d'un autre indice immobilier, *i.e.* d'une autre région ou d'un autre secteur ; nous parlerons alors de *property type total return swap*. La Figure 1.3 introduit également ce produit.

[INSÉRER LA Figure 1.3 ICI]

Si le risque de défaut peut paraître important sur ce type de contrat, Lizieri, Marcatto, Ogden, et Baum (2010) le considèrent comme négligeable. Différentes raisons sont avancées, comme le fait que le principal ne soit pas échangé, que leur traitement

---

<sup>31</sup> Initialement, les contrats de swaps constituaient en l'échange du rendement d'un indice immobilier contre un taux variable. Un taux fixe y a été substitué afin d'en faciliter l'intelligibilité par les différents acteurs.

soit favorable et qu'ils soient généralement négociés *via* un teneur de marché qui se tenant entre les parties, *de facto*, offre une garantie. De plus, des mécanismes d'appels de marge sont généralement introduits afin d'éviter tout risque de défaut.

#### 4.2. La fonction de découverte des prix

L'une des spécificités des produits dérivés est la fonction de découverte des prix qui y est généralement associée. En effet, les différents intervenants révèlent par le biais du prix des dérivés une information non transparente et non observable sur le marché au comptant du sous-jacent. Ces prix sont d'autant plus pertinents qu'ils sont disponibles pour différentes maturités et ainsi reflètent les anticipations du marché en matière de prix du sous-jacent pour différents horizons temporels. Nous parlons dans ce cas de structure par terme. La structure par terme est la relation associant, à un instant donné, des prix correspondant à des maturités différentes. Elle est observable dans de nombreux domaines : les indices boursiers, les taux d'intérêt, les taux de change... et désormais le marché immobilier.

Les structures par terme peuvent être déterminées pour de multiples dérivés que ce soit par exemple les forwards/futures, les swaps ou encore les options (puts/calls). Cependant, l'information pouvant en être déduite est différente. En effet, le recours aux options nous permettra d'obtenir de l'information sur la volatilité attendue des prix par les investisseurs alors que les forwards ou les swaps nous renseigneront sur leurs niveaux<sup>32</sup>.

Le prix des dérivés génère de l'information à propos de l'offre et de la demande des différents acteurs pour ces produits. Comme l'expliquent Simon et Lautier (2006) dans leur ouvrage, la structure par terme synthétise l'information disponible sur le marché et les anticipations des opérateurs concernant l'avenir à plus ou moins long terme. Il s'agit du lieu où l'information va être disséminée. Selon Tsetsekos et Varangis (2000), un marché des dérivés actif joue un rôle important dans la détermination du prix de marché du sous-jacent en améliorant la transparence sur les prix présents et futurs.

---

<sup>32</sup> Le prix d'un forward est assez facilement intelligible : il s'agit du prix auquel je m'engage à acheter ou à vendre l'actif/l'indice sous-jacent à une date future. Cela est plus compliqué pour les swaps. Cependant, nous montrerons lors du Chapitre 2 de ce travail doctoral que les swaps sur indices immobiliers ne sont finalement qu'une série de forwards et qu'il est possible à partir de ces prix d'en déduire le prix des forwards.

L'information ainsi transmise par le truchement de ces prix peut conduire à améliorer l'efficacité du marché au comptant. Ce mécanisme conduisant à une plus grande efficacité se matérialise d'après Cox (1976) et Brorsen (1991) par une augmentation de la volatilité du sous-jacent en raison d'une diminution des frictions sur le marché des dérivés. En servant de prix de référence et par l'intervention d'arbitragistes, leurs changements de prix liés à une modification de l'ensemble informationnel seront rapidement intégrés dans le prix du sous-jacent. Ainsi, la volatilité, du moins à court terme, devrait augmenter alors que l'efficacité du marché s'améliore.

Dans un marché souffrant d'un degré de friction particulièrement élevé tel que l'immobilier, l'utilisation de dérivés, en améliorant la transparence du marché pourrait contribuer à accroître substantiellement son efficacité. Parce que les dérivés sont caractérisés par de faibles coûts de transactions, les spécialistes ont la possibilité de tirer rapidement profit d'une modification de l'information disponible sur le marché des dérivés. Ainsi, ils révéleront leurs anticipations au marché par le biais du prix des dérivés qui pourra ensuite l'intégrer sur le marché au comptant. Les dérivés immobiliers pourraient également compenser les limites relatives aux indices de prix utilisés comme sous-jacents. Si le sous-jacent est prévisible (*cf.* Partie 2) et que les dérivés n'intègrent pas cette prévisibilité, il est *a priori* possible pour un spéculateur de dégager un profit certain sans mise de fonds initiale. L'hypothèse d'absence d'opportunité d'arbitrage nous conduit à penser que le prix des dérivés immobiliers devrait intégrer toute prévisibilité relative à l'indice sous-jacent (Geltner et Fisher (2007)). Une modification de l'information disponible devrait être instantanément intégrée aux prix des dérivés si la liquidité de ce marché est suffisante. En réagissant plus rapidement, les dérivés peuvent potentiellement être utilisés comme un indicateur avancé du marché ; le prix des forwards pourrait expliquer les prix au comptant futurs. Dans ce cas, acheteurs, vendeurs et évaluateurs auraient intérêt à collecter de l'information non seulement sur le marché au comptant mais également sur le marché des dérivés. De façon générale, les dérivés pourraient être pertinents pour tous les acteurs de l'immobilier en fournissant de l'information qui ne serait pas disponible autrement que ce soit pour les investisseurs ou pour les pouvoirs publics dans la mise en œuvre et le pilotage de politiques publiques dans les secteurs de l'immobilier et de la construction.

### 4.3. Principales stratégies et acteurs concernés

Etant donnée la multitude des applications relatives aux produits dérivés immobiliers, leur base d'utilisateurs potentiels est extrêmement large. En effet, tous les acteurs, qu'ils soient de l'immobilier ou non, sont potentiellement intéressés par les dérivés immobiliers. L'objectif de cette sous-section n'est pas de réaliser une liste exhaustive des stratégies existantes mais d'en présenter les principales, de rendre compte de leurs intérêts et ainsi de les associer aux acteurs concernés. Si d'autres stratégies pourraient être introduites, elles ne constitueraient dans l'ensemble qu'une réutilisation de celles présentées<sup>33</sup>.

#### 4.3.1. Investir dans l'immobilier

De nombreux fonds d'investissements ou investisseurs institutionnels sont désireux d'investir dans l'immobilier que ce soit dans leur pays domestique ou à l'international. Cependant, en raison des caractéristiques de l'immobilier présentées au sein des Parties 2 et 3, ils ne le font pas. Il existe un véritable besoin pour un véhicule d'investissement permettant de bénéficier de l'immobilier à court ou à long terme, pour un moindre coût, ne nécessitant pas le recours à un spécialiste et procurant une diversification optimale pour un notionnel relativement faible. En offrant une exposition à l'immobilier sans avoir besoin d'acheter l'actif (exposition synthétique), les dérivés immobiliers devraient permettre de répondre à ce besoin.

Tout investisseur peut utiliser les dérivés immobiliers comme un véhicule d'investissement, sans avoir à supporter les contraintes traditionnellement rattachées à l'immobilier direct et indirect. Pour cela, il suffit par exemple de se porter acheteur d'un swap sur indice immobilier ; l'investisseur se verra ainsi remettre à intervalles réguliers le rendement de l'indice en échange d'un taux fixe. La performance de l'immobilier obtenue est celle d'un indice de prix pouvant faire référence au marché immobilier dans son ensemble. Investir dans les dérivés immobiliers confère une exposition à des centaines, et dans la plupart des cas à des milliers, de propriétés. L'investisseur acquiert ainsi une exposition très large au marché immobilier qu'il lui serait difficile d'obtenir

---

<sup>33</sup> Par exemple, une stratégie permettant à un gestionnaire d'actifs de respecter son allocation contractuelle lorsque le prix de ses actifs évolue n'est rien d'autre qu'une stratégie consistant soit à investir soit à s'assurer via l'utilisation de dérivés immobiliers ; ces deux stratégies sont présentées.

autrement. Contrairement à la plupart des portefeuilles immobiliers, un tel portefeuille ne contient pas de risque diversifiable. L'utilisation des swaps permet d'atteindre un niveau de levier élevé puisque le principal du contrat n'est pas échangé. Ainsi, un investisseur pourra détenir une exposition à l'immobilier de plusieurs millions d'euros sans avoir à les déboursier.

L'immobilier est probablement la classe d'actif, avec le biais domestique ou sectoriel, le plus extrême. Comme nous l'avons expliqué lors de la Partie 3, il est difficilement envisageable pour un investisseur privé ou institutionnel d'obtenir un portefeuille correctement diversifié ; cela serait risqué, long et complexe. Il y a un réel besoin de diversification au sein même des portefeuilles immobiliers. L'utilisation des swaps ou des futures offre la possibilité pour les investisseurs de s'exposer aux marchés immobiliers internationaux ou à d'autres secteurs. Par exemple, un gestionnaire d'actifs spécialisé dans le marché des bureaux en France pourra échanger une part de son exposition à ce marché contre la performance du marché des bureaux (ou d'un autre secteur) au Japon par le biais d'un swap. Ainsi, il se spécialise sur un secteur (les bureaux en France) et se diversifie par le biais de swaps.

#### 4.3.2. *Stratégies de couverture*

Si les dérivés peuvent permettre de s'exposer au risque immobilier, ils sont originellement apparus dans le but de s'en assurer. Deux situations conduisant à des stratégies différentes d'assurance existent. Une stratégie qui assure le détenteur d'immobilier contre toute baisse des prix ou du loyer est appelée *short hedge* puisque l'investisseur entre dans une position *short* (il est vendeur du produit dérivé) pour éliminer son risque. A l'inverse une stratégie qui assure le détenteur d'immobilier contre toute hausse des prix ou du loyer est appelée *long hedge* puisque l'investisseur entre dans une position *long* (il est acheteur du produit dérivé) pour éliminer son risque.

##### Short hedge

Un gérant d'actifs immobiliers inquiet des perspectives économiques futures aura intérêt à assurer à la fois le rendement en capital et le rendement locatif s'il désire éliminer le risque de son portefeuille. Etant donné qu'il est inconcevable pour lui de vendre « aujourd'hui » ses actifs et de reconstituer son portefeuille à la fin de la période de baisse, seule l'utilisation de swaps (ou de futures) semble une solution envisageable. En effet, en se portant vendeur d'un swap de rendement total (*cf.* Section 4.1) cela lui

permettra de convertir le rendement incertain de l'immobilier en un flux certain. La Figure 1.4 illustre ce mécanisme. Le gérant obtiendra de son portefeuille immobilier un rendement relatif au rendement en capital et au rendement locatif qu'il reversera par le biais de son swap à sa contrepartie en échange d'un taux fixe. Le gérant obtient le rendement de son portefeuille et reverse le rendement de l'indice. Le risque n'est donc pas parfaitement éliminé, seul le risque de marché approximé par celui de l'indice sous-jacent est supprimé. Si le portefeuille du gérant a une rentabilité plus faible que celle de l'indice, il devra en assumer la charge. Éliminer le risque *via* des dérivés permet au gestionnaire de couvrir son portefeuille immobilier du risque de marché pour une certaine période, tout en conservant la propriété de ses actifs.

[INSÉRER LA Figure 1.4 ICI]

Cette stratégie de *short hedge* est également pertinente pour les promoteurs ou les entreprises. Un promoteur peut commencer un projet immobilier sans s'inquiéter d'une possible baisse des prix entre la date de mise en chantier et la date de commercialisation. En effet, un retournement du marché pourrait mettre en péril la rentabilité de l'opération : un moyen simple pour le promoteur de se couvrir est de recourir à des forwards sur indices de rendement en capital. Leur utilisation lui permettra de ne plus voir son profit affecté par les évolutions du marché en lui garantissant un certain niveau de prix lors de la commercialisation. Pour ce qui est des entreprises détentrices d'actifs immobiliers, l'utilisation de dérivés leur permet d'immuniser leurs états financiers de toutes fluctuations de prix<sup>34</sup>. Ainsi, elles éviteraient de voir la rentabilité de leurs activités principales affectée par l'évolution du marché immobilier. L'achat de swaps ou de forwards les protégerait de toutes fluctuations des prix de marché tout en leur permettant de conserver la propriété de leurs actifs stratégiques.

### Long hedge

Si certains acteurs du marché sont confrontés au risque d'une baisse des prix ou

---

<sup>34</sup> L'utilisation plus marquée de la juste valeur en comptabilité et notamment au sein des normes IFRS contraint les entreprises à déprécier leurs immeubles en cas de baisse des prix immobiliers.

des loyers, d'autres acteurs courent le risque d'une hausse. Un locataire par exemple est exposé au risque de hausse de son loyer. Une stratégie de type *long hedge* conviendra également à toute entité qui, à l'avenir, aura besoin d'acheter ou de louer une surface supérieure. Il s'agit d'acteurs dont le risque est associé à l'augmentation généralisée du niveau des prix ou des loyers.

Les entreprises qui voudraient acheter des locaux dans quelques années courent le risque d'une hausse des prix et peuvent mettre en place un mécanisme d'assurance par anticipation. Par exemple, une entreprise souhaitant s'installer dans deux ans à Bruxelles peut chercher à s'assurer d'une augmentation générale du niveau des prix ; grâce aux dérivés, il lui suffira d'acheter des forwards de maturité deux ans et dont le sous-jacent est l'indice du rendement en capital des bureaux bruxellois.

Les particuliers sont obligés d'épargner avant de pouvoir acheter un actif immobilier. Ils recherchent un certain niveau d'épargne relativement au prix de l'immobilier afin de pouvoir emprunter. Dans le cas où les prix de l'immobilier monteraient, ce niveau augmenterait et l'épargne devrait être prolongée. Une solution pour éliminer ce risque immobilier est de prendre une position longue (acheteuse) sur des contrats de swaps en capital afin d'assurer le pouvoir d'achat en actifs immobiliers de son épargne. Les swaps ou forwards immobiliers peuvent permettre de développer de nouveaux produits d'épargne structurés offrant à l'épargnant une protection contre le risque de hausse des prix.

Pour ce qui est des locataires, qu'il s'agisse de particuliers ou d'entreprises, ils peuvent s'assurer d'un risque de hausse des loyers en achetant des contrats de swaps de rendement locatif. S'il est souvent aisé de bloquer le niveau du loyer payé à court terme, le faire sur le long terme sans avoir recours à des contrats de swap semble plus difficile.

Les stratégies présentées dans le cadre des stratégies dites de *short hedge* ou de *long hedge* peuvent être considérées comme étant des stratégies de *beta hedge*. En effet, l'utilisation de swaps ou de forwards et donc d'indices de prix ne permet que d'assurer le risque de marché. Le risque spécifique reste à la charge de l'utilisateur de ces contrats. Il n'est pas assurable, car il poserait notamment un problème en termes d'aléa moral. En effet, le détenteur de l'actif n'aurait alors plus intérêt à le gérer de façon optimale.



#### 4.3.3. Générer de l'Alpha et stratégies d'arbitrage

Dans le cadre des stratégies de *short hedge*, le gérant retient le risque des propriétés individuelles et par conséquent tout rendement en capital ou locatif en excès du rendement mesuré par l'indice lui appartient. Seul le risque systématique est éliminé. Ainsi, si les propriétés qu'il détient surperforment l'indice sous-jacent, le gérant, en payant le rendement de l'indice, dégagera un rendement excédentaire venant s'ajouter au taux fixe qu'il reçoit de la part de sa contrepartie. Ce rendement supplémentaire est désigné par le terme *alpha*. Ce rendement est associé à la capacité du gérant à avoir sélectionné les biens ayant surperformé le marché immobilier. Si le gérant ne dispose d'aucun contrôle sur le *beta*, *i.e.* sur la conjoncture économique, l'*alpha* quant à lui dépend de ses compétences propres. Les stratégies de type *short hedge* permettent de supprimer le *beta* mais de conserver l'*alpha*.

De nombreux hedge funds adoptent des stratégies dites *market neutral* (neutre au marché) et cherchent à dégager de l'*alpha*. En utilisant les dérivés immobiliers, ils peuvent désormais implémenter des stratégies d'arbitrage, consistant à acquérir des portefeuilles immobiliers sous évalués dont ils espèrent qu'ils génèreront un rendement supérieur au marché puis à en éliminer le *beta* (voir *short hedge*). Ainsi, ils sont en mesure de dégager un rendement positif quelle que soit la performance du marché. Il s'agit de stratégies dites *absolute return* puisque le rendement attendu est positif quelles que soient les conditions économiques futures. Dans un marché aussi inefficace que celui de l'immobilier avec de multiples supports, de nombreuses stratégies d'arbitrage ayant pour but de dégager de l'*alpha* pourraient émerger par recours aux dérivés immobiliers.

#### 4.3.4. Market timing

Jusqu'ici, nous n'avons fait référence qu'à une suppression totale du risque de marché c'est-à-dire du *beta* ainsi qu'à la possibilité de dégager de l'*alpha*. Cependant, les dérivés immobiliers peuvent permettre d'ajuster de façon dynamique le risque de marché au lieu de le supprimer totalement. L'objectif est d'accroître de façon synthétique l'exposition au risque immobilier du portefeuille lorsque l'on est dans une phase de hausse des prix et inversement à la diminuer dans les phases de baisse. Ainsi, le *beta* du portefeuille évoluera en fonction des anticipations du gestionnaire en matière de conjoncture économique. C'est pour cette raison que l'on fait généralement référence

à cette stratégie sous le terme de *market timing*. L'exposition au risque immobilier sera ajustée, soit par l'achat, soit par la vente de dérivés immobiliers, en un laps de temps court et si nécessaire pour un laps de temps court. Jusqu'à présent, un gérant ne pouvait que très difficilement monétiser sa capacité à anticiper les évolutions du marché ; grâce aux dérivés immobiliers, il en a désormais la possibilité.

#### 4.3.5. *Intégration des dérivés au sein des crédits hypothécaires*

Dans la littérature, les académiques ont tenté d'encourager l'introduction et l'utilisation des produits dérivés immobiliers comme moyen de couverture des risques immobiliers résidentiels. Une approche proposée par Syz, Vanini, et Salvi (2007) suggère de joindre des options sur indices immobiliers aux crédits hypothécaires. Ainsi, le paiement des intérêts ou le remboursement du principal dépendront de la performance du marché immobilier. Si les prix de l'immobilier se détériorent, le ménage aura soit à payer un taux d'intérêt plus faible soit à rembourser un notional moindre. Cela conduit à un lissage de la richesse immobilière nette détenue par les ménages et donc à une plus grande efficacité de leurs portefeuilles d'actifs. En effet, leurs portefeuilles accordent souvent une part trop importante à l'immobilier, et donc en diminuer l'exposition permet une meilleure diversification<sup>35</sup>. Ce lissage de leur richesse immobilière nette à pour conséquence directe une baisse substantielle de la probabilité de défaut associée aux crédits. En effet, cela réduit la volatilité du collatéral composé de l'actif immobilier et de l'option sur indice immobilier.

## 5. ÉTAT DES LIEUX

Case, Shiller, et Weiss (1993) expliquent que la taille du marché immobilier et le risque associé devraient assurer aux produits dérivés une demande suffisante à leur développement. Cette demande pourrait même dépasser celle des autres marchés de dérivés et conduire à un volume supérieur à celui observé pour le sous-jacent. En effet, par le passage de l'actif immobilier entre plusieurs mains, si tous se couvrent, y compris

---

<sup>35</sup> Ceci est d'autant plus vrai que le foyer considéré est jeune ; ainsi aux Etats-Unis, il n'était pas rare de trouver des personnes pour lesquelles l'immobilier représentait 300% du patrimoine net. Cette surexposition forcée, qui découle de l'insécabilité du bien, entraîne une sous-diversification du portefeuille et une surexposition au risque immobilier compte-tenu de l'effet de levier.

le promoteur et l'utilisateur final contre le risque de prix, le volume des transactions à terme pourrait être bien supérieur au montant du marché au comptant.

Cette partie relative à l'état des lieux du marché des produits dérivés immobiliers vise à présenter leur développement et à rendre compte des principales barrières à l'établissement d'un marché mature. Au sein de la première section, nous rendrons compte du développement de ce marché au Royaume-Uni, aux Etats-Unis ainsi que dans d'autres pays dont la France. Finalement, lors de la seconde section, les principales barrières relatives à leurs développements seront présentées.

## **5.1. Le développement du marché**

Des dérivés immobiliers ont à ce jour été échangés dans la plupart des pays développés que ce soit en Allemagne, en Australie, aux États-Unis, en France, au Royaume-Uni ou en Suisse. S'ils sont essentiellement basés sur de l'immobilier d'entreprise, certains ont trait à de l'immobilier résidentiel. Les indices sous-jacents utilisés sont des indices d'expertises dans le cas de dérivés sur indices d'immobilier d'entreprises et des indices de transactions dans le cas de dérivés sur indices d'immobilier résidentiels.

Le marché des dérivés immobiliers a d'abord débuté sur la base de négociations entre acheteurs et vendeurs avant d'être intermédié principalement par les banques. Les dérivés immobiliers sont aujourd'hui cotés sur certains marchés organisés dont le Chicago Mercantile Exchange (CME) aux États-Unis et sur Eurex au Royaume-Uni. Cependant, le marché peine encore à se développer et reste principalement un marché de gré à gré où s'échangent pour l'essentiel des forwards et des swaps.

### *5.1.1. Le Royaume-Uni*

Le premier dérivé immobilier à avoir été publiquement échangé au Royaume-Uni était un future sur le London Futures and Options Exchanges. Cependant, peu après son introduction en mai 1991, les échanges furent suspendus. En effet, ils conduisirent à des manipulations artificielles de cours permettant de rendre compte d'une liquidité anormalement élevée. Durant les années 90, d'autres tentatives eurent lieu notamment sous l'impulsion de la banque Barclays très désireuse d'assurer son exposition au marché immobilier. Elle contribua au développement d'obligations dont le rendement est indexé à un indice immobilier : les Property Index Certificates (PICs). Le coupon de

ces obligations assimilable au rendement locatif était lié à l'indice IPD All Property Income Return et le notionnel représentatif du rendement en capital évoluait comme l'indice IPD All Property Capital Growth. Ces produits permirent à Barclays d'échanger son exposition à l'immobilier contre du cash, tout en conservant la propriété de ses actifs immobiliers.

Le marché des dérivés au Royaume-Uni est aujourd'hui devenu le marché le plus mature au monde, et au sein de ce marché, le dérivé le plus liquide est le swap sur indice *IPD all property total return*<sup>36</sup>. Ce sous-jacent est un indice annuel sur valeurs d'expertises créé en 1981. Depuis 2004, des contrats de swaps sont écrits sur cet indice. Le lancement le 16 septembre 2005 du Property Derivatives Interest Group (PDIG)<sup>37</sup> a été le signal de l'accélération des volumes et de l'utilisation du modèle Anglo-Saxon comme référence pour les autres marchés de dérivés ailleurs dans le monde. ABN Amro, Goldman Sachs, Merrill Lynch et la Royal Banque of Scotland ont été parmi les plus actifs à partir de 2005. En 2006, Goldman Sachs a promis une liquidité parfaite sur les swaps en se portant contreparties et donc en acceptant un certain niveau de risque. ABN Amro et Merrill Lynch notamment la suivirent dans cette démarche. Quelques banques dont UBS rendent les cotations disponibles quotidiennement sur Bloomberg<sup>38</sup>.

Le marché des swaps sur indices immobiliers offre au Royaume-Uni une relativement bonne liquidité. Si les maturités vont jusqu'à 15 ans, les plus liquides sont comprises entre un et trois ans. Pour ce qui est des coûts de transactions, la société Cushman & Wakefield les estime à dix points de bases par an en pourcentage du notionnel. Ces frais n'ont rien à voir avec ceux associés à l'achat et à la vente de biens immobiliers compris entre 6 et 8% au Royaume-Uni. En 2007, il y avait 553 contrats IPD en circulation au Royaume-Uni pour un notionnel de 7,2 milliards de livres sterling. En 2008, le notionnel de contrat en circulation atteignait son point haut avec près de 13 milliards. Si certaines transactions ont trait à des secteurs en particulier de l'immobilier (résidentiel, bureau, etc.), la grande majorité des échanges est basée sur l'indice IPD UK All Property. Les indices par secteur procurent une assurance plus fine

---

<sup>36</sup> Pour plus de détails sur les caractéristiques techniques de ce contrat, le lecteur pourra se référer à la Partie 4.

<sup>37</sup> <https://www.ipf.org.uk>

<sup>38</sup> Ces cotations sont disponibles sur l'adresse Bloomberg : RPRE <go>.

mais les investisseurs privilégient les contrats les plus liquides, définis sur un indice global convenant au plus grand nombre.

Depuis 2009, des forwards sur indice *IPD all property, industrial, office et retail* sont cotés sur Eurex<sup>39</sup>. Malgré cela, les volumes échangés sur les indices IPD tendent à se réduire depuis 2008. Seulement 365 millions de livres sterling de notionnel ont été échangées au premier trimestre 2012, soit 76 swaps et 4849 futures (14 transactions sur Eurex). Si les échanges se sont réduits, les volumes relatifs à notre période d'étude sont, eux, historiquement élevés. Plus de 19,5 milliards de livres sterling ont été échangées du 1er janvier 2007 au troisième trimestre 2011 sur le seul sous-jacent que constitue l'IPD. Cela représente en moyenne 122 transactions pour un notionnel de plus d'un milliard de livres sterling par trimestre. Le détail du volume des swaps et des forwards/futures sur indices IPD est présenté au sein du Tableau 1.2.

### 5.1.2. Les États-Unis

Les produits financiers indexés sur les prix immobiliers ont fait l'objet aux États-Unis d'études assez nombreuses mais elles n'ont pas donné lieu, à ce jour, à des encours significatifs. Le marché Américain reste cependant le second marché au monde, après le Royaume-Uni, en ce qui concerne les produits dérivés immobiliers.

Le premier swap immobilier aux États-Unis a été échangé en 1993. Il était basé sur un indice à valeurs d'expertises, le National Council of Real Estate Investment Fiduciaries (NCREIF)<sup>40</sup>. Le vendeur de ce swap souhaitait réallouer ses actifs immobiliers dans des actions sans avoir à vendre ses immeubles. L'acheteur quant à lui était une assurance vie désireuse d'obtenir une exposition accrue au marché immobilier. En 2005, le Crédit Suisse développa ce produit. Début 2007, plusieurs banques le rejoignirent en acquérant la licence nécessaire et lancèrent des plateformes leur étant dédiées. Cependant, seuls quelques échanges eurent lieu jusqu'à présent.

Le 22 mai 2006, le Chicago Mercantile Exchange (CME)<sup>41</sup> qui constitue l'un des principaux marchés à terme Américain commença à coter des futures et des options sur

---

<sup>39</sup> <http://www.eurexchange.com>

<sup>40</sup> <http://www.ncreif.org>

<sup>41</sup> <http://www.cmegroup.com/trading/real-estate>

le S&P/Case-Shiller Home Price<sup>42</sup>. Il s'agit d'un indice résidentiel sur valeurs de transactions dont les dérivés cotés sont disponibles pour 10 villes américaines<sup>43</sup> en plus de l'indice composite. Cependant, les volumes n'ont pas véritablement décollés. D'autres produits, essentiellement des swaps, sont échangés de gré à gré sur d'autres indices tels que le Residential Property Index (RPX)<sup>44</sup>.

### 5.1.3. Les autres pays

En dehors du Royaume-Uni et des États-Unis, le développement des dérivés immobiliers n'a été que très limité et ne s'est réalisé que de gré à gré. Basés sur de l'immobilier d'entreprise, les dérivés ont essentiellement été écrits sur des indices IPD. En France, jusqu'à 1,271 millions d'euros de notional ont été en circulation au quatrième trimestre 2009. Depuis, les volumes ont baissé et aucun échange n'a été recensé en 2012. Des échanges ont également eu lieu en Allemagne, en Australie, à Hong-Kong, en Italie, à Singapour, en Suisse mais les volumes sont restés limités.

Si les volumes ne parviennent pas véritablement à décoller, cela ne signifie par pour autant que les besoins de couverture ne sont pas réels. De nombreuses initiatives visant par exemple à garantir la valeur de revente ou le rendement locatif d'un bien ont eu lieu. Nous verrons dans la section suivante les principales barrières au développement d'un marché des dérivés immobiliers mature.

## 5.2. Principales barrières relatives à l'établissement du marché des produits dérivés immobiliers

Il existe différentes raisons faisant du développement du marché des dérivés immobiliers un phénomène long, incertain et différent pour chaque pays. Certaines de ces raisons dépendent de la fiscalité alors que d'autres sont inhérentes au marché immobilier. Les sections suivantes abordent les principales barrières relatives au développement du marché des dérivés immobiliers.

---

<sup>42</sup> <http://www.standardandpoors.com>

<sup>43</sup> Boston, Chicago, Denver, Las Vegas, Los Angeles, Miami, New York City, San Diego, San Francisco et Washington D.C.

<sup>44</sup> <http://www.radarlogic.com>

### 5.2.1. La définition de l'actif sous jacent

Nous avons vu lors de la Partie 2 que les indices immobiliers, indispensables à la construction d'un produit dérivé, souffrent de nombreuses limites et qu'il n'existe pas d'indice de prix parfait. N'étant généralement disponible que sur une base trimestrielle ou annuelle, le prix des dérivés n'est que difficilement compréhensible (on observe le prix du dérivé mais pas celui du sous-jacent) et l'estimation régulière du risque associé à la possession de dérivés n'est que très approximative. Sur ce point, le Royaume-Uni en ayant un indice mensuel reconnu par tous et dont les variations approximent celles de l'indice annuel, dispose d'un réel avantage par rapport aux autres pays. Cependant, ces indices, comme tout indice immobilier, souffrent de lissage et de tyrannie des valeurs passées. Pour cette raison, les indices immobiliers ne pourront jamais parfaitement refléter la dynamique de prix d'un secteur ou du marché immobilier dans son ensemble. Ainsi, l'intérêt des produits dérivés immobiliers est atténué par les limites liées à la construction d'indices immobiliers.

Même s'il était possible de construire sur une base mensuelle des indices reflétant parfaitement les évolutions de prix, le choix d'un indice de référence resterait difficile en raison de la forte hétérogénéité de l'immobilier. Lorsque l'on examine les corrélations ou plus généralement l'efficacité d'une couverture avec un indice large appliqué à une zone plus restreinte (indice national pour couverture régionale ou indice régional pour couverture locale), les résultats sont mitigés (Bertus, Hollans, Swidler (2008)). Les utilisateurs devraient donc être intéressés par des dérivés portant sur des indices très variés ; les vendeurs de risque recherchent une couverture surtout locale et leurs contreparties sont plutôt en quête d'une exposition globale afin d'obtenir une diversification optimale. Dans le cas où le marché des dérivés se retrouverait fragmenté par l'utilisation d'une multitude d'indices sous-jacents, la liquidité en serait fortement affectée. Ainsi, même s'ils subissent un risque de base important, les acteurs tendent à privilégier un indice immobilier global disposant d'une large couverture afin de bénéficier d'une liquidité plus élevée : l'indice utilisé n'est alors pas pertinent pour tous les acteurs. Ceci explique probablement en partie la raison pour laquelle le marché des dérivés s'est mieux développé au Royaume-Uni qu'aux États-Unis. La plus grande homogénéité du marché anglais contribue à une plus grande efficacité des mécanismes d'assurance basés sur un indice global. Le marché Américain étant plus fragmenté que le marché du Royaume-Uni, l'utilisation d'un indice de référence tel que l'IPD all

property n'est que peu pertinent.

Le Royaume-Uni a été capable de développer un marché des dérivés immobiliers bien avant les autres en raison principalement d'un marché concentré et de la disponibilité d'indices offrant une couverture large à une fréquence de parution élevée. Le développement à d'autres pays des indices IPD servant de référence au Royaume-Uni, a contribué au développement des dérivés immobiliers.

### 5.2.2. *Le manque de répliquabilité*

Sur la plupart des marchés de dérivés, les banques ne courent pas le risque de contrepartie lors de leurs émissions; elles mettent en place des mécanismes d'assurance leur permettant de répliquer les flux qu'elles auront à payer et ne font qu'obtenir une commission pour les produits qu'elles commercialisent. Pour cela, elles ont, en simplifiant, soit la possibilité d'acheter ou de vendre le sous-jacent, soit la possibilité de le répliquer<sup>45</sup>. Cependant, il n'est pas possible d'acheter ou de vendre des indices immobiliers et il semble particulièrement difficile et risqué de les répliquer (risque de base élevé). En effet, les indices de prix immobiliers sont très difficilement répliquables par recours à de l'immobilier direct en raison notamment de l'hétérogénéité, de la valeur unitaire élevée, du manque de liquidité et des coûts de transactions associés à l'immobilier. De plus, comme l'expliquent Hinkelmann et Swidler (2007), l'utilisation des actifs cotés disponibles ne permet pas de résoudre ce problème. Ne pouvant s'assurer des contrats qu'elles émettent, les banques limitent leur risque en recherchant une contrepartie à chaque nouveau contrat émis. Elles agissent principalement comme des intermédiaires ou, quand elles acceptent une part de risque, vont tenter de l'assurer par de multiples stratégies. Cependant, ces stratégies laissent généralement place à une part de risque non négligeable et donc, en l'absence de contrepartie, les banques limiteront le volume de contrats mis en circulation.

Le manque de répliquabilité des indices immobiliers n'implique par pour autant que le marché des dérivés qui y est associé n'a pas d'avenir. En effet, d'autres marchés tels que ceux des dérivés climatiques ou de l'inflation, se sont développés alors même

---

<sup>45</sup> Répliquer le sous-jacent revient à constituer un portefeuille d'actifs dont la dynamique de prix est la même (en termes de rendement et de risque) que le sous-jacent. Pour cela, il est possible d'acheter les différents composants de l'indice ou de déterminer par le biais de modèles statistiques un portefeuille d'actifs répliquant.



que leurs sous-jacents ne peuvent-être répliqués. Seule l'existence d'un indice objectif, fiable et reconnue par l'ensemble des acteurs, paraît nécessaire. Aussi longtemps que les utilisateurs acceptent cette mesure, le marché des dérivés peut être bien établi.

### 5.2.3. La formation des acteurs

La disponibilité d'un indice sous-jacent pertinent est nécessaire mais insuffisant. En effet, il est indispensable, pour que le marché puisse se développer, que les différents utilisateurs potentiels soient formés à l'utilisation des dérivés immobiliers. Habitué depuis longtemps à de simples stratégies d'achat et de conservation dites *buy and hold* en anglais, les acteurs de l'immobilier direct n'ont, dans l'ensemble, que très peu de connaissances quant aux produits dérivés. Leur utilisation nécessite une parfaite compréhension de la dynamique de prix suivie par l'indice, de l'effet de levier, du risque de base, des ratios de couverture, et des mécanismes d'appels de marge. Il est également important de les informer quant à l'intérêt en termes de coûts et de temps de transactions des dérivés mais aussi quant à la possibilité s'offrant à eux de monétiser de façon plus efficace leurs capacités à sélectionner les actifs les plus rentables (possibilité de générer de l'*alpha*) ou à anticiper les évolutions du marché immobilier (stratégies de *market timing*). De plus, ils n'ont pas nécessairement conscience du risque immobilier et donc de l'intérêt de s'en assurer *via* les dérivés. La crise récente des crédits hypothécaires américains a cependant contribué à atténuer cette conception faussée.

Le manque de formation des différents acteurs à propos des dérivés immobiliers tend très progressivement à se résorber. Ces dernières années, de nombreux Masters d'immobilier ont vu le jour dans la plupart des pays développés et traitent de la problématique des dérivés. De plus, différentes initiatives visant à faire connaître ces produits ont été réalisées. Par exemple, Hermes<sup>46</sup> au Royaume-Uni a réalisé un concours visant à utiliser des produits dérivés immobiliers fictifs mais réalistes afin de rendre compte de leur utilisation. Cette initiative sera relayée en France par l'IEIF<sup>47</sup> en octobre 2012.

---

<sup>46</sup> <http://www.hermes.co.uk>

<sup>47</sup> <http://www.ieif.fr>

#### 5.2.4. *La régulation et la fiscalité*

La régulation et la fiscalité des dérivés immobiliers jouent un rôle crucial dans le développement de ce marché. Cependant, le cadre juridique étant propre à chaque Etat, il est impossible d'énumérer les mesures conduisant à entraver leur développement. Au Royaume-Uni, la Financial Services Authority (FSA), a par exemple, contribué au développement des dérivés immobiliers en permettant aux compagnies d'assurances de les intégrer dans leurs ratios de solvabilité. Par ailleurs, en 2004, le Royaume-Uni a établi un régime de taxation pour les dérivés immobiliers supprimant toutes barrières à l'entrée. C'est ce cadre juridique qui a probablement contribué à expliquer leur développement.

La réglementation comptable constitue également un vecteur important du développement des dérivés immobiliers. En effet, dans la plupart des régimes comptables, une distinction est généralement faite entre les produits dérivés de couverture et ceux dont l'intérêt principal n'est autre que la spéculation. En IFRS (International Financial Reporting Standard), si la comptabilité de couverture<sup>48</sup> n'est pas applicable, les gérants ont un intérêt moindre à couvrir leurs positions. En effet, la mise en œuvre de la couverture peut entraîner une plus grande volatilité des profits bien qu'économiquement les fluctuations seront partiellement annulées. L'application du standard IAS 39 relatif à la comptabilité des actifs de couverture en IFRS requiert que l'effectivité de la couverture ait été démontrée statistiquement par des tests numériques. Etant donné le risque de base relativement élevé lors de la couverture d'un portefeuille immobilier *via* des produits dérivés et les critères requis par la réglementation (coefficient de la droite de régression compris en 0.8 et 1.25, un R2 de plus de 96%, etc.), la mise en œuvre de la comptabilité de couverture semble impossible. L'établissement d'une comptabilité propre aux dérivés immobiliers semble importante afin d'assurer leur développement.

#### 5.2.5. *La liquidité*

La réussite du marché des dérivés doit conduire à un marché liquide. De nombreux acteurs ne rentrent pas encore sur le marché des dérivés immobiliers en raison du manque de liquidité qui y est associé. Une fois la liquidité établie, les dérivés

---

<sup>48</sup> La comptabilité des dérivés en actifs de couverture sous IFRS correspond au standard IAS39.

immobiliers pourront même attirer des spéculateurs qui ne font pas traditionnellement partie de l'immobilier. Le marché des dérivés immobiliers manque aujourd'hui de diversité au sein de la base de ses utilisateurs alors que cette base est potentiellement très large (*cf.* Section 4.3). La conséquence directe est que les acteurs auront tendance à entrer sur le marché au même moment et à rechercher les mêmes positions rendant ainsi tout échange impossible. En effet, les dérivés immobiliers permettent aux investisseurs de tirer parti de différences en termes d'anticipations du niveau des prix futurs. Le marché des dérivés au Royaume-Uni est le seul marché à avoir atteint pour l'instant un niveau de liquidité relativement satisfaisant.

## 6. CONCLUSION

Cette thèse de doctorat étant au confluent de la finance et de l'immobilier, il nous a semblé important de présenter au sein d'un premier chapitre les principales notions nécessaires à sa compréhension. Ainsi, avant d'envisager les aspects financiers des dérivés, nous avons consacré les deux premières parties de ce chapitre à l'immobilier. Les indices de prix dont la compréhension est indispensable à l'analyse des produits dérivés immobiliers ont été introduits. En effet, ce sont sur ces indices que sont construits les dérivés. Les limites de l'immobilier direct et indirect ont également été précisées. Cela nous a permis de justifier de l'intérêt de ces produits mais également d'introduire les difficultés auxquelles seront confrontés les acteurs de ce marché. En effet, les méthodes traditionnelles d'évaluation, dites risque neutre, paraissent difficilement transposables au marché immobilier ; le sous-jacent n'est pas échangeable et semble particulièrement difficile à répliquer. Cette dernière caractéristique résulte à la fois de la dynamique propre aux indices immobiliers mais également des spécificités de l'immobilier.

En raison des limites de l'immobilier direct et indirect en termes de véhicule d'investissement, l'utilisation des dérivés revêt un intérêt particulier. Les principaux produits que sont les forwards/futures et les swaps mais également les stratégies financières qui y sont associées ont été présentés. De nombreuses stratégies jusqu'à présent réservées au marché actions ou obligataires peuvent désormais être implémentées grâce aux dérivés immobiliers. De façon générale, si la fonction de découverte des prix se trouvait vérifiée pour les dérivés immobiliers, leur présence serait particulièrement profitable pour le marché dans son ensemble. En effet, en

fournissant de l'information qui n'est pas disponible autrement, ils constitueraient un facteur d'aide à la décision, que ce soit pour les investisseurs ou les pouvoirs publics. Dans un marché souffrant d'un degré de friction particulièrement élevé, l'utilisation de dérivés pourrait contribuer à accroître substantiellement son efficacité en améliorant la transparence du marché.

Malgré l'intérêt potentiel fort des dérivés immobiliers, ce marché peine à se développer. Il est aujourd'hui essentiel que les instances de régulation et les fournisseurs d'indices s'unissent quant à la mise en place d'une organisation à partir de laquelle la confiance et la liquidité, phénomène auto-renforçant, puissent se développer. Par ailleurs, en raison notamment du manque de répliquabilité de l'indice, il existe actuellement un manque cruel de connaissance quant à la dynamique de prix suivie par ces produits. Préjudiciable à leur développement, cette carence doit être comblée. Grâce au marché des dérivés immobiliers au Royaume-Uni disposant d'une liquidité ainsi que d'un historique de prix satisfaisant, il est désormais possible de conduire des études empiriques.



## **BIBLIOGRAPHIE**

Andrew, Mueller, and Mueller Glenn, 2003, Public and private real estate in a mixed-asset portfolio, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 9, 193–203.

Baranzini, Andrea, Jose Ramirez, Caroline Schaerer, and Philippe Thalmann, 2008, *Hedonic Methods in Housing Markets: Pricing Environmental Amenities and Segregation* (Springer).

Baum, Andrew, 2009, *Commercial Real Estate Investment: A Strategic Approach* (Elsevier Science).

Brorsen, Wade B., 1991, Futures trading, transaction costs, and stock market volatility, *Journal of Futures Markets* 11, 153–163.

Brown, Gerald R., and George A. Matysiak, 1998, Valuation smoothing without temporal aggregation, *Journal of Property Research* 15, 89–103.

Case, Karl E., Robert J. Shiller, and Allan N. Weiss, 1993, Index- based futures and options markets in real estate, *The Journal of Portfolio Management* 19, 83–92.

Chaudhry, Mukesh K., F. C. Neil Myer, and James R. Webb, 1999, Stationarity and cointegration in systems with real estate and financial assets, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 18, 339–349.

Clayton, Jim, David Geltner, and Stanley W. Hamilton, 2001, Smoothing in commercial property valuations: evidence from individual appraisals, *Real Estate Economics* 29, 337–360.

Cox, Charles C., 1976, Futures trading and market information, *Journal of Political Economy* 6, 1215–1237.

Crosby, Neil, and Patrick McAllister, 2004, Liquidity in commercial property markets: deconstructing the transaction process. Real Estate & Planning, Working paper, Henley Business School, Reading University.

Eichholtz, Piet M. A., Martin Hoesli, Bryan D. MacGregor, and Nanda Nanthakumaran, 1995, Real estate portfolio diversification by property type and region, *Journal of Property Finance* 6, 39–59.

Fama, Eugene F., and Kenneth R. French, 1993, Common risk factors in the returns on stocks and bonds, *Journal of Financial Economics* 33, 3–56.

Fisher, Jeffrey D., David Geltner, and R. Brian Webb, 1994, Value indices of commercial real estate: a comparison of index construction methods, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 9, 137–164.

Florida, Ping, and Stephen Roulac, 2007, Measuring the effectiveness of geographical diversification, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 13, 29–44.

Garmaise, Mark J., and Tobias J. Moskowitz, 2002, Confronting information asymmetries: evidence from real estate markets. Working paper, National Bureau of Economic Research.

Gau, George W., and Ko Wang, 1990, A further examination of appraisal data and the potential bias in real estate return indexes, *Real Estate Economics* 18, 40–48.

Geltner, David, 1989, Estimating real estate's systematic risk from aggregate level appraisal-based returns, *Real Estate Economics* 17, 463–481.

Geltner, David, and Jeffrey D. Fisher, 2007, Pricing and index considerations in commercial real estate derivatives, *The Journal of Portfolio Management* 33, 99–118.

Hartzell, David, John S. Hekman, and Mike E. Miles, 1987, Real estate returns and inflation, *Real Estate Economics* 15, 617–637.

Hinkelmann, Christoph, and Steve Swidler, 2007, Trading house price risk with existing futures contracts, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 36, 37–52.

Hoesli, Martin, 2011, *Investissement immobilier: Décision et gestion du risque* (Economica).

Hoesli, Martin, Jon Lekander, and Witold Witkiewicz, 2004, International evidence on real estate as a portfolio diversifier, *Journal of Real Estate Research* 26, 161–206.

Hoesli, Martin, and Camilo Serrano, 2006, Securitized real estate and its link with financial assets and real estate: an international analysis, *SSRN eLibrary*.

Hung, Kathy, Zhan Onayev, and Charles Tu, 2008, Time-varying diversification effect of real estate in institutional portfolios: when alternative assets are considered, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 14, 241–262.

INSEE méthodes n°111, 2005, Les indices notaires INSEE de prix des logements anciens.

Kuhle, James, and Jaime Alvayay, 2000, The efficiency of equity REIT prices, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 6, 349–354.

Lee, Ming-Long, Ming-Te Lee, and Kevin C. H. Chiang, 2007, Real estate risk exposure of equity real estate investment trusts, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 36, 165–181.

Ling, David C., and Andy Naranjo, 1999, The integration of commercial real estate markets and stock markets, *Real Estate Economics* 27, 483–515.

Lizieri, Colin, Gianluca Marcato, Paul Ogden, and Andrew Baum, 2010, Pricing inefficiencies in private real estate markets using total return swaps, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 45, 774–803.

Myer, Neil F.C., and James R. Webb, 1993, Return properties of equity REITs, common stocks, and commercial real estate: a comparison, *Journal of Real Estate Research* 8, 87–106.

Myron J. Gordon, and Eli Shapiro, 1956, Capital equipment analysis: the required rate of profit, *Management Science* 3, 102–110.

Serrano, Camilo, and Martin Hoesli, 2009, Global securitized real estate benchmarks and performance, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 15, 1–19.

Simon, Arnaud, 2006, Une reformulation informationnelle de l'indice de ventes répétées : applications et conséquences pour la mesure du prix de marché de l'immobilier, (Université Paris-Dauphine).

Simon, Arnaud, and Richard Malle, 2009, *Introduction à la finance et à l'économie de l'immobilier* (Economica).



Simon, Yves, and Delphine Lautier, 2006, *Marchés Dérivés de Matières Premières* (Economica).

Stephen, Lee, and Stevenson Simon, 2005, The case for reits in the mixed-asset portfolio in the short and long run, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 11, 55–80.

Syz, Juerg M., Paolo Vanini, and Marco Salvi, 2007, Property derivatives and index-linked mortgages, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 36, 23–35.

Tsetsekos, George, and Panos Varangis, 2000, Lessons in structuring derivatives exchanges, *The World Bank Research Observer* 15, 85–98.

Wofford, Larry E., 1978, A simulation approach to the appraisal of income producing real estate, *Real Estate Economics* 6, 370–394.

## **LISTE DES TABLEAUX**

**Tableau 1.1 : Les indices IPD en décembre 2010**

Ce tableau rend compte de la fréquence de publication, de la taille ainsi que du ratio de couverture des différents indices IPD pays par pays. L'estimation de la taille totale du marché fait référence à l'estimation de la valeur des actifs immobiliers du pays détenus par les fonds d'investissements. Le ratio de couverture correspond à la proportion estimée du marché total intégrée dans l'indice IPD. Certains indices sont dits, d'après la terminologie IPD, *frozen*, *unfrozen* ou encore *consultative*. Si le fonds est *frozen*, toute introduction d'un nouvel actif au sein de l'indice n'entraînera pas de réévaluation rétrospective ; les rendements ne seront jamais réévalués. A l'inverse, l'introduction d'un nouvel actif au sein d'un indice *unfrozen* entraînera sa réévaluation rétrospective. Pour ce qui est des indices dits *consultatives*, un groupe consultatif se réunira afin de décider si les rendements passés doivent être réévalués.

	Nombre de fonds	Nombre de propriétés dans la base IPD	Valeur en capital des propriétés de la base IPD (Mrd€)	Estimation de la taille totale du marché (Mrd€)	Couverture de l'IPD (en % du marché)	Statut	Fréquence
Australie	35	1503	120.3	230.4	52.2	unfrozen	Quarterly*
Autriche	16	618	8.4	29.6	26.1	unfrozen	Annual
Belgique	30	336	10.3	56.2	18.3	consultative	Annual
Canada	34	2423	95.7	170.6	57.2	unfrozen	Quarterly*
République tchèque	19	116	3.6	14.4	25.0	consultative	Annual
Danemark	20	1004	18.8	45.1	41.6	unfrozen	Annual
Finland (KTI)	21	2285	27.6	53.6	51.4	unfrozen	Annual
France	115	7489	152.7	281.1	54.3	frozen	Annual, Biannual
Germany	61	4281	62	362	17.1	unfrozen	Annual
Ireland	12	305	3.2	3.8	82.9	unfrozen	Quarterly
Italie	49	1466	23.9	112.8	21.2	unfrozen	Annual, Biannual
Japon	42	2239	106.5	697.2	13.8	unfrozen	Annual, Monthly indicator
Corée	23	128	13.8	49.5	27.9	consultative	Annual
Pays-Bas	53	4654	52.1	153.9	33.8	frozen	Annual, Quarterly
Nouvelle-Zélande	14	-	-	8.7	66.1	unfrozen	Quarterly*
Norvège	12	577	21	53.3	39.4	unfrozen	Annual
Pologne	21	201	5.7	20.4	28.1	consultative	Annual
Portugal	31	1012	13.2	20.9	63.1	unfrozen	Annual
Afrique du sud	21	1970	27.9	44.4	62.9	unfrozen	Annual, Biannual indicator
Espagne	41	330	11.4	53.4	21.3	unfrozen	Annual
Suède	16	1105	33.7	139.8	24.1	unfrozen	Annual
Suisse	35	4180	72	170.7	42.2	unfrozen	Annual
Royaume-Uni	288	11276	210.6	364.6	57.9	frozen	Annual, Quarterly, Monthly
Etats-Unis	48	3159	119.3	1824.1	6.5	unfrozen	Annual, Quarterly
All IPD Eurozone	429	22776	364.6	1127.3	32.3	unfrozen	Annual
All IPD Europe	821	41119	726.3	1921.1	37.8	unfrozen	Annual
IPD Global	1057	52657	1213.4	4960.5	24.5	unfrozen	Annual

\* données annuelles reportées trimestriellement  
Source IPD

**Tableau 1.2 : Volumes des dérivés immobiliers sur indices IPD au Royaume-Uni**

Le tableau ci-dessous rend compte des volumes de contrats échangés sur indices IPD du premier trimestre 2004 au premier trimestre 2012 en millions de livres sterling.

IPD/IPF Trade Volume Report UK

Derivatives traded on IPD Indices reported to end of March 2012  
Reported on 3rd May 2012



The information on this page shows the size of the UK commercial property derivatives market traded on IPD Indices, OTC swaps since January 2004 and futures contracts since 2008. The combined futures and swaps volumes are then shown split out by product. The OTC swaps volumes are provided to IPD by the banks licensed to trade on IPD Indices and the Futures contract volumes are provided by Eurex.

	Total Derivative volumes OTC and Futures	OTC Swaps contracts	Eurex futures contracts
Notional of Trades Executed (£m) in Quarter Q1 2012	£365m	£223m	£142m
Total Outstanding Notional Value (£m) as at end Q1 2012	£3,021m	£2,778m	£243m
Number of Trade/contracts executed in Quarter Q1 2012		79	14
Number of Outstanding Trades/contracts as at end Q1 2012		556	4,849

	Total Derivatives		OTC Swaps				Eurex Futures contracts				
	Total Outstanding Notional (£m)	Total Notional of Trades Executed each Quarter (£m)	Total Outstanding Notional (£m)	Total Notional of Trades Executed each Quarter (£m)	Total Outstanding Number of Trades	Total Number of Trades Executed each Quarter	Total Outstanding Notional (£m)	Total Notional of contracts Executed each Quarter (£m)	Total Outstanding Number of contracts	Total Number of Contracts Executed each Quarter	Total Number of Trades Executed each Quarter
Q1 2012	3,021	365	2,778	223	556	79	243	142	4,849	2,843	14
Q4 2011	4,231	340	4,060	276	680	79	181	64	3,614	1,268	15
Q3 2011	4,206	158	4,080	71	682	43	126	86	2,517	1,729	25
Q2 2011	4,077	148	4,016	145	646	51	62	3	1,233	59	21
Q1 2011	4,182	462	4,122	442	658	80	60	20	1,208	400	15
Q4 2010	7,407	226	7,320	192	1,040	52	87	35	1,731	694	5
Q3 2010	7,524	779	7,468	731	1,009	78	57	48	1,132	957	5
Q2 2010	6,859	246	6,848	246	928	50	11	0	212	-	-
Q1 2010	6,885	483	6,874	483	965	66	11	0	212	1	1
Q4 2009	9,610	912	9,598	907	1,317	88	12	5	245	100	2
Q3 2009	8,716	661	8,703	670	1,205	69	12	11	245	214	13
Q2 2009	8,237	612	8,225	601	1,155	141	11	11	223	219	14
Q1 2009	7,796	555	7,795	554	1,038	148	1	1	14	14	7
Q4 2008	11,182	979	11,182	979	1,185	156					
Q3 2008	10,364	1,028	10,364	1,028	1,054	137					
Q2 2008	10,140	1,628	10,140	1,628	991	252					
Q1 2008	9,069	3,441	9,069	3,441	750	257					
Q4 2007	9,032	1,662	9,032	1,662	703	214					
Q3 2007	7,916	1,660	7,916	1,660	543	96					
Q2 2007	7,266	970	7,266	970	473	90					
Q1 2007	6,769	2,927	6,769	2,927	428	153					
Q4 2006	6,686	864	6,686	864	415	87					
Q3 2006	4,124	1,058	4,124	1,058	279	90					
Q2 2006	2,466	513	2,466	513	189	54					
Q1 2006	1,963	853	1,963	853	139	59					
Q4 2005	1,110	183	1,110	183	60	24					
Q3 2005	927	121	927	121	56	14					
Q2 2005	806	321	806	321	42	28					
Q1 2005	485	225	485	225	14	4					
2004	260	260	260	260	10	10					

Note that the total estimate is a sum of all market activity rather than the net matched notional position as it is not yet possible to cross-link inter-bank trades.

Copyright notice and disclaimer :

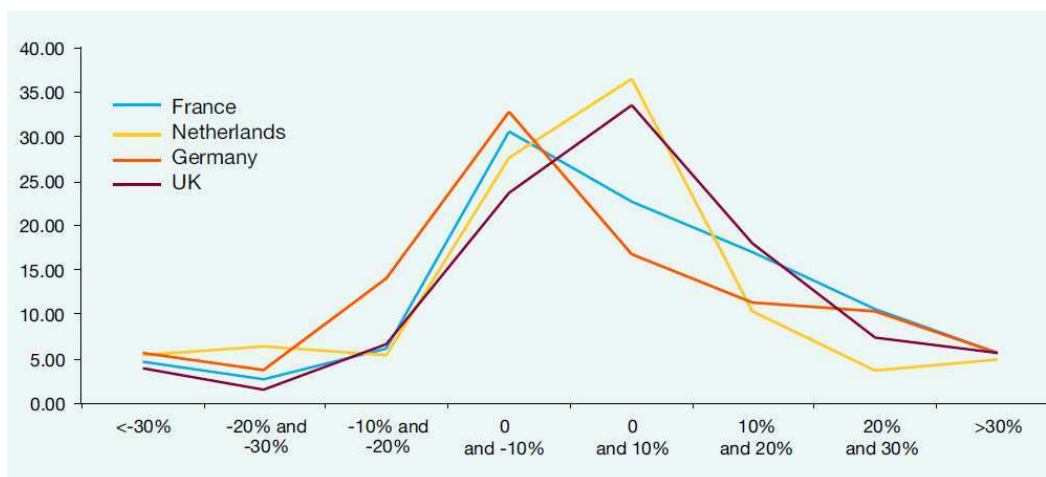
The Indices and the market volume data are the exclusive property of IPD. IPD owns all of the intellectual property rights in the Indices and market volume data, including copyright and database right. "IPD" is the registered trade mark of IPD. All rights are reserved. No sale, distribution, transmission, copying or other form of making available any of IPD's data or Indices may be made without IPD's prior written consent. For derivative trades which use the Indices IPD has a standard licence agreement which is available upon request. IPD does not sponsor, endorse, sell or promote any derivative products or any other investment or security ("Derivative Product[s]"). IPD makes no warranty or representation whatsoever, whether express or implied, as to the results to be obtained from the use of any of its Indices or market volume data in connection with any Derivative Product. IPD shall not be liable (whether in negligence or otherwise) to any person for any error in any index or market volume data and is not under any obligation to advise any person of any error therein.



## **LISTE DES FIGURES**

**Figure 1.1 : Comparaison des évaluations avec un prix de vente postérieur  
(différence en pourcentage)**

Ce graphique réalisé par l'IPD porte sur la période 1998-2010. L'axe des abscisses correspond à la différence en pourcentage entre le niveau d'une évaluation et le prix de vente postérieur qui y est associé. L'axe des ordonnées quant à lui associe à chaque erreur en pourcentage, la fréquence (en pourcentage) d'apparition de cette erreur au sein de l'échantillon détenu par l'IPD. Comme il existe souvent un délai important entre la dernière évaluation d'un bien et sa date de commercialisation, les évaluations ont été préalablement ajustées. Si cela n'était pas le cas, un marché haussier (baissier) impliquerait des prix de transactions nécessairement supérieurs (inférieurs) aux évaluations alors même qu'elles ont été correctement réalisées. Pour éviter ce biais, les évaluations sont ajustées du rendement en capital observé sur l'indice IPD entre la date d'évaluation et la date de transaction.



Source [www.IPD.com](http://www.IPD.com)

**Figure 1.2 :** Paiement d'un forward/future sur indice immobilier à maturité

Cette figure rend compte des flux relatifs à un contrat forward ou future. L'un comme l'autre constituent un engagement ferme à acheter ou à vendre un actif (appelé actif sous-jacent, ASJ) à une date future donnée (la maturité) pour un prix convenu (le strike). Ici, l'acheteur s'est engagé à la date  $t$  à payer en date  $T$  (la maturité),  $I(t, T)$ , en échange du niveau de l'indice observé en  $T$ , i.e.,  $I_T$ . Le niveau de l'indice observé est, lui, payé par le vendeur du contrat.

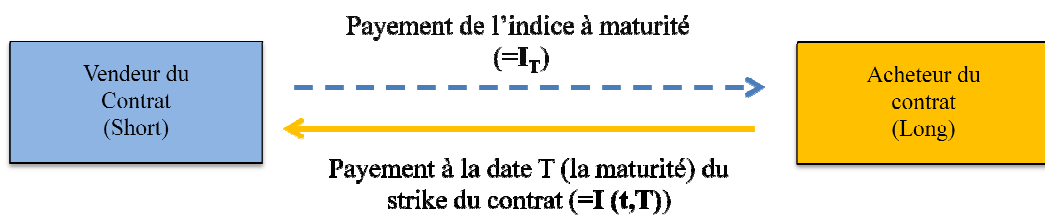
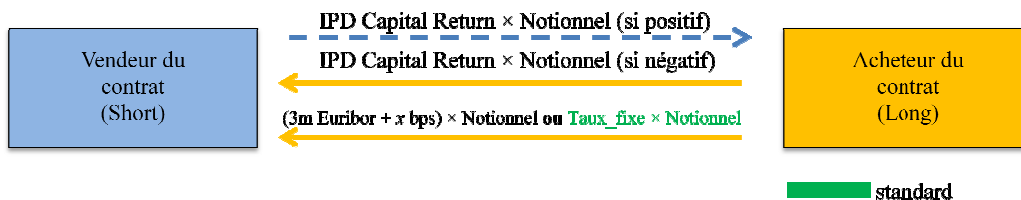




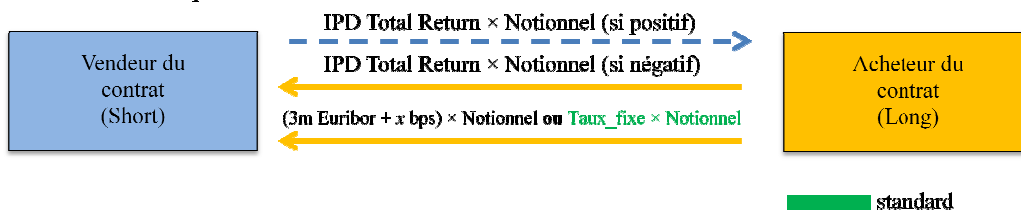
Figure 1.3 : Les 3 principaux swaps immobiliers

Ces graphiques schématisent les flux intervenant dans les trois principaux swaps sur indice immobilier. En immobilier, le contrat de swap consiste en l'échange du rendement d'un indice immobilier (payé par le vendeur) contre un taux fixe ou un taux variable (payé par l'acheteur) définis sur un certain notionnel. Le rendement de l'indice peut être soit un indice en capital, et nous parlerons dans ce cas d'un (1) *capital value return swap*, soit un indice de rendement total et nous parlerons alors de (2) *total return swap*. Dans le cas où un taux variable est utilisé, il se définit par exemple comme le taux EURIBOR à 3 mois (3m Euribor) auquel s'ajoute un certain nombre de points de bases (x bps). Cependant, le taux variable peut également correspondre au rendement d'un autre indice immobilier, i.e. d'une autre région ou d'un autre secteur ; nous parlerons dans ce cas de (3) *Property type total return swap*. Dans le cas de ce dernier contrat, un taux fixe peut également être ajouté à l'une ou à l'autre des parties afin d'équilibrer les paiements espérés.

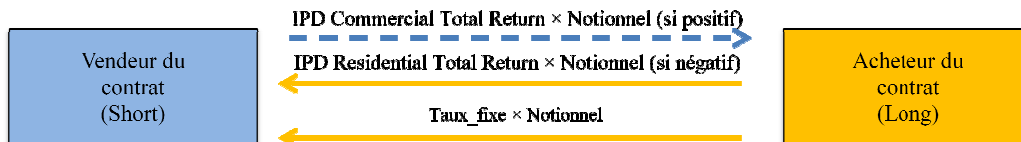
• **Capital value return swap**



• **Total return swap**

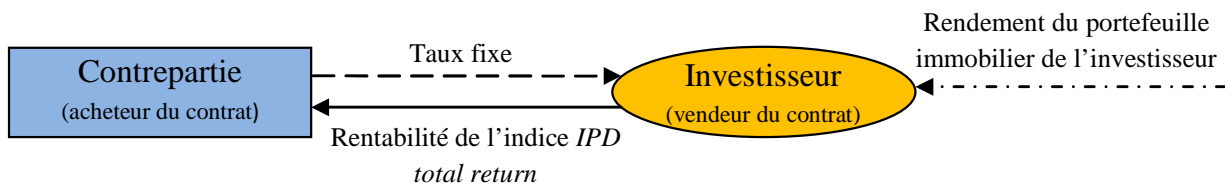


• **Property type total return swap**



**Figure 1.4 :** Utilisation d'un swap de rendement total dans le cadre d'une stratégie de couverture

Ce graphique rend compte des flux intervenant dans la mise en œuvre d'une stratégie dite de *short hedge*. L'investisseur cherche ici à couvrir le risque de son portefeuille immobilier. Pour cela, il vend un swap sur indice *IPD total return* et reçoit en échange un *taux fixe*. L'investisseur perçoit la rémunération de son portefeuille d'actifs immobiliers (rendement en capital et rendement locatif) qu'il reverse à sa contrepartie sous la forme de la rentabilité de l'indice *IPD total return* en échange d'un taux fixe.





---

# CHAPITRE 2: Stripping of real estate-indexed swaps and forward term structure: interest and computational method

---

## ABSTRACT

The recent growth of the real estate indexed derivatives market calls for a greater attention to the pricing of these products. This paper contributes to the literature providing a simple connection between instruments such as year on year zero coupon swap or real estate indexed forwards. A closed-form formula for property swaps based on indexed forwards is established and special attention is paid to the convexity adjustment problem. Finally, we introduce a bootstrap method to compute the implied forward term structure using the swap prices. This simple framework enables market practitioners to obtain valuable information from the derivative market for their investment decisions and their risk management. Indeed, forward prices are generally an advanced indicator of future spot prices.

**Keywords:** swap, forward, term structure, diffusion process, change of probability measure.

## 1. INTRODUCTION

Property derivatives are products that derive their values from real estate indexes, *e.g.*, Halifax or IPD Case-Shiller. They involve payoffs that depend on the level of the real estate return defined in terms of the percentage variation of the index. Indexes are computed using a basket of properties with a certain coverage rate of the whole market. Property derivatives give access easily to a unique asset class and allow trading real estate in a liquid form and for short-term horizons. Property derivatives could also offer portfolio diversification, efficient in the sense of Markowitz, by taking position on the overall market and not only on some properties; in others words they make the diversification of the idiosyncratic real estate risk accessible for small or medium size portfolios. They could improve diversification both domestically and internationally and facilitate arbitrage strategies between various markets. More generally, these products could help investors retain the value of their property using hedging strategies or profit from their expectations relative to the real estate market or both. Furthermore, the listing of property derivatives may contribute to easing rapid fluctuation in property prices by serving as an anchor for the market price of the underlying assets through the so-called price discovery function of the future market.

Property derivatives have been for the most part developed in the UK and appeared in the United States only recently. In the UK, the property derivatives market has expanded mainly with the TRS (Total Return Swap) since 2004. In the US, the property derivatives market has been continuously developing since 2006. In May 2006, futures transactions using house price indexes were listed on the Chicago Mercantile Exchange (CME); developing an environment where property derivatives can be widely used by individuals. In the UK, Futures are quoted on Eurex but the volume stays relatively low. Property derivative market is still an over the counter (OTC) market where the Total Return Swap (TRS) on Investment Property Databank<sup>49</sup> (IPD) indexes is the most liquid contract. Other property derivatives have been traded in many countries but for the moment the volumes remain lower.

A 2006 survey of USA real estate investment managers and other likely

---

<sup>49</sup> The Investment Property Databank Ltd. was created in the UK in 1985 and was meant to measure and analyze properties by compiling data from leading property investors. Concerning the UK indexes, data have been published for the first time in 1985 but reach back to 1981.

participants in the derivatives market, conducted by the MIT Center for Real Estate, identified a lack of confidence in how the derivatives should be priced as one of the most important perceived barriers to the use of the derivatives: 75% of respondents indicating this as either an “important” or “very important” concern. This paper aims to improve the understanding of the real estate indexed swap by decomposing it into its building blocks. We consider the zero-coupon real estate swaps *i.e.*, the real estate forwards, as being the basic elements of the swap contracts. Forward price fluctuations are easier to interpret (there is only one cash-flow) than the fixed-quote of a swap relative to cash-flows with different maturities. However, in the case of year-on-year indexed swap, we are facing a convexity problem. This paper explores the problem in a consistent framework.

To define the pricing formula linking indexed swaps to their primary elements, the indexed forwards, we use results relative to the inflation-indexed swaps. In the literature on this topic, two principal approaches have been developed so far. Exploiting the foreign-currency analogy, Mercurio (2005) derives closed-form formulas for both inflation-indexed swaps and options. A different approach has been independently proposed by Kazziha (2000), Belgrade, Benhamou, and Koehler (2004) and Belgrade and Benhamou (2004) who consider a market-model based on forward indexes. They all notice that a forward Consumer Price Index (CPI) is a martingale under the corresponding (nominal) forward measure and, by assuming driftless lognormal dynamics, derive explicit formulas for swap and caps that can be seen as a simple translation of the Lognormal Forward-Libor Model (LFM) case. Brigo and Mercurio (2006) provide a rigorous and comprehensive summary of all these works. Here we use a multi-asset approach in which real estate forwards are treated as stochastic processes. As a consequence, complex correlation structures are introduced and hedging real estate derivatives that pay real estate rates could sometimes be counterintuitive and unstable.

This paper is organized as follows: Section 2 defines the contract characteristics and the notations relative to the Year on Year Real Estate Indexed Swap (YYREIS), the Zero Coupon Real Estate Indexed Swap (ZCREIS) and the real estate forward. Section 3 introduces the stripping of the ZCREIS into real estate forward while Section 4 introduces the equivalent for the YYREIS. Then, we present the forward term structure and its computational method without convexity adjustment. The final section

concludes.

## 2. DEFINITIONS AND NOTATIONS

In this section, we start introducing the YYREIS. Then we define the ZCREIS and the real estate indexed forwards. The main results regarding property derivative prices referenced in the literature are also presented. All the contracts are zero-sum game between the buyer and the seller.

### 2.1. Year on year real estate indexed swap

The UK YYREIS is an OTC contract where parties swap an annual real estate total return index for an interest rate. Since 2006, there was a shift towards a simplified annual contract with fixed interest rate. The contracts are quoted in terms of this fixed-rate. The structure of the standard total return swap is reasonably straightforward. At the beginning of the contract, the purchaser of real estate risk agrees to pay a fixed price each year over the term of the contract, usually between one and five years, based on a notional contract size *e.g.* £10 millions. In exchange, the buyer receives the annual total return of the relevant index that the contract is based upon from the counterparty. Figure 2.1 summarizes the YYREIS contract characteristics.

[INSERT Figure 2.1 HERE]

One of the benefits of the total return swap for a buyer is that no principal is exchanged. As an OTC instrument, swaps can be structured and tailored to suit the needs of an individual investor. However, we only focus on the conventional form in the UK market, based on a fixed-rate. Their prices quote the fixed-rate leg over calendar years irrespectively of when the trade was executed. At the origination, the fixed-rate leg is defined such that the price of the contract be equal to zero (this avoids exchanging cash flows at the beginning of the contract).

Given a set of date  $T_1, \dots, T_M$ , a real estate-indexed swap is a swap where, on each payment dates, *Party A* (the seller) pays *Party B* (the buyer) the real estate return over the predefined period, while *Party B* pays *Party A* a fixed-rate denoted by  $K$ . The real estate return is calculated as the percentage of variations of the absolute real estate index

over the time interval it applies to. The amount paid by *Party A* each time  $T_i$  is

$$N \left[ \frac{S_i}{S_{i-1}} - 1 \right], \quad (2.1)$$

where  $N$  is the contract nominal value and  $S_i$  the level of the absolute real estate index at date  $i$ . Figure 2.2 highlights the cash flow across time for the long part of the swap (*Party B*).

[INSERT Figure 2.2 HERE]

If the real estate return becomes negative like in Figure 2.2 at date  $t=3$ , then the buyer of the swap has to pay this return (e.g.,  $-N \left( \frac{S_3}{S_2} - 1 \right)$ ) in addition to the fixed-leg. Thereby, in the case where the seller of the swap is a property owner, he receives in cash the loss incurred on his portfolio.

The usual arbitrage argument tells us that if the total return real estate indexes were tradable on the cash market without market frictions, we should observe a quoted rate  $K$  on the YYREIS equal to the risk free rate. However, real estate indexes are not tradable on the cash market and, moreover, they suffer from many imperfections. For example, appraisal-based indexes generally used for property derivative exhibit a strong momentum related to a lagging effect and a smoothing effect. On that basis Geltner and Fisher (2007) identified the existence of a feasible trading window summarized in Equation 2.2.

$$r_f + L - \alpha - b \leq K \leq r_f + L + B, \quad (2.2)$$

where

$r_f$  = is the riskless interest rate.

$L$  = the difference between the index and the property equilibrium risk premia plus a correction corresponding to the pricing of the momentum that can be forecasted.

$\alpha$  = corresponds to the alpha expected by short parties from their covering portfolio. It makes reference to the return of the property portfolio hedged by the swap (without systematic risk) in excess of the risk free rate; it is



associated to the portfolio manager abilities to pick the properties generating abnormal returns (without a risk counterpart)<sup>50</sup>.

$B(b)$  = reflects the private expectation of the long (short) side to reflect his relatively bullish (bearish) real estate outlook, we can assume that  $B(b)$  is positive (negative).

Note that the terms  $r_f + L$  are common to both sides of the condition state in Equation 2.2. Thus, if both parties have neutral expectations from the market, and the short party expects no alpha from their covering property portfolio ( $B=b=\alpha=0$ ), then the only feasible trading price, Equation 2.3, is a single point which includes the index lag effect,  $L$ .

$$K = r_f + L. \quad (2.3)$$

In Equation 2.3, the meaning of price changes in the swap market at the equilibrium has only three components, (1) a change in the risk free rates, (2) a change in the momentum of the index or/and (3) a change in the real estate risk premium. Here, we get back an almost classical spot-forward arbitrage relation.

Other authors as Lizieri, Marcato, Ogden, et Baum (2010) expand the feasably trading window defined in Equation 2.2 or Equation 2.3 by adding other factors as the transaction costs.

## 2.2. Zero coupon real estate indexed swap

The basic structure of the ZCREIS is straightforward. There is only one financial flow, at the end, without any other intermediate cash-flow. At the maturity date there is a swap of a fixed amount against a floating amount. At the final time, the contract

---

<sup>50</sup> The property owners which are selling real estate swaps and then obtain systematic risk free portfolios are theoretically expected to earn the risk free rate. If these portfolios generate more, then arbitrageurs should buy real estate and obtain abnormal return, i.e., a return higher than the risk free rate without risk counterpart. When the fixed-rate will equal the risk free rate, there is a priori, no more interest to get for arbitrageurs in this strategy. However, Geltner and Fisher (2007) explain that if sellers think to be able to generate a positive alpha on their portfolios then, they can accept a fixed-rate at least equal to the risk free rate minus the alpha return. Indeed, alpha is a return without risk counterpart and then the seller will continue to earn at least the risk free while avoiding a fall of the real estate market (systematic risk). This reasoning can be partially questioned if one integrates frictions such as transaction costs.

maturity,  $T_M$ , assuming  $T_M=M$  years, *Party B* (the buyer of the contract) pays *Party A* (the seller of the contract) the fixed amount

$$N[(1 + K)^M - 1], \tag{2.4}$$

where  $K$  and  $N$  are, respectively, the fixed-rate of the contract and the notional value. In exchange for this fixed payment, *Party A* pays *Party B*, at the final time  $T_M$ , the floating amount

$$N \left[ \frac{S_M}{S_0} - 1 \right],$$

where  $S_0$  is the level of the real estate at the issuance date of the contract and  $S_M$  the level of the real estate index at the contract maturity date. Figure 2.3 schematizes the ZCREIS cash-flows for the long part of the swap (*Party B*).

[INSERT Figure 2.3 HERE]

A Zero-coupon swap maturity  $T_I$  can be assimilated to the first cash-flows of the YYRES relative to the maturity  $T_I$ .

### 2.3. Real estate indexed forward

A real estate forward contract may be described as an agreement established at date 0 between two parties to exchange at some fixed future date a given real estate index for an amount of money defined at date 0. *Party A* (the seller of the contract) has the obligation to deliver at the fixed future date  $T$  the amount equivalent to underlying index observed then, and *Party B* (the buyer of the contract) the obligation to pay at that date an amount fixed at date 0 denoted  $F(0,T)$  and called the forward price for date  $T$ , for the asset. Thus, the payoff at date  $T$  for the buyer (*Party B*) of the real estate indexed forward is equal to

$$Payoff_T = S_T - F(0,T), \tag{2.5}$$

where  $S_T$  is the real estate index level at date  $T$ .  $F(0,T)$  is not an asset price in the traditional sense, but rather a reference value in the contractual transaction. At maturity, the relation between the index and its forward contract is necessarily

$$S_T = F(T, T). \quad (2.6)$$

Indeed, if the value at date  $T$  of the forward contract maturing at that date was different from the spot price, an arbitrage opportunity would exist.

In the case of a real estate forward where the underlying is not tradable and is suffering from numerous market imperfections, Geltner and Fisher (2007) indicate that the equilibrium forward prices are

$$F(t, T) = E[S_T | \mathcal{F}_t] \times e^{-S(\pi)_{t,T} \times (T-t)}, \quad (2.7)$$

where

$F(t, T)$  = forward price agreed upon at time  $t$  to be paid a time  $T$ .

$E[S_T | \mathcal{F}_t]$  = the expectation, seen from time  $t$ , of the index price (value) at time  $T$ .  $\mathcal{F}_t$  represents the information available at date  $t$ , conditional on which expectation is made.

$S(\pi)_{t,T}$  = market equilibrium-required ex-ante risk premium for investing in the real estate index.

The information  $\mathcal{F}_t$  covers in the real estate case, all knowledge about index inefficiency and about supply and demand. The term  $E[S_T | \mathcal{F}_t]$  allows forward prices reflecting any predictability or forecast relative to real estate index. At equilibrium, forward prices should correct the lack of efficiency present in these indexes. Moreover, this formula does not contradict the future-spot parity theorem. Indeed, if the IPD index was tradable and efficient, Equation 2.8 would be verified and then we should recover the well-known relation.

$$E[S_T | \mathcal{F}_t] = S_t \times e^{[r_{f,t,T} + S(\pi)_{t,T}] \times (T-t)}. \quad (2.8)$$

### 3. STRIPPING OF ZCREIS INTO REAL ESTATE FORWARDS

In this section, we start showing how to replicate ZCREIS using real estate forwards. Then, we define the pricing formula of ZCREIS as a function of these real estate forwards. Two methods are introduced (subsection 3.2 and 3.3). The second method is less intuitive but important for the next section relative to the YYREIS. Because it is more complicated for the YYREIS, subsection 3.3 let us introduce this method in a simple framework. We call this technical stage “stripping of ZCREIS into

real estate forwards”. In every section, we make the assumption that both derivatives have the same underlying (*e.g.*, the IPD index).

### 3.1. Replication of ZCREIS using real estate forwards

The stripping of the ZCREIS into real estate forward is straightforward. Indeed, the ZCREIS of maturity  $T_M$  at date  $t$  can be seen as a real estate forward of the same maturity in proportion  $N \times \frac{1}{S_t}$ .  $N$  is the notional value of the ZCREIS,  $S_t$  is the real estate index level at the issuance date of the swap contract ( $N \times \frac{1}{S_t}$  is a constant term).

To prove this assertion, we have to establish that investors are indifferent at equilibrium between one portfolio composed of a ZCREIS and one composed exclusively of real estate forwards, in proportion. If it is not the case, an arbitrage opportunity exists. Indeed, both portfolios have no cost at issuance and the sale of the first portfolio and simultaneously the purchase of the second conduct to a risk free payoff at maturity. Therefore, the forward price and the fixed-rate have to be defined at the issuance in order to ensure this payoff to be equal to zero. If it is not the case, it is possible to earn money with certainty in the future without any initial investment. In that case, arbitrageurs will enter the market until this arbitrage opportunity disappears.

The first portfolio is composed of a ZCREIS with a notional value  $N$  at date  $t$  in a long position. This product quotes  $K_{ZC}$  for the maturity  $T$ . Therefore, the portfolio value at date  $T$ ,  $V_{ZC(T)}$ , is defined by

$$V_{ZC(T)} = N[\text{Real estate return}] - N[\text{Fixed leg}] = N \left[ \frac{S_T}{S_t} - 1 \right] - N[(1 + K_Z)^{(T-t)} - 1]. \quad (2.9)$$

The second portfolio comprises at date  $t$ ,  $N \times \frac{1}{S_t}$  real estate forwards of maturity  $T$  and strike  $F(t, T)$ , in a long position. It is an obligation to buy  $N \times \frac{1}{S_t}$  real estate index at date  $T$  for a price of  $F(t, T)$ . By definition  $F(t, T)$  is given by

$$F(t, T) = S_t \times e^{K_F \times (T-t)} \text{ or in discrete time by } F(t, T) = S_t \times (1 + K_F)^{T-t}, \quad (2.10)$$

where  $K_F$  is the implied forward rate. At date  $T$ , the value  $V_{F(T)}$  of this portfolio is:

$$V_{F(T)} = N \times \frac{1}{S_t} \times [S_T - S_t(1 + K_F)^T] = N \left[ \frac{S_T}{S_t} - 1 \right] - N[(1 + K_F)^{(T-t)} - 1]. \quad (2.11)$$

Comparing Equation 2.9 and 2.11 , we can see that the values of the two

portfolios at date  $T$  are the same if  $K_Z=K_F$ . If  $K_Z>K_F$  ( $K_Z<K_F$ ), arbitrageurs would purchase (sell) the portfolio composed of forwards and sell (purchase) the one composed of ZCREIS until  $K_Z$  equals  $K_F$ . As such strategy ensures a risk free profit without initial payment<sup>51</sup> for the arbitrageurs, it produces an equilibrium where  $K_Z=K_F$ .

Therefore, as the payoffs at maturity of the two initially costless portfolios are exactly the same if there is no trading opportunity, the ZCREIS is perfectly replicated using real estate forwards. Consequently, ZCREIS prices can be defined at the issuance date as a function of the forward prices. We define this relationship in the two following sub-sections.

### 3.2. Stripping using a replication portfolio valuation approach

Given that the value of a cash flow is equal to its replication cost, using the previous result, we can infer the ZCREIS price from the forward price. In our case, because forwards are costless at the issuance, the cost of replication is only the difference between the ZCREIS payoff and the forward payoff at the contract maturity. To calculate this, we have to establish at date  $T$  (the maturity) the payoff of the portfolio composed of,

- a ZCREIS of maturity  $T$  in a short position for a notional  $N$ . Its fixed-rate is  $K_Z$ ,
- $N \times \frac{1}{S_t}$  forwards of maturity  $T$  in long position. Their prices,  $F(t,T)$  is defined by Equation 2.7.

The payoff, at date  $T$ ,  $V_T$ , is,

$$V_T = [P\&L\ forwards] - [P\&L\ ZCREIS] = N(1 + K_Z)^{(T-t)} - N(1 + K_F)^{(T-t)}, \quad (2.12)$$

where  $P\&L\ forwards$  and  $P\&L\ ZCREIS$  refer respectively to the payoff of the forwards and of the ZCREIS. The fact that the real estate leg of the swap can be perfectly replicated implies that the final payoff does not bear risk and then that its present value can be computed with the risk free rate. Indeed,  $N$ ,  $K_F$  and  $K_Z$  are known at date  $t$  and then the value of the portfolio at date  $T$  is equally known at date  $t$ . By the no arbitrage hypothesis, this present value corresponds to the price of the swap at the issuance date.

---

<sup>51</sup> ZCREIS and real estate forward are costless at their issuance date.

$P_{ZC(t,T)}$ , is the price at which an arbitrageur will be indifferent to sell a ZCREIS. It corresponds to  $V_T$  discounted at the risk free rate.

$$P_{ZC(t,T)} = V_T \times \frac{1}{(1+r_f)^{T-t}} = N[(1+K_Z)^{(T-t)} - (1+K_F)^{(T-t)}] \times \frac{1}{(1+r_f)^{T-t}}$$

$$P_{ZC(t,T)} = N \left[ (1+K_Z)^{T-t} - \frac{F(t,T)}{S_t} \right] \times \frac{1}{(1+r_f)^{T-t}} \quad (2.13)$$

In the case where the swap prices at date  $t$  were different from  $P_{ZC(t,T)}$ , arbitrageurs could earn abnormal returns. Indeed, if  $P_{ZC(t,T)}$  at date  $t$  is higher than its theoretical value defined by Equation 2.13, arbitrageurs will sell the swap (purchase the forward which is costless) and invest the amount at the risk free rate. Doing so, they have with certainty at maturity a cash amount higher than  $V_T$ . The terminal portfolio value is strictly positive without initial investment; this is an arbitrage opportunity. The inverse reasoning can be applied if the swap prices are lower than defined by Equation 2.13.

In order to ease transactions, the fixed-leg is defined such as the price of the contract is equal to zero (there is no exchange of cash flow at issuance). Thus, it has to verify Equation 2.14.

$$\frac{F(t,T)}{S_t} = (1+K_Z)^{T-t}. \quad (2.14)$$

This equation is not based on a specific assumption but simply results from the absence of arbitrage. This result is extremely important since it enables us to strip, with no ambiguity, the swap prices into forward prices. Observing the quoted price of the swaps,  $K_Z$ , it is possible to deduct the forward prices and vice versa.

### 3.3. Stripping using a probabilistic approach

When entering in a forward contract, one agrees on a future delivery time and the price to be paid to receive the underlying. Suppose that the delivery time is  $T$ ; with  $0 < t \leq T < +\infty$ , and that the agreed price at date  $t$  to be paid is  $F(t,T)$ . At time  $T$ , we will effectively receive a (possibly negative) payment. This payment is:

$$S_T - F(t,T) \quad (2.15)$$

The fair price of the derivative at date  $t$  is obtained discounting at the risk free rate

the expected value of the derivative under risk neutral measure. This probability measure is defined so that the expected return of the asset equals the risk free rate. The risk-neutral valuation formula is independent of the shape of the contract and then, can be applied to Equation 2.15. Therefore, the price  $P_{F(t,T)}$  of the forward of maturity  $T$  at date  $t$  is,

$$E_{Q_T}[S_T - F(t,T)|\mathcal{F}_t] \times e^{-rf(T-t)} = P_{F(t,T)}.$$

Because it is costless to enter such contract, the forward price should verify,

$$E_{Q_T}[S_T - F(t,T)|\mathcal{F}_t] \times e^{-rf(T-t)} = 0$$

$$E_{Q_T}[S_T|\mathcal{F}_t] = F(t,T), \quad (2.16)$$

This defines the fundamental pricing relationship between the spot and the forward price under the risk-neutral measure. Since the real estate market and especially the real estate indexes are suffering from market frictions, the choice of martingale measure  $Q_T$  is open. However, it does not matter here. We can define the price at date  $t$  of the ZCREIS of maturity  $T$ ,  $P_{ZC(t,T)}$ , using Equation 2.16 and the fact that risk neutral valuation is applicable for all contingent claims.

$$P_{ZC(t,T)} = E_{Q_T} \left[ \frac{N \left( \frac{S_T - (1+K_Z)^{T-t}}{S_t} \right)}{\mathcal{F}_t} \right] \times e^{-rf \times (T-t)} = \left[ \left( \frac{E_{Q_T}[S_T|\mathcal{F}_t]}{S_t} - (1+K_Z)^{T-t} \right) \right] \times e^{-rf \times (T-t)},$$

$$P_{ZC(t,T)} = \left[ \frac{F(t,T)}{S_t} - (1+K_Z)^{T-t} \right] \times e^{-rf \times (T-t)}. \quad (2.17)$$

This relation is identical to Equation 2.13 defined in the previous subsection. It enables us to define the ZCREIS as a function of the real estate forwards but in a less intuitive manner. However, this presentation is necessary to introduce the risk neutral valuation basic principles which are extended in Section 4.2 relative to the stripping of the YYREIS.

#### 4. PRICING AND STRIPING YYREIS INTO IPD FORWARDS

In this section, we present the recursive method and comment the convexity

problem related to the stripping of the YYREIS into real estate forwards. Then, we present a market model to implement the convexity adjustment and define a pricing formula of YYREIS as a function of the real estate forwards.

#### 4.1. Naïve stripping and convexity problem

In this section, we try to replicate the YYREIS using real estate forwards. Here, we have to replicate all the cash-flows of the swap from  $t$  to  $T$ . Because the first cash-flow can be considered as a ZCREIS, replication is immediate using the results of the previous part. The difficulty appears with the second cash-flow. But once the solution is found, it can be used recursively for all the others.

The second cash-flow corresponds to a FRA (Forward Rate Agreement) to receive the floating year on year real estate return for example on year 1 to year 2 and pay the fixed,  $K_0(1,2)$ . It is subscripted by 0 because it is known at time 0 (cf. Figure 2.4).

[INSERT Figure 2.4 HERE]

At time  $t = 0$ , a hedge (*i.e.*, not a replication<sup>52</sup>) for the cash flow  $\frac{S_2}{S_1} - 1$  is to buy a one year zero coupon real estate swap (receive one year real estate return) and sell a two years zero coupon real estate swap (pay 2y real estate return). The payoff obtained on the one year zero coupon real estate swap is indicated in Figure 2.5: receiving the real estate return in exchange of the fixed-rate,  $K_0(0,1)$ .

[INSERT Figure 2.5 HERE]

The cash-flows obtained for a short position on the ZCREIS of maturity two years are presented in Figure 2.6. The seller pays the real estate return on year 0 to year 2 and receives the fixed-rate  $[1 + K_0(0,2)]^2 - 1$ .

---

<sup>52</sup> Indeed, we are not able to implement a static strategy allowing to replicate the second leg of the swap, *i.e.*, to exactly provide the real estate return between two following dates. However, there is a static strategy allowing to cut off/to hedge most of the risk relative to this second real estate leg.



[INSERT Figure 2.6 HERE]

To hedge the real estate return between  $t=1$  and  $t=2$  we sell the real estate return between 0 and 2 and buy the real estate return between 0 and 1. However, it is not a perfect hedge. A replication error, that comes from the reinvestment of the intermediary cash flow (at date 1) at an inappropriate rate, remains. Indeed, the replication would be perfect if it was possible to reinvest the fixed-leg paid in 1 at the  $\frac{[1+K_0(0,2)]^2}{[1+K_0(0,1)]}$  rate and the variable leg at the real estate rate on year 1 and 2. Here, we just assume that intermediary cash-flows are reinvested at the risk free rate. Therefore, at date 2, the replication error relative to convexity is equal to:

$$\left(\frac{S_1}{S_0} - 1\right) \times \left(\frac{S_2}{S_1} - 1 - r_f\right) - [1 + K_0(0,1)] \times \left[\frac{[1 + K_0(0,2)]^2}{[1 + K_0(0,1)]} - 1 - r_f\right] \quad (2.18)$$

The error comes from a composition of interest at an inappropriate rate. However, the strategy presented here remains a reliable hedge of YOY real estate return. In Section 5, we estimate empirically the hedging error that would have occurred if it was implemented between December 2006 and September 2009 and it stays quite reasonable.

The convexity adjustment can also be considered using a mathematical relation where  $P_{FRA(0,T_i,T_j)}$  is the price of the real estate FRA on year  $T_i$  and  $T_j$  with  $T_i < T_j$ . The other notations have been introduced in the previous section relative to the stripping of the ZCREIS. Risk neutral valuation yields  $P_{FRA(0,T_i,T_j)}$  as

$$P_{FRA(0,T_i,T_j)} = E_{Q_{T_j}} \left[ \frac{S_{T_j}}{S_{T_i}} - 1 - K/\mathcal{F}_0 \right] \times e^{-r_f \times T_j}. \quad (2.19)$$

However because of the covariance between  $S_{T_j}$  and  $S_{T_i}$  under the  $Q_{T_j}$  probability measure we have,

$$\begin{aligned}
 P_{FRA(0,T_i,T_j)} &= E_{Q_{T_j}} \left[ \frac{S_{T_j}}{S_{T_i}} - 1 - K/\mathcal{F}_0 \right] \times e^{-rf \times T} \\
 &\neq \left[ \frac{E_{Q_{T_j}} [S_{T_j}/\mathcal{F}_0]}{E_{Q_{T_j}} [S_{T_i}/\mathcal{F}_0]} - 1 - K \right] \times e^{-rf \times T_j}.
 \end{aligned} \tag{2.20}$$

In addition,

$$\left[ \frac{E_{Q_{T_j}} [S_{T_j}/\mathcal{F}_0]}{E_{Q_{T_j}} [S_{T_i}/\mathcal{F}_0]} - 1 - K \right] \times e^{-rf \times T} = \left[ \frac{E_{Q_{T_j}} [F(0, T_j)/\mathcal{F}_0]}{E_{Q_{T_j}} [F(0, T_i)/\mathcal{F}_0]} - 1 - K \right] \times e^{-rf \times T_j} \tag{2.21}$$

$$\left[ \frac{E_{Q_{T_j}} [F(0, T_j)/\mathcal{F}_0]}{E_{Q_{T_j}} [F(0, T_i)/\mathcal{F}_0]} - 1 - K \right] \times e^{-rf \times T} \neq \left[ \frac{F(0, T_j)}{F(0, T_i)} - 1 - K \right] \times e^{-rf \times T_j} \tag{2.22}$$

Indeed, the forward  $F(0, T_j)$  is a martingale under the forward measure  $Q_{T_j}$ . Similarly, the forward  $F(0, T_i)$  is a martingale under  $Q_{T_i}$  but not  $Q_{T_j}$ . Consequently, the expected value of the ratio of the two forwards has to take into account various convexity adjustments. In particular, we have to identify the correlation structure and define the change of measure between  $Q_{T_j}$  and  $Q_{T_i}$  in order to get

$$P_{FRA(0,T_i,T_j)} = \left[ \frac{F(0, T_j)}{F(0, T_i)} \theta - 1 - K \right] \times e^{-rf \times T_j}, \tag{2.23}$$

where  $\theta$  is the convexity adjustment. The adjustment is model-dependent. The naïve stripping method treats futures as if they were FRAs. The arbitrage consists of shorting the future and receiving fixed-rate on the corresponding FRA. If rates rise, then margin payments on the forward contracts are received immediately, whereas the loss on the FRA is not realized immediately. The opposite happens if rates fall. The amount by which the futures rate needs to be adjusted is called the convexity adjustment. The convexity adjustment is determined by the market's expectations of future changes in rates. Thus, different rate models will give different convexity adjustments. For example, the Ho and Lee (1986) model assumes that rates have a constant volatility over different maturities whereas the Heath, Jarrow, and Morton (1992) model offers a higher flexibility.

In the next sub-section, we will define the convexity adjustment using Belgrade and Benhamou (2004) relative to *Year on Year Indexed Inflation Swaps* (YYIS) and we will indicate the pricing formula linking YYRES and real estate forwards.

#### 4.2. A market model approach

Like Belgrade and Benhamou (2004) for the Consumption Price Index (CPI) forward, we assume that the real estate forward of maturity  $T_i$  at date  $t$ ,  $F(t, T_i)$ , is modeled by a diffusion process given by

$$\frac{dF(t, T_i)}{F(t, T_i)} = \mu(t, T_i)dt + \sigma_{RE}(t, T_i)W^i(t), \quad (2.24)$$

where the volatility structure  $\sigma_{RE}(t, T_i)$  and the drift  $\mu(t, T_i)$  are deterministic functions, and where  $W^i(t)$  denotes a standard Brownian motion. The volatility  $\sigma_{RE}(t, T_i)$  and the drift  $\mu(t, T_i)$  cannot be expressed independently of the maturity. Indeed, all the forward prices do not have the same fluctuation. Many empirical studies have established that volatility changes with the maturity of the contracts. The fact that prices do not vary homothetically raises the question of a possible segmentation of the term structure.

By definition,  $F(t, T_i)$  is a  $Q_{T_i}$  martingale that can be locked in by a zero coupon swap with maturity  $T_i$ . To complete our modeling description, we will assume that interest rate is modeled by a standard Heath, Jarrow, and Morton (1992) model given on the zero coupon bond ( $B(t, T_i)$ ) diffusion by

$$\frac{dB(t, T_i)}{B(t, T_i)} = r(t)dt + \sigma_B(t, T_i)W^B(t), \quad (2.25)$$

where  $W^B(t)$  is a standard Brownian motion. We will assume that the various Brownian motions are correlated. Because of the segmentation of the term structure, which could imply a certain disconnection between the different parts of the forward curve, we also consider the correlation structure. This correlation is a function of the different maturities considered for the forwards with themselves and with the bonds.

$$\begin{cases} d\langle W^i, W^j \rangle(t) = \rho_{i,j}^{RE} dt \\ d\langle W^i, W^B \rangle(t) = \rho_i^{Bond, RE} dt \end{cases} \quad (2.26)$$

As in standard option pricing, we assume that the various Brownian motions are

the ones associated with our filtered probability space  $(\Omega, \mathcal{A}, (\mathcal{F}_t)_{t \geq 0}, \mathcal{Q})$ . Using arguments similar to the interest rate market models, it is possible to show that the drift adjustment for the forward  $F(t, T_i)$  between the forward measure  $Q_{T_i}$  and  $Q_{T_j}$  is given by

$$\rho_i^{Bond, RE} \left( \sigma_B(t, T_i) - \sigma_B(T_j) \right) \sigma_{RE}(t, T_i). \quad (2.27)$$

The forward  $F(t, T_i)$  is a martingale under the forward measure  $Q_{T_i}$ . Similarly, the forward  $F(t, T_j)$  is a martingale under  $Q_{T_j}$  but not  $Q_{T_i}$ . Consequently, the expected value of the ratio of the two forwards (with  $T_j \leq T_i$ ) has to take into account various convexity adjustments. This gathers Equation 2.20 and 2.22 presented previously. The change of measure between  $Q_{T_j}$  and  $Q_{T_i}$  is given by

$$dW^i(t) = d\tilde{W}^j - \rho_i^{Bond, RE} \left( \sigma_B(t, T_i) - \sigma_B(T_j) \right) dt, \quad (2.28)$$

where  $\tilde{W}^j$  is a  $Q_{T_i}$  Brownian motion. This implies that the ratio of the real estate forward under the forward measure  $Q_{T_i}$  is given by

$$\frac{F(t, T_i)}{F(t, T_j)} = \frac{F(0, T_i)}{F(0, T_j)} \exp \left\{ - \left( \int_0^{T_j} \sigma_{RE}(s, T_j) \left[ \rho_{i,j}^{RE} dW^i(s) + \sqrt{1 - (\rho_{i,j}^{RE})^2} d\overline{W}^l(s) \right] - \frac{1}{2} \int_0^{T_j} \sigma_{RE}^2(s, T_j) ds \right) + \int_0^{T_j} \rho_j^{Bond, RE} \sigma_{RE}(s, T_j) \left( \sigma_B(s, T_i) - \sigma_B(s, T_j) \right) ds \right\}, \quad (2.29)$$

where  $W^i(t)$  and  $\overline{W}^l(s)$  are two orthogonal Brownian motions. Taking the expected value leads to

$$\frac{E^{Q_{T_i}} \left( \frac{F(t, T_i)}{F(t, T_j)} \right)}{\frac{F(0, T_i)}{F(0, T_j)}} = \exp\{D_i(0)\}, \quad (2.30)$$

Where

$$D_i(0) = \int_0^{T_j} \sigma_{RE}(s, T_j) \left[ \sigma_{RE}(s, T_j) - \rho_{i,j}^{RE} \sigma_{RE}(s, T_j) \right] ds + \int_0^{T_j} \rho_j^{Bond, RE} \sigma_{RE}(s, T_j) \left( \sigma_B(s, T_i) - \sigma_B(s, T_j) \right) ds.$$

At this step, Equation 2.19 boils down to Equation 2.23 using the Equation 2.30.

Therefore, it is now possible to define the YYREIS at time 0 as an expression of the real estate indexed forward prices. Indeed, the value of the real estate indexed-leg at date 0 for the maturity  $T_M$ ,  $V_{IL(0,T_M)}$ , is defined by,

$$V_{IL(0,T_M)} = NB(0,1) \left[ \frac{F(0,1)}{F(0,0)} - 1 \right] + N \sum_{i=2}^M B(0, T_i) \left[ \frac{F(0, T_i)}{F(0, T_{i-1})} \exp\{D_i(0)\} - 1 \right], \quad (2.31)$$

where  $\exp\{D_i(0)\}$  is the convexity adjustment. Regarding the value of the fixed-leg,  $V_{FL(0,T_M)}$  it is equal to

$$V_{FL(0,T_M)} = \sum_{i=1}^M K \times B(0, T_i). \quad (2.32)$$

We can define the price of the swap at date  $t=0$ ,  $P_{YY(0,T_M)}$ , as the difference between the discounted value of the indexed-leg and of the fixed-leg. Because this value is defined at the issuance to be costless, we get the following relation:

$$P_{YY(0,T_M)} = NB(0,1) \left[ \frac{F(0,1)}{F(0,0)} - 1 - K \right] + N \sum_{i=2}^M B(0, T_i) \left[ \frac{F(0, T_i)}{F(0, T_{i-1})} \exp\{D_i(0)\} - 1 - K \right] = 0 \quad (2.33)$$

We showed in this part how to adjust for convexity using lognormal dynamics and complex correlation structures. Hedging real estate derivatives that pays real estate rate can be counter intuitive and unstable; the gain of such adjustment is not obvious. The estimate of the various parameters including the correlation structure is necessarily approximative and leads to a valuation bias while the convexity adjustment has been estimated at few basis points on other market<sup>53</sup>. The longer the maturity is and the higher the convexity adjustment should be.

<sup>53</sup> See Peng (2006) for the CPI-Inflation-Indexed swap.

## **5. REAL ESTATE FORWARD TERM STRUCTURE, PRESENTATION AND COMPUTATIONAL METHOD**

In this section, we finally present the real estate forward term structure and discuss its use. Then, we present a computational method for its calculation where we do not use convexity adjustment. However, the consequence of this approximation is assessed.

### **5.1. Real estate forward term structure**

One of the key benefits of forward markets is to provide price discovery. Whether one looks at the oil market, which has been a liquid world market for more than a decade, or at newly deregulated energy markets such as electricity, in both cases forward prices provide an indication of where the price of a barrel of oil or a megawatt-hour of power is heading. This explains why the forward term structure, *i.e.*, the set of available forward prices as a function of their maturity, is the subject of intense scrutiny on the part of participants. The forecasting power of forward and futures prices to predict future spot prices is part of the social utility that may be attached to them. As for other markets, it is potentially relevant to analyze forward term structure and its time fluctuations in order to forecast the real estate market.

Due to the great lack of price information and efficiency on the real estate spot market, a forward price could be a highly useful indicator in investment decision and risk management. In a market suffering from a high degree of friction, the use of derivatives could be particularly informative and contribute to increase the market efficiency. The fact that forward prices are transaction-based whereas their underlying is generally appraisal-based indices involves a potential lower efficiency for the index. For instance, this would be characterized by a higher time to reaction at any change in the information set. On the contrary, information should be instantaneously integrated in the derivative prices if the liquidity in this market is sufficient. In that case, real estate buyers and sellers should collect information on the derivative market rather than the spot one. There is potentially a lead-lag relationship between the forward price and the spot price; the future spot prices could be explained by the current forward prices. By integrating a broader information set, forward prices could be a more accurate estimator of real estate prices than their own underlying index.

The strong potential interest for the real estate forward term structure faces the lack of data in the real estate spot market. Using the real estate swap market, which is the most mature market, though recent, we are able to estimate this curve using the results introduced in the previous sections. In the following sub-section, we present a computational method to determine the real estate forward term structure.

## 5.2. Computational method

The procedure to derive the implied forward prices is based on direct application of the net present value rule to equalize the value of the fixed-leg of the swap with the value of the indexed-leg. We assume that par swap quote for maturities  $T_i=1,2,..,M$  years are observed on the market. In addition, the spot level of the index at date  $t$ ,  $S_t (=F(t,t))$ , is observed.

Having the first settlement date and Equation 2.33 we can establish the following relation

$$N \left[ \frac{F(0, T_1)}{F(0,0)} - 1 \right] - N \times K_1 = 0, \quad (2.34)$$

where  $K_1$  is the quotation price of the swap of maturity  $T_1$ . We can solve this equation and obtain the forward price,  $F(0, T_1)$ , defined by

$$F(0, T_1) = (1 + K_1) \times F(0,0). \quad (2.35)$$

Using Equation 2.33 and making the assumption of no convexity adjustment, we can express the swap price of maturity  $T_2$  as

$$NB(0, T_1) \left[ \frac{F(0, T_1)}{F(0,0)} - 1 \right] + NB(0, T_2) \left[ \frac{F(0, T_2)}{F(0,0)} - 1 \right] - B(0, T_1) \times K_2 \times N - B(0, T_2) \times K_2 \times N = 0, \quad (2.36)$$

where  $K_2$  is the quotation price of the swap of maturity  $T_2$ . Replacing  $F(0, T_1)$  by its value defined in Equation 2.35 we get in Equation 2.37 the value of the forward price of maturity  $T_2$ .

$$F(0, T_2) = \left[ \frac{K_2((B(0, T_1)+B(0, T_2))-B(0, T_1)K_1)}{B(0, T_2)} + 1 \right] \times F(0,0). \quad (2.37)$$

Using the quote of the *YYREIS* of maturity  $T_3$ , the implied real estate forward of

maturity  $T_1$  ( $F(0, T_1)$ ) and of maturity  $T_2$  ( $F(0, T_2)$ ) it is possible to compute the implied real estate forward of maturity  $T_3$  ( $F(0, T_3)$ ). The methodology can be iterated again to compute the real estate forward of maturity  $T_4$  and so on until  $T_M$ . Then, the whole term structure of the implied forward prices can be discovered.

The methodology defined here assumes no convexity adjustment. Indeed, to take into account the convexity, we should assess the complex correlation structure of the forward prices which is unknown. Moreover, the adjustment would lead to counter-intuitive hedging and unstable prices. However, the fact remains that our assumption of non convexity is questionable.

We attempt to assess the consequences of the no-convexity assumption. The data used are relative to the government bonds yields as a proxy for the risk free rate and to the quote of the UK IPD all property total return swaps from December 2006 until September 2011. We compute the forward prices using the methodology introduced in this sub-section and use them to assess the replication error for a simple swap of maturity 2 years. The figure below exhibits the absolute value of the real estate indexed cash flow paid on the swap and the error of replication of these cash-flows using the real estate forward. As one can see the absolute values of the cash flow during the crisis for the maturity two year were quite impressive, up to 50% of the notional value. However, the errors of replication never exceed 4.3% for an average of 0.4%.

[INSERT Figure 2.7 HERE]

Therefore, we can wonder what the value of the correction of convexity is. Correcting the convexity could potentially cause larger errors than those without correction. On the other hand, if the main concern is to obtain information about market price the no convexity approximation could be considered as acceptable, especially, if we focus on returns. Indeed, we could hypothesize that the convexity adjustment based on the correlation structure would be relatively stable across time. For this reason, the methodology used in this section could be a good enough way for market practitioners to obtain real estate information from derivative prices



## 6. CONCLUSION

In this paper we introduced the characteristics of the most commonly traded real estate derivatives: the year on year real estate indexed swap, the zero-coupon real estate indexed swap and the real estate forward. We investigated on their pricing formula and on the link connecting them to each other. This paper shows how to strip real estate swaps into their building blocks, the real estate forwards.

It becomes possible with the presented framework to compute real estate forward term structures from the real estate swaps. The fluctuation of the term structure could be particularly informative in terms of change in the real estate market consensus. Indeed, these prices are transaction-based and should reflect all the information relative to the index. The smoothing effect for example should be integrated into price. Forward curves fluctuations could be a useful indicator for market practitioners looking for more efficient real estate data than the real estate index itself. Thereby, buyers and sellers would collect information not only from the spot market but also from the derivative market.

This paper, opening the door to an analysis of the swaps prices, should conduct to different econometric analysis. Many issues raised here must be addressed empirically.

## REFERENCES

Belgrade, Nabyl, Eric Benhamou, and Etienne Koehler, 2004, A market model for inflation, *Working paper*.

Belgrade, Nabyl, and Eric Benhamou, 2004, Reconciling year on year and zero coupon inflation swap: a market model approach, *Working paper*.

Brigo, Damiano, and Fabio Mercurio, 2006, *Interest Rate Models: Theory and Practice : with Smile, Inflation, and Credit* (Springer).

Geltner, David, and Jeffrey D. Fisher, 2007, Pricing and index considerations in commercial real estate derivatives, *The Journal of Portfolio Management* 33, 99-118.

Heath, David, Robert Jarrow, and Andrew Morton, 1992, Bond pricing and the term structure of interest rates: a new methodology for contingent claims valuation, *Econometrica* 60, 77-105.

Ho, Thomas S. Y., and Sang-Bin Lee, 1986, Term structure movements and pricing interest rate contingent claims, *The Journal of Finance* 41, 1011-1029.

Kazziha, Soraya, 2000, Interest rate models, inflation-based derivatives, trigger notes and cross-currency swaptions, (Imperial College of Science).

Lizieri, Colin, Gianluca Marcato, Paul Ogden, and Andrew Baum, 2010, Pricing inefficiencies in private real estate markets using total return swaps, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 45, 774-803.

Mercurio, Fabio, 2005, Pricing inflation-indexed derivatives, *Quantitative Finance* 5, 289-302.

Peng, Wei, 2006, Understanding inflation convexity, *Working paper*.



## **LIST OF FIGURES**

Figure 2.1: YYREIS contract characteristics

This figure describes the flows between the buyer of the Year on Year Real Estate Indexed Swap (YYREIS), i.e., the receiver of the index and the seller of the contract, i.e., the payer of the index. Each contract is defined on a certain notional amount and the total return makes reference to the return of the index which is generally representative of the capital and income return. The fixed rate corresponds to the rate defined at the issuance of the contract and paid by the buyer of the contract in exchange of the real estate return. It could also be a floating rate but the standard is a fixed rate.

This contract is a zero sum game, one participant's gains results from an equivalent losses of its counterpart.

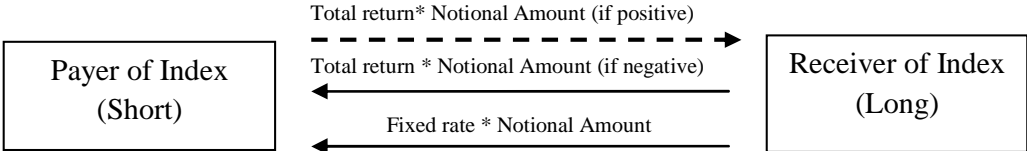


Figure 2.2: YYREIS cash-flows

This figure describes the cash-flows received and paid by the buyer of the Year on Year Real Estate Indexed Swap over time.

$N$  refers to the notional of the contract,  $K$  to the fixed-rate defined at the issuance of the contract and paid by the buyer in exchange of the real estate return,  $\frac{S_t}{S_{t-1}} - 1$ .  $S_t$  is the level of the underlying index at date  $t$ .

$N \left( \frac{S_t}{S_{t-1}} - 1 \right)$  corresponds to the payment of the seller of the contract in favor of the buyer. Inversely,  $NK$  refers to the payment of the buyer of the contract in favor of the seller.

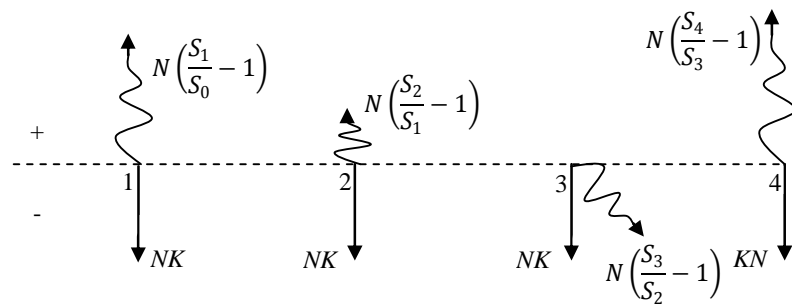


Figure 2.3: ZCREIS cash-flows

This figure describes the cash-flows received and paid by the buyer of the Zero Coupon Real Estate Indexed Swap. There is no intermediate cash flow between the issuance and the maturity of the contract. At maturity, there is an exchange of a fixed amount,  $N(1 + K)^M$ , against a floating amount,  $N\left(\frac{S_M}{S_0} - 1\right)$ .

$N$  refers to the notional of the contract,  $K$  to the annual fixed-rate defined at the issuance of the contract and paid by the buyer in exchange of the real estate return,  $\frac{S_M}{S_0} - 1$ .  $S_M$  is the level of the underlying index at maturity and  $S_0$  the level of the index at issuance.  $M$  make reference to the maturity in number of year of the contract issued at date 0.

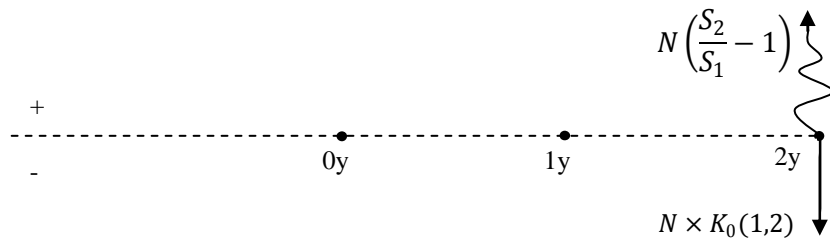


Figure 2.4: Fixed and floating-leg on YYREIS on year 1 to year 2

This figure describes the cash-flows received and paid by the buyer of a Year on Year Real Estate Indexed Swap of maturity 2 years at its expiration date.

$N$  refers to the notional of the contract,  $K_0(1,2)$  to the fixed-rate defined at the issuance of the contract ( $t=0$ ) and paid by the buyer of the contract in exchange of the real estate return of the second year,  $\frac{S_2}{S_1} - 1$ .  $S_2$  is the level of the underlying index at date 2 and  $S_1$  the level of the underlying index at date 1.

$N \left( \frac{S_2}{S_1} - 1 \right)$  corresponds to the payment of the seller of the contract to the buyer at the end of the second year.  $N \times K_0(1,2)$  refers to the payment of the buyer of the contract in favor of the seller.



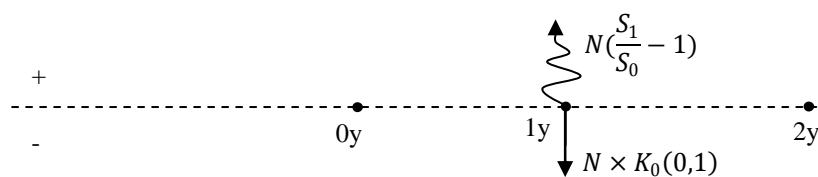


**Figure 2.5 :** Payoff of a one year maturity zero coupon real estate swap

This figure describes the cash-flows received and paid by the buyer of a Zero Coupon Real Estate Indexed of maturity 1 year at its expiration date.

$N$  refers to the notional of the contract,  $K_0(0,1)$  to the fixed-rate defined at the issuance of the contract ( $t=0$ ) and paid by the buyer of the contract in exchange of the real estate return of year 1, i.e.,  $\frac{S_1}{S_0} - 1$ .  $S_1$  is the level of the underlying index at date 1 and  $S_0$  the level of the underlying index at date 0.

$N \left( \frac{S_1}{S_0} - 1 \right)$  corresponds to the payment of the seller of the contract in favor of the buyer at expiration.  $N \times K_0(0,1)$  refers to the payment of the buyer of the contract in favor of the seller.

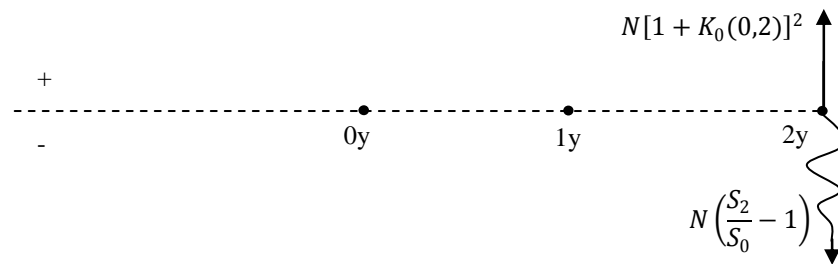


**Figure 2.6 :** Payoff of a two year maturity zero coupon real estate swap

This figure describes the cash-flows received and paid by the seller of a Zero Coupon Real Estate Indexed Swap of maturity 2 years. There is no intermediate cash flow between the issuance and the maturity of the contract. At maturity, there is an exchange of a fixed amount against a floating one.

The fixed amount corresponds here to  $N(1 + K_0(0,2))^2$  and the floating amount to,  $N\left(\frac{S_2}{S_0} - 1\right)$ .

$N$  refers to the notional of the contract,  $K_0(0,2)$  to the annual fixed-rate defined at the issuance ( $t=0$ ) and paid by the buyer in exchange of the real estate return between year 0 and year 2, i.e.,  $N\left(\frac{S_2}{S_0} - 1\right)$ .  $S_2$  is the level of the underlying index at date 2 and  $S_0$  the level of the underlying index at date 0.

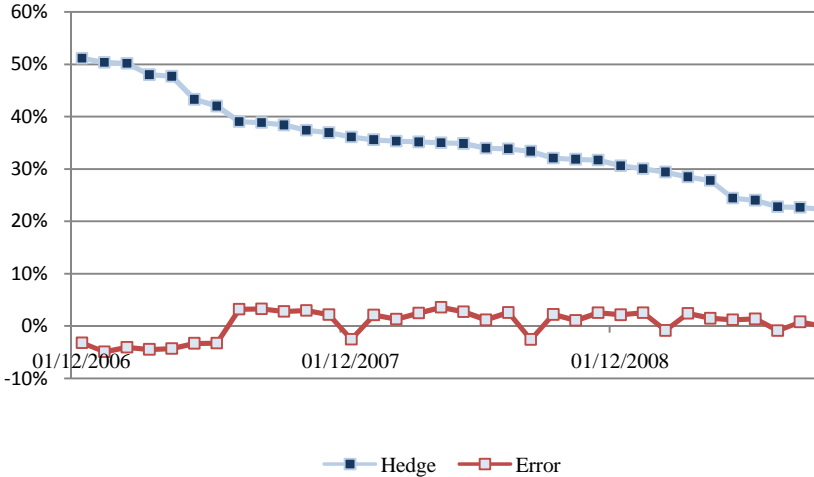


**Figure 2.7: Empirical hedging error using naive stripping**

The UK Government Bond 1 Year Note Generic Bid Yield (GUKG1) used as proxy for the risk free rate comes from Datastream. The monthly UK IPD All Property index has been provided by the Investment Property Databank. The quotes of the UK IPD All Property Total Return Swaps stripped into IPD Forwards have been provided by Iceberg Alternative Investment.

The sample used in this figure runs from December 2006 to December 2010.

The blue curve shows the absolute value of the real estate indexed cash flow paid on the swaps of maturity 2 years. The red curve, shows the error relative to the replication of the blue curve using real estate forwards.



---

## CHAPITRE 3: Are property derivatives a leading indicator of the real estate market?

---

### ABSTRACT

This paper is the first attempt to analyze the statistical characteristics of changes in property forward prices. Four years and nine months of data on the UK Investment Property Databank (IPD) all property total return swaps during the period 2006 to 2011 are examined. We derive the forward curves using a bootstrap method and study their statistical characteristics. If real estate forward contracts share similarities with other derivatives, they also exhibit substantial differences. In particular, the link between maturities and volatility explored by Samuelson (1965) does not hold and segmentation seems to exist relative to the maturity of two years. The relationship between forward contracts, the underlying asset, and other assets (risk-free rate, listed real estate) is also explored. The UK IPD All Properties Total Returns index appears significantly less volatile and less efficient in term of correlation than its own derivative contracts. Moreover, changes in forward prices are leading indicators of the IPD index. Regarding the forward price discovery function, investors should collect information not only from the spot market but also—and maybe primarily—from the derivative market. Doing so could well be the better compromise among the various ways of understanding real estate market prices and dynamics.

**Keywords:** appraisal based index, forward curve, Granger causality, real estate swap.

## 1. INTRODUCTION

Theoretical and practical reasons for the existence of real estate derivatives are numerous. Indeed, the availability of property derivatives makes it possible for developers, property owners, and investors to hedge dynamically against property value risk. These contracts offer exposure to real estate values without direct ownership of properties and with much lower transaction costs than the ones incurred in buying or selling individual estates. Property derivatives provide access to a unique class of assets<sup>54</sup> and allow for real estate trading in a liquid context for short-term horizons. They offer portfolio diversification at a low cost by taking a position on the overall market and not only on some properties. Specifically, property derivatives could improve diversification both domestically and internationally and facilitate arbitrage strategies across various markets. This is helpful for investors like medium portfolio manager for whom diversification is otherwise hardly within their reach. Tactically, they offer the opportunity to hedge and profit from a downturn in the property market. Furthermore, property derivatives may contribute to ease fluctuations in property prices since they convey information about the fundamental value of the underlying assets. This mechanism is more generally referred to as the price discovery function of the derivative market.

Despite the current interest of authors such as Bertus, Hollans, and Swidler (2008), Björk and Clapham (2002), Geltner and Fisher (2007), Lizieri, Marcato, Ogden, and Baum (2010), and Syz and Vanini (2011), property derivatives have received little attention in the literature to date. This situation is probably a consequence of the youth of this market. Indeed, in the UK market, transactions have been seriously increasing since 2004. Although this market is today the most mature market, it remains an *over-the-counter* (OTC) market. The *total return swap* (TRS) on the IPD-all-properties index is the most liquid contract. In the U.S., a property derivatives market has been continuously developing since 2006, notably with the Case-Shiller Home Price Index futures. Other property derivatives have been traded in others countries but volumes remain low. That said, the amount of data is now sufficient to investigate with IPD derivatives.

This paper is the first attempt to analyze the statistical characteristics of property

---

<sup>54</sup> See Clayton, Giliberto, Gordon, Wilson, Fabozzi, and Liang (2009) and Ibbotson and Siegel (1984)

forward prices. As highlighted in a survey conducted at the MIT Center for Real Estate in 2006, the lack of confidence in how derivatives should be priced is one of the most important barriers to their use. In this context, understanding the forward price term structure becomes essential. Are Gaussian assumptions suited for pricing models, especially with respect to long-term delivery dates? Do the short- and long-term forward prices behave similarly? Do property derivatives behave like other derivative assets or other related assets? This study also investigates the lead-lag relationship between spot and forward returns for different maturities. The identification of any lead-lag relationship between real estate forwards and spot prices is of great interest for several reasons. Practitioners or investors need more recent information to make their arbitrage decisions. Regulators also need to know the consequences of the real estate forward market on the spot market (under the assumption that the spot market can be predicted using the forward market) to manage the origination of more informed housing, land, or economic policies. Thus, forward prices could be more efficient than appraisal-based indices and even transaction-based indices. Indeed, we could reasonably hypothesize that the smoothing effect observed in the appraisal-based index could be taken into account in forward prices. Moreover, because these products avoid real estate frictions such as transaction costs or time-on-the-market periods, forwards could well be a prime channel for revealing market information. Consequently, investors should collect information not only from the spot market but also from the derivatives market.

To document these questions, we use a four-year and nine-month database relative to the quotes of the *UK IPD Total Return All Property swaps*. This paper is organized as follows. The next section describes the underlying and the contract characteristics of the property derivative. We provide a description of our dataset in Section 3 and a statistical comparison with other forward markets in Section 4. Then, we establish a parallel with related assets and study the lead-lag relationship between real estate spot and forward contract markets. The final section concludes.

## **2. PROPERTY DERIVATIVES: THE CASE OF IPD ALL PROPERTY TOTAL RETURN SWAPS**

We focus on the UK market and solely consider the IPD annual all property total return swaps. This choice is supported by the fact that the swaps on the IPD annual all properties index are the most actively traded real estate derivative contracts. We

introduce the underlying asset and then the IPD TRS contract.

## 2.1. The underlying asset

Unlike the stock market, using a single physical asset as underlying is not possible. We use a real estate index as the primary asset to track the percentage change in property market prices in each consecutive period. The time interval is chosen as short as possible and typically ranges from one month to a year. Two major types of property price indices are available: appraisal-based indices and transaction-based indices. Although transaction-based indices better represent the market price than appraisal-based indices, their construction often suffers from too few observed transactions. This point is particularly acute with respect to writing a derivative on this underlying index. Indeed, the index's nominal level at each settlement date is needed even if market volume collapses. Otherwise, the payoff of the derivative cannot be computed.

A variety of appraisal-based indices from various providers exists. However, the IPD indices are well recognized among market practitioners and are widely used for derivatives in Europe. Its equivalent on the U.S. market is the *National Council of Real Estate Investment Fiduciaries* (NCREIF). They provide three standardized measures of performance for each sector under consideration: total return, income return, and capital return. All growth and index calculations are value weighted, meaning that “each property contributes to the result in proportion to its capital value and are compounded monthly to report industry standard time weighted measures for quarterly, biannual and longer periods,” as defined by the IPD. Considering the UK market, the IPD developed a *monthly all property total return index* with coverage of 15%<sup>55</sup> of the total professionally managed UK property investment market. This index is considered the monthly proxy of the annual IPD index.

The use of appraisal-based indices for property derivatives is not without consequence. These indices suffer from two major types of problems: noise and lag. Noise refers to random deviations between the index value and the actual market price. However, this problem should not be a real concern for an index with large market

---

<sup>55</sup> Only a few institutional investors such as property unit trusts (PUTs) face a legal obligation of monthly appraisals.

coverage. Lag gives an index inertia and predictability, and causes its expected future returns to differ from the equilibrium property market return expectations. The temporal lag in appraisal behavior is explained by the fact that appraisers use past transaction prices to estimate current property valuations. This “tyranny of past values” phenomenon also enables the index to be a smoothed indicator, in the sense that it underestimates the true level of volatility. Noise and lag reduce the value of appraisal-based indices for targeted investment purposes and benchmarking; they could also constitute an obstacle to the growth of real estate derivative markets.

Various studies explore the mismatch of real estate indices, including, amongst others Firstenberg, Ross, and Zisler (1988), Quan and Quigley (1989,1991), and Geltner (1991,1993). Lags cause indices to have different risk characteristics than the average property tracked by indices; as indicated, lags imply a smoothing of the true market volatility and a dampening of an apparent correlation with other financial assets. Usually, a first-order autoregressive model is a reasonable model for evaluating appraisers’ behavior and capturing smoothing phenomenon. To partially correct appraisal-based index, we compute what is called the unsmoothed IPD index using a typical representation of this model:

$$IPD_t = \alpha P_t + (1 - \alpha)IPD_{t-1}, \quad (3.1)$$

where  $IPD_t$  is the value of the appraisal index at time  $t$ ,  $P_t$  is the purely contemporaneous transaction-based indication of market value at time  $t$ , and  $\alpha$  is the smoothing parameter. The greater the confidence that appraisers have in the new market information, the greater the value of  $\alpha$  is (Geltner (1989)). Brown and Matysiak (1998) find an  $\alpha$  for the UK IPD monthly index that ranges between 0.50 and 0.62, with an overall mean of 0.56. Using 0.56 as the value for  $\alpha$  in Equation 3.1, we compute the *unsmoothed monthly IPD UK capital growth all property* index using the *monthly IPD UK capital growth all property* index. This new index defines the current market price at which we add the *monthly IPD UK all property income return* index to obtain the *unsmoothed monthly IPD UK all property total return* index.

Essentially, the following sections use the *term unsmoothed IPD index* to refer to the *unsmoothed IPD UK all property total return index* and the term *IPD index* to refer to the *IPD UK all property total return index*. We always consider all property indices in total return, which is motivated by our data set constituted of all property total return



contracts.

## 2.2. Presentation of the contract

The basic structure of the *UK property return swap* is a contract for difference in which parties swap an annual IPD real estate total return index for an interest rate. Since 2006, a shift toward a simplified annual contract with a fixed interest rate occurred. At the beginning of the contract, the purchaser of real estate risk agrees to pay a fixed-rate each year for the duration of the contract, usually between one and five years, based on a notional contract size, *e.g.*, £10million. In exchange, the buyer receives the annual total return of the relevant real estate index.

For the UK all property trades, the index of choice is the IPD Annual All Property Index. Because this index is published at the end of February of the following year, annual cash flow payments for swap trades are settled at the beginning of March. As an OTC instrument, swaps can be structured and tailored to suit the needs of an individual investor. However, we are only focused on the conventional form: the Annual IPD UK All Property swap with a fixed-rate.

Their prices quote the fixed-rate leg over calendar years, regardless of when the trade was actually executed. The quotes change over the year, taking into account the performance of the IPD monthly which is considered as a reliable estimator of the IPD annual.

## 3. DATA

This section presents our primary data set constituted by the quotes of the UK IPD annual all property total return swaps from which the IPD forward curves are derived. Because swaps are essentially a series of forward contracts sewn together and agreed upon at once upfront, we decided to analyze these forwards rather than swaps directly. Deriving these forward prices allows for an equivalent analysis of the building blocks of the swap contract, rather than the swap contract itself. Forward price variations are easier to interpret because only one cash flow exists.

### 3.1. IPD swaps

The key dataset for this paper is comprised of quotes of the *UK IPD annual all*

*property total return swaps*<sup>56</sup> from December 2006 to September 2011. Although a daily database, part of the daily data is missing. Swaps in this database have a fixed interest rate and the available maturities go from December 2007 to December 2016. The quotes attributed to the beginning of each month are relative to the 10<sup>th</sup> working day, which corresponds to the publication date of the UK IPD monthly all property index. If the IPD swap quotes are not available on the 10<sup>th</sup> working day, we use the quotes from the day immediately preceding that day. We do not use linear interpolation because this kind of approximation conducts to integrate some information not available on the required day. We use the IPD swap quotes on the day the index is published.

### 3.2. Implied IPD forward curves

In this subsection, we use the fact that swaps are just a combination of forwards to compute these forwards from the swap quotes. For this computation, we need (1) the swap quotes on the index publication day (or the day before), (2) the treasury yield curve as a proxy for the risk-free rate, and (3) the level of IPD All property Total Return index. Using the methodology defined in Drouhin and Simon (2011a), we obtain the IPD forward prices (the strike) for each month. This data allow the IPD forward curve to be drawn for each month in the study period up to the five-year maturity or more, from December 31, 2006 to 2011. For example, on December 31, 2007, we have the forwards of maturity one, two, three, four, and five years. The IPD forward curve is comprised of six points, the five forwards plus the IPD spot level (maturity equal to zero), *i.e.*, the IPD index.

Figure 3.1 shows the forward curves obtained for each beginning of year during the period December 2006 to December 2010. In 2006, before the subprime crisis, the IPD forward curve is strictly increasing at an almost fixed rate of 6.3%. At the end of 2007, during the subprime crisis, the slope of the IPD forward curve becomes negative for maturities from one to two years. In 2007, we observe a strong backwardation<sup>57</sup> of 8.4% for the 12-month maturity: the IPD forward of 12-month

---

<sup>56</sup> This dataset has been provided by the hedge fund Iceberg Alternative Investment.

<sup>57</sup> Backwardation refers to the market condition wherein the price of a forward or futures contract trades below the present spot price. The resulting futures or forward curve is typically downward sloping (*i.e.*, “inverted”) because contracts for further dates are typically traded at even lower prices.

maturity is lower than the IPD spot of 8.4%. In 2008, the harder the crisis and the higher the backwardation becomes. The 12-month IPD forward is 16% below the IPD spot; at this date, the IPD forward becomes superior to the IPD spot only for maturities longer than 48 months. The strongest backwardation appears at the end of February 2009: the fixed-quote of the IPD swap of maturity eight months is equal to -20.9%. The forward rates strongly reflect the economical context (contango<sup>58</sup> or backward situation).

[INSERT Figure 3.1 HERE]

To analyze the forward fluctuations over time, we compute price returns,  $r_t$ , by taking the logarithm difference between two consecutive prices:

$$r_t = \frac{\ln(IPD(t,T)) - \ln(IPD(t-\Delta t, T))}{\Delta t}, \quad (3.2)$$

where  $\Delta t$  is equal to one month and  $IPD(t, T)$  corresponds to the IPD forward of maturity  $T$  at date  $t$ . Figure 3.2 presents the returns observed for the forward prices for the different maturities available. We observe a particular pattern for the forward return of maturity *DEC2016* and a much lower liquidity. For this reason, we do not include this contract maturity in our analysis (we checked that such exclusion does not change significantly our results). For the analysis, we retain the forward curves from zero to four years.

[INSERT Figure 3.2 HERE]

The delivery dates in the property derivative market are always based on the IPD level on December 31. Consequently, using raw data to directly conduct an analysis with constant maturities is impossible. Therefore, to study the variations of the forwards prices at constant maturities, we rearrange the data to obtain a time series with constant maturities. Indeed, computing the IPD forward of  $i$ -month maturity for each month with

---

<sup>58</sup> Contango refers to the market condition wherein the price of a forward or futures contract is trading above the present spot price. The resulting futures or forward curve is typically upward sloping (i.e., “normal”) because contracts for further dates typically trade at even higher prices.

a linear approximation between two available maturities is possible. These approximations are valuable to graphically observing the potential predictability of the IPD index using forward prices. We compute the IPD forward curve of maturity one to 48 months for each month from December 2006 to September 2011.

## 4. COMPARISON WITH OTHER DERIVATIVES

### 4.1. Context and Samuelson effect

This section analyzes and compares the statistical characteristics of real estate forward log returns with other forward log returns on different markets. Because many contract maturities are available for other markets such as petroleum, working at constant maturity is possible. Lautier and Raynaud (2011) analyze the statistical characteristics of several<sup>59</sup> derivative contracts at constant maturity. They study the returns defined by Equation 3.2 over time. Therefore, to compare with their results, we also use the forward prices at constant maturities and compute the returns,  $r_{t,i}$  (the return at date  $t$  for the maturity  $i$ ).

We calculate the first fourth moments, *i.e.*, the absolute mean returns, the variance, the skewness, and the kurtosis of the IPD forward returns for each constant maturity available. These statistics are represented in Figure 3.3 for all constant maturities from zero (the spot) to 48 months.

[INSERT Figure 3.3 HERE]

Samuelson (1965) argues that, as the expiration date of a future contract approaches, the volatility of its price increases, *i.e.*, volatility is a negative function of the time to expiration. The intuition behind this result is that, when there is a long time to the expiration date, much time exists for new information to affect the final delivery price; therefore, any single piece of information is relatively unimportant. However, when expiration arrives, little time exists for further information to appear, meaning that

---

<sup>59</sup> The data analyzed in Lautier and Raynaud (2011) are relative to the following underlying assets: light crude oil, Brent crude, heating oil, gasoil, natural gas (U.S.), natural gas (Eu), wheat, soybean, soy oil, Eurodollar, Euribor, Sterling futures, gold.

information that does appear is relatively important. Therefore, if the Samuelson effect is verified, we should observe the same general pattern for the absolute mean return and for the variance; both should be a decreasing function of maturity. In Lautier and Raynaud (2011), all products except for interest rates (Eurodollar, Euribor, and Sterling) are characterized by the presence of a bell curve (decreasing pattern after 12 months), verifying the Samuelson effect. Among financial assets, Gold exhibits the flattest curve. Regarding stocks futures, Park and Sears (1985), Sherrick et al. (1992), and Han and Misra (1990) find evidences that contradict the Samuelson hypothesis. Kawaller et al. (2001) also find no support. Only Chamberlain (1989) find some limited support for the Samuelson Hypothesis.

#### **4.2. First- and second-order moment**

Figure 3.3 shows an identical evolution of the mean absolute return and the variance. First, the two curves increase regularly and for maturities longer than 24 hours, they become more or less flat. These results are clearly in contradiction with the Samuelson effect, possibly indicating that the derivatives market is segmented in two parts corresponding to different uses. For a horizon shorter than two years, commercial real estate markets present lower risk because of their predictability: ability to forecast the delivery of developers, ability to forecast the end of leases, relative anticipations of the time-on-the-market... Moreover, the underlying index is also partially anticipated because it is appraisal-based. In a sense, during a very short period, the market is close to a deterministic situation that corresponds to a small degree of variance for the forwards. The risk premium appears gradually, whereas predictability decreases up to the two-year horizon. Thereafter, market participants are content with making a general forecast of the market's risk and return between two and five years.

#### **4.3. Third-order moment**

This section analyzes the third moment of the IPD forward return distribution, *i.e.*, the skewness. Lautier and Raynaud (2011) show that, “interest rates exhibit a quite homogeneous behavior, with a negative skewness for the shortest maturities, which turns into a positive one for maturities around one year, and then a tendency toward zero. [...] As far as the other assets are concerned, the behavior of the skewness with the maturity is generally more regular: it is positive and decreases with the maturity for

soy oil, soy bean, the two natural gases and gold. Conversely it is negative and increases with the delivery dates for the group of petroleum product.” They explain that, “products characterized by a very frequent contango seem to exhibit positive skewness, whereas backwardated markets appear to be associated with negative skewness. Such result is consistent with the fact that price’s fluctuations are not the same in contango and backwardation.” Our sample study also verifies this statement for real estate. We observe simultaneously a backwardated period and a negative skewness for all maturities. However, this relationship has to be analyzed relative to prices’ history during that period. Indeed, 2007–2011 was characterized by extreme negative variations as exhibits the IPD spot, which has the most negative skewness. Nevertheless, we can hypothesis that IPD forwards display a negative skewness stronger than the skewness for the IPD spot in the long run. Because arbitrage mechanisms are difficult to implement for backwardated prices, forward price fluctuations relative to the IPD spot should be stronger than in contango. In a backwardated market, forward prices depend more on the balance between supply and demand and then can incur more extreme negative variations. In contrast, if property derivatives are easier to trade in contango, the future-spot relationship is more likely to operate. In this case, extreme positive variations of forwards relatively to real estate spot prices are avoided.

Similar to most of the derivative markets (except for natural gas), real estate forward prices are characterized by a negative skewness that converges to zero when the maturity increases. We can also observe a semi-annual phenomenon. For six and 18 months, the skewness is close to zero, whereas for 12 and 24 months, it reaches a minimum.

#### **4.4. Fourth-order moment**

For the fourth moment of the distribution, *i.e.*, the kurtosis (a measure of the peakedness and the fat tails), Lautier and Raynaud (2011) observe a relatively high level in comparison with property derivatives. Here also, we find evidence that the behavior is different before and after two years. The extreme values appear as being less frequent for a short time horizon, confirming our hypothesis of a deterministic situation. However, after 24 months, we observe a jump in the level of kurtosis.

#### 4.5. Implied forward rates: backwardation or contango?

Finally, we study the implied forward rates. If the future-spot relationship is verified as on the stock market, we should observe a forward rate equal to the risk-free rate. This amounts to analyze the log difference in percentage between the forward price and the spot price on an annual basis. A positive implied forward rate corresponds to a contango, whereas a negative rate corresponds to a backwardation. The forward rate magnitude analysis inquires us about the power of the arbitrage mechanisms operating on the market. The implied forward rate at date  $t$  for maturity  $T$ ,  $K_{t,T}$ , is computed simply using the following equation:

$$K_{t,T} = \frac{\ln\left(\frac{IPD(t,T)}{IPD_t}\right)}{(T-t)}, \quad (3.3)$$

where  $IPD_t$  is the IPD index observed at date  $t$ ,  $IPD(t,T)$  is the IPD forward of maturity  $T$  at date  $t$ , and  $(T-t)$  is the time to delivery expressed in number of years. Using Equation 3.3 on the same period as in Figure 3.3, results in Figure 3.4, which exhibits strong backwardations in December 2007 and in December 2008. Indeed, the 12-month maturity forward is lower than 16.5% in annual rhythm in 2008 and 9% in 2007 of the IPD spot. In contrast, in 2009, the forward rate of maturity 12 months is higher than 10% (contango). These levels of forward rates do not appear explainable by traditional arbitrage theory based on the ability to create a self-financing replicating portfolio.

[INSERT Figure 3.4 HERE]

However, Figure 3.4 shows a convergence of the forward rates when maturity increases, which could be an argument in favor of the existence of arbitrage mechanisms operating on the market. Indeed, Lizieri, Marcato, Ogden, and Baum (2010) and Syz and Vanini (2011) argue that market frictions should result in an arbitrage free bound price. Because most of these market frictions (transaction costs, for example) are constant and depreciable over the entire life of the contract, their impact is a negative function of time to delivery. Therefore, the free price bound or the size of the non-tradeoff opportunity window should be a decreasing function of this time to delivery. Figure 3.4 exhibits a fluctuation band with amplitude of 26.5% for the

12-month maturity, whereas the five-year maturity has amplitude of approximately 6%. According to this observed pattern, that arbitrage mechanisms (forward prices outside the free price bound) are more likely to happen for the longest maturities is a coherent notion.

## 5. STATISTICAL COMPARISON WITH RELATED ASSETS

In this section, the statistical analysis of the IPD forward prices at constant maturities is deepened. We investigate the forward price dynamics for the different delivery dates observed (December 2007, December 2008..., December 2015). We conduct this analysis in parallel with the characteristic of the underlying asset, publicly traded real estate, and the risk-free rate.

To investigate the link between forward prices and related assets, we use the *Footsie 350 Real Estate Index* (FTSE RE), the *UK IPD all property indices* (the total return, the capital growth, and the income growth index), and the *UK Government Bonds 1 Year Note Generic Bid Yield* (GUKG1)<sup>60</sup>. The FTSE RE is a capitalization-weighted index of all stocks designed to assess the performance of the real estate supersector of the Footsie 350 Index.

As previously stated, the total return IPD all property index used as an underlying asset in forward contracts is an appraisal-based index and suffers from lag and smoothing effects. We partially adjust for these biases by computing an unsmoothed total return IPD all property index (IPD un.), as defined in Section 2.1.

### 5.1. General statistics

Table 3.1 presents different statistics relative to the log return on a monthly basis for the variables previously introduced. The results are not annualized. In contrast to the IPD index, the REITs, and the risk-free rate, all forwards at constant maturity exhibit a normal distribution. IPD forwards seem closer to the IPD index in terms of skewness and kurtosis than the other assets considered, including the unsmoothed IPD index. They have a low skewness of -0.14 on average against -0.85 for the IPD index, and a

---

<sup>60</sup> The analysis was also conducted using the *UK Government Bonds 5 year Note Generic Bid Yield*. The results were similar and did not change any significant results.



positive kurtosis in excess of 0.41 on average against 0.75 for the IPD index. Similar to the IPD unsmoothed index, the IPD forwards keep an average return corresponding to one of the IPD index. On the contrary, of the IPD unsmoothed index that, quite surprisingly, deteriorates the skewness and the kurtosis, they enhance these criterions. IPD forwards are the only series to satisfy the Gaussian assumption regardless of the maturity considered and usually required for pricing model<sup>61</sup>.

[INSERT Table 3.1 HERE]

In terms of volatility, all series except the IPD unsmoothed index are significantly different at the 1% confidence level of the IPD index. The average standard deviation for the IPD forward is 3.35% on a monthly basis, equivalent to 11.6% on an annual basis, whereas the IPD index volatility is equal to 6.3% on an annual basis. This result amounts to a difference of more than 82%, on average, with the IPD index and 61% with the unsmoothed IPD index. Would the volatility of the IPD forwards be more consistent than the volatility of the unsmoothed IPD? To examine this issue, understanding the level at which the smoothing parameter defined in Equation 3.1 matches both volatilities is interesting. We find that the volatility of the unsmoothed IPD index equalizes the average volatility of the IPD forwards for a smoothing parameter of 0.26. Such a level for the coefficient is a strong indictment against appraisers and contributes to a greater increase in the kurtosis and the skewness of the unsmoothed IPD.

These forward volatility levels cannot be considered as disconnected from real estate risk because of the lack of development in the property derivative market; on average, they have a 58% lower volatility than the FTSE RE one, representative of publicly and leveraged-traded real estate. Here, a very problematic anomaly reduces the interest for the IPD index and even for its unsmoothed version. Indeed, their volatilities are lower than the risk-free rate, whereas they are representative of risky assets. Real estate risk seems more realistic for IPD forwards than for their own underlying asset. We obtain a ranking in terms of volatility that matches our expectations. The FTSE RE is the riskiest asset (leveraged and publicly traded) and has the highest volatility,

---

<sup>61</sup> We used a statistic of Fisher-Snedecor.

followed by the forwards (Geltner and Fisher (2007)) defends the notion that they should correspond to an unsmoothed indicator of the underlying asset) and the risk-free rate. The latter are respectively the unsmoothed IPD index and the IPD index.

## 5.2. REITs implied volatility

Table 3.1 shows an average difference of 56% between the volatility of the FTSE RE and the volatility of the forwards. However, before concluding that the volatility of the forwards is not correct, we have to disentangle the volatility of their operating assets from the effect of leverage. In other words, is the volatility of publicly traded real estate after eliminating the leverage effect comparable to the forward volatility? To investigate this issue, we use the four main equity REITs in the UK market in terms of diversified portfolio and capitalization. These REITs are the *British Land Company* (BLND), *Hammerson* (HMSO), *Land Securities Group* (LAND), and *SEGRO* (SGRO). They have an average annual volatility of 29.42% on their equity, comparable to the volatility of the FTSE RE (27.74%). *Thomson One Banker* issued all of the accounting and market information used for these REITs. We assess the implied volatility of the REITs' *operating assets* (*fixed assets plus working capital*; not total assets, which includes assets such as *cash or short-term investments*). These operating assets are funded by equity and total debt minus *cash and short terms investments, i.e., net total debt*. The latter is the level of debt used to assess the leverage of the REITs. We compute the implied volatility relative to each REIT using the risk-free rate (GUKG1), its funding structure, its equity market price, and the volatility of its equity (computed using a 24-month moving window)<sup>62</sup>. This methodology, described in Portrait and Poncet (2011), is based on Black and Scholes (1973) and amounts to considering the stock price as a European call option in which (1) the underlying is the operating asset, (2) the strike is the level of debt at market value and, (3) the maturity is the debt maturity. Table 3.2 presents the results obtained and relative to each earnings announcement.

[INSERT Table 3.2 HERE]

We observe an average implied REIT volatility of 17.48% from December 2006

---

<sup>62</sup> Other moving windows have been tested but the results were not significantly different.

to June 2011. Although the forward return volatility is lower than 60% of the volatility of the stock returns, it is only 30% lower than the volatility of the operating asset. Moreover, this difference of 30% is partly explained by a particularly high implied volatility from June 2009 to December 2010. By excluding this period, we obtain an average operating asset volatility of 12.2%, only 5.5% higher than the forward volatility. In contrast, the IPD volatility remains 48% lower. IPD forward volatility is relatively similar to REIT volatility once the leverage effect is eliminated. The difference in volatility between IPD index and forwards or REITs can be thought of as a difference in informational efficiency. Forward prices are a potentially more accurate indicator of the absolute level of real estate risk than the real estate index itself.

### 5.3. Correlation structure analysis

We continue this analysis by presenting the relationships that exist between the different forward maturities and between these forwards and other assets in terms of correlation (Table 3.3). Regardless of the maturity, each IPD forward is strongly correlated with other IPD forwards. They have a coefficient of correlation ranging from 0.42 to 0.7 with the IPD index, and are significant at the 1% level. These correlations even tend to increase slightly with the unsmoothed IPD index. IPD forwards are more correlated with the IPD indices (smoothed and unsmoothed) than the FTSE RE, which is a listed indicator. The correlation between the IPD index return and the FTSE RE return is significant only at the 10% level of confidence, whereas it is significant at the 1% level of confidence for the IPD forward. If we consider that the IPD spot is a better indicator of market trends compared with the REITs<sup>63</sup> and that, in terms of risk, the imply volatility of the REITs realizes a better performance, then the IPD forwards seem to cumulate all of the advantages of these indicators without their drawbacks. With respect to the risk-free rate after checking for other maturities, we only consider in Table 3.3 the one-year maturity (GUKG1) as documented in Mueller and Pauley (1995)<sup>64</sup>. The correlation between the variation of the IPD index and GUKG1 is

---

<sup>63</sup> Even if a thither connection seems to exist between the REITs and the private real estate market (e.g., Chosh, Miles, and Sirmans (1996) and Lee, Lee, and Chiang (2007)), REITs are also strongly related to the stock market (e.g., Giliberto (1990) and Clayton and MacKinnon (2003)).

<sup>64</sup> They show that the difference in terms of correlation between real estate prices and interest rates is very small for the short-term versus the medium- and long-term maturity.

significant at the 5% level of confidence, whereas it is significant at the 1% level of confidence for the IPD forward.

[INSERT Table 3.3 HERE]

This particularity could be explained using the appraisal-based process. Indeed, if real estate appraisers use the discounted cash flow (DCF) methodology, prices have a stronger correlation with the risk-free rate. However, Hartzell et al. (1987) shows that interest rates have surprisingly little effect on cap rates because appraisers seem to have more faith in the prices that others are paying than in their own discounted cash flow analysis. In fact, they use the capitalization method associated with the comparable method. The direct consequence is that new information (in our case, an increase/decrease in the interest rate) is progressively and not instantaneously integrated into prices. For this reason, forward prices could be more correlated to the risk-free rate because of their greater sensibility to a change in information. This potential result would be verified even if, independent of the spot price, we observe a positive relationship between the risk-free rate and the forward price. This last remark refers to the future-spot relationship well defined in the literature (see, for example, Geltner and Fisher (2007) and Syz and Vanini (2011)).

#### **5.4. Are forwards potentially a leading indicator?**

An analysis of the volatilities and correlations suggests that forward prices could constitute a more accurate real estate indicator than its underlying asset. This assumption refers to the price discovery function of forward prices and could be particularly important in a market suffering from many market imperfections. According to the pricing equilibrium formula suggested by Geltner and Fisher (2007), forward prices should reflect market expectations and, therefore, integrate a broader set of information than appraisal-based index. If such is the case, forward prices could be used as an advanced indicator of market prices. To illustrate this hypothesis, Figure 3.5 graphs the IPD forward of constant maturity 6, 12, 24, and 48 months across time along with the IPD spot. The IPD spot, *i.e.*, the observed level of the index, corresponds to the smoothed curve. The 6, 12, 24, and 48 months' maturity seem to react before the IPD spot: they seem to decrease before the fall and increase before the growth of the IPD

spot. We also notice that, when the market decreases, all maturities except for the 48-month maturity are in backwardation. In contrast, when the market increases, all forward maturities are in contango. In Figure 3.5, the IPD forwards seem to exhibit a lead relationship with the IPD spot. Forward prices should better reflect market expectations discounted at the appropriate risk premium than the IPD spot by including a broader set of information. For instance, the momentum of the IPD spot should be price integrated. This is formulated in Geltner and Fisher (2007).

[INSERT Figure 3.5 HERE]

## 6. TEMPORAL CAUSALITY OF REAL ESTATE FORWARD SERIES

To complete the investigation, we analyze the temporal autocorrelations to assess the predictability of the different processes and, consequently, their efficiencies. We also analyze the correlations of the IPD with the forward lagged to observe the predictability of the index using the forwards. Finally, we assess the lead-lag relationship between forward prices and real estate indices using a Granger causality test.

### 6.1. Individual autocorrelation analysis

Table 3.4 presents the autocorrelation of the different forward prices for a lag from one to four months<sup>65</sup>. We do not compute the autocorrelations relative to the IPD forwards of maturity December 2007 because this time series was too short. The results relative to the IPD index and the FTSE RE are also indicated here.

[INSERT Table 3.4 HERE]

---

<sup>65</sup> The data used are not related to the constant maturity. Because the aim is to analyze the forward price fluctuations across time, we use the raw data relative to the different maturities (December 2008, December 2009, ..., December 2015). However, as we do for the forwards at constant maturities, we apply Equation 3.2 to compute their returns.

The IPD index and the unsmoothed IPD are strongly autocorrelated for any lag from one to four months. All of their coefficients are positive and significant at the 1% level of confidence. Surprisingly, even the unsmoothed IPD, which is supposed to be more efficient, stays very far from efficiency. The un-smoothing process does not really seem to change the correlations levels. Classically, the FTSE RE is not autocorrelated regardless of the lag considered because of its listed nature. In terms of IPD forwards, the DEC2008 and the DEC2009 are auto-correlated at the 1% confidence level until a lag of two months. However, their level of autocorrelation of approximately 0.4 is not comparable with the 0.7 relative to the IPD indices. Moreover, all other forwards are not autocorrelated at the usual level of confidence. According to the autocorrelation coefficients, forward prices seem more efficient than the IPD index. Because they are more efficient and then less predictable than their underlying asset forwards have a potentially strong interest in terms of the price discovery function.

To push this analysis forward, the temporal autocorrelations are computed using a moving window of 24 months. By doing so, the autocorrelations are obtained for each month from February 2009 to October 2011. We average the autocorrelation by lag<sup>66</sup> and obtain an average measure of the autocorrelation across time for each lag considered. The results relative to the forwards for lags of one to four are presented in Appendix 3.1.

Figure 3.6 presents more specifically the results for the one-month lag relative to the IPD forwards, the IPD indices, and the FTSE RE. The first-order autocorrelation of the forward returns is between the IPD index and the FTSE RE index. However, the level is clearly closer to the FTSE RE, and if we retain a lag of four months, the spread is much smaller. Their evolutions are also relatively similar: the autocorrelation increases slightly at the beginning of 2009 and stays flat until November 2010, before decreasing and subsequently increasing again. The Brooks (2002) methodology is used to conclude that these series are cointegrated. This convergence between the IPD forwards and the REITs is an argument in favor of the fact that investors would have already developed arbitrage strategies.

---

<sup>66</sup> For each month  $t$  and lag  $j$ , the average autocorrelation is calculated, defined by  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Corr}(\Delta IPD_{t-j,i}; \Delta IPD_{t,i})$ , where  $n$  is the number of forward maturities available and  $\Delta IPD_{t,i}$  is the forward log return at date  $t$  for maturity  $i$ .

[INSERT Figure 3.6 HERE]

## 6.2. Cross autocorrelation analysis

Observing the relationship of the IPD index with the IPD forward lagged is also interesting. Because IPD forwards are more efficient, their lagged returns are strongly significant for explaining the IPD returns. Indeed, Table 3.5 exhibits high correlation between the IPD returns and the IPD forward lagged returns of one to five months. Most of these coefficients are significant at the 1% level of confidence. With a five-month lag, we still observe a positive and very significant (at the 1% level of confidence) autocorrelation of 36%, on average. The autocorrelations computed with the IPD index are still more significant than with the unsmoothed IPD index. However, correlation does not automatically imply causality and this intuition need to be tested more precisely.

[INSERT Table 3.5 HERE]

## 6.3. Granger causality test

As in Yiu Hui, et al. (2005), we use the Granger (1969) approach to determine whether the forward price causes the IPD return, *i.e.*, to determine how much of the current IPD return can be explained by past values of the forward return and vice versa. The IPD return is said to be Granger-caused by the forward returns if the forwards help forecast the IPD or, equivalently, if the coefficients on the lagged forwards are statistically significant. To perform these regressions, we define lags up to six months. In general, using more rather than fewer lags is better because the theory is couched in terms of the relevance of all past information. Technically, to test whether forward contract returns for which the term to maturity is  $x$  ( $\Delta IPD_{t,x}$ ) lead the spot returns ( $\Delta IPD_t$ ), or whether feedback effects occur between the two returns, the Granger causality test is running under the null hypotheses of *no causality* (*i.e.*,  $\beta_{0i} = 0$  and  $\beta_{1i} = 0$ ) in the following bi-variate regressions:

$$\Delta IPD_t = \alpha_{00} + \sum_{i=1}^6 \alpha_{0i} \Delta IPD_{t-i} + \sum_{i=1}^6 \beta_{0i} \Delta IPD_{t-i,x} + \varepsilon_t, \quad (3.4)$$

$$\Delta IPD_{t,x} = \alpha_{10} + \sum_{i=1}^6 \alpha_{1i} \Delta IPD_{t-i,x} + \sum_{i=1}^6 \beta_{1i} \Delta IPD_{t-i} + v_t, \quad (3.5)$$

where  $\alpha_{00}$ ,  $\alpha_{10}$ ,  $\alpha_{0i}$ ,  $\alpha_{1i}$ ,  $\beta_{0i}$ , and  $\beta_{1i}$  are the coefficients to be estimated; and  $\varepsilon_t$  and  $v_t$  are the two errors terms. In Equations 3.4 and 3.5, before estimating the coefficients and assessing their significance, we controlled for stationarity using ADF (Augmented Dickey Fuller) tests for the different forward prices at constant maturity and for the IPD prices. The results show that both the forward prices and the IPD index are nonstationary in level terms but are stationary at their first difference of the logarithm. Therefore, the first differences of a time series (*i.e.*, the log return) are exploited to carry out the Granger causality test.

Using this methodology, Yiu Hui, et al. (2005) investigate the lead-lag relationship between the real estate spot and forward contracts markets using pre-sale arrangements<sup>67</sup>. They establish that, “during a period of few transactions in the forward market, the spot return leads the forward return but not vice versa. On the contrary, when the volume ratio is higher (more forward sales), there are feedback relationships between the two markets.[...]The findings reveal that the spot returns led the forward returns but not vice versa during the period of low volume”.

[INSERT Table 3.6 HERE]

Our results introduced in Table 3.6 exhibit a different lead-lag relation. The first null hypothesis in Table 3.6, “forward return of maturity 12 months does not Granger-cause the IPD spot,” is rejected at the 1% level of confidence. On the contrary, the second hypothesis according to which the IPD return does not cause the 12-month

---

<sup>67</sup> They state in their paper, “pre-sale arrangements are typical in many cities such as Hong Kong and Singapore, and are effectively forward contracts in the sense that the contracting parties have agreed on the price, but the subject property, which is still under construction, will be transferred to the assignee at a later date.”



forward maturity is not rejected at the 5% level of confidence. In fact, we never reject the null hypothesis for the IPD spot, whereas it is largely rejected for the 12-month and the 24-month maturity forwards at the 5% level of confidence. Regardless of the maturity considered, the p-value related to the null hypothesis, “the forward return does not granger cause the IPD return,” never exceeds 10.29%, whereas the p-value related to “the IPD return does not granger cause the forward return” rise increases to 36%. These results imply that forward prices lead the IPD spot but the inverse relation is not verified, there is no feed-back effect. The difference in the pricing information set between IPD forwards and IPD index affects their causality relationship.

## 7. CONCLUSION

This paper use the IPD UK All Property Total Return swaps to conduct the first statistical analysis of property derivative prices. Because swaps are essentially a series of forward contracts sewn together and agreed upon all at once up front, we made the choice to analyze these building blocks rather than swaps directly.

For this market, the Samuelson effect does not hold. The absolute return and the volatility regularly increase up to two years and then become constant. This phenomenon can partially be explained by the smoothing effect that attenuates the impact of new information into future prices in the short run, and by progressively increasing the risk in the real estate market itself given its nature of being more deterministic in the short-run. The analysis of the four moments suggests a segmentation of the derivative market according to the maturity of two years, motivations and market participants could well differ.

The risk is higher for forwards than for the IPD index and the unsmoothed IPD index, and tends to converge with the implied volatility of the REIT's operating asset. During that period, the IPD and the IPD unsmoothed present unrealistic levels of risk, lower than the risk-free rate. The unsmoothed version of the IPD, which is supposed to be more efficient, also realizes poor performance in terms of skewness, kurtosis, and temporal autocorrelation, whereas the forwards are reasonably closer to efficiency. These forward curves are clearly superior to the spot series in terms of risks but without behaving badly in terms of trends. Forward returns also exhibit a higher degree of integration with the REITs market.

Finally, the lead-lag relationship between the spot and the forwards was also tested. Our findings indicate that forward returns lead the IPD returns but not inversely; clearly, no bi-directional relationship of causality exists between the two returns. IPD returns can be strongly explained by the past values of the forward returns.

Given the lack of efficiency on the spot market, we believe that forward prices are a very useful indicator for investment decisions and real estate risk management. According to numerous criteria, we believe that they represent the best compromise. In a market suffering from a high degree of friction, studying forward curves reveals them as being particularly informative and has the potential to greatly contribute to increasing market efficiency. Buyers and sellers should collect information not only

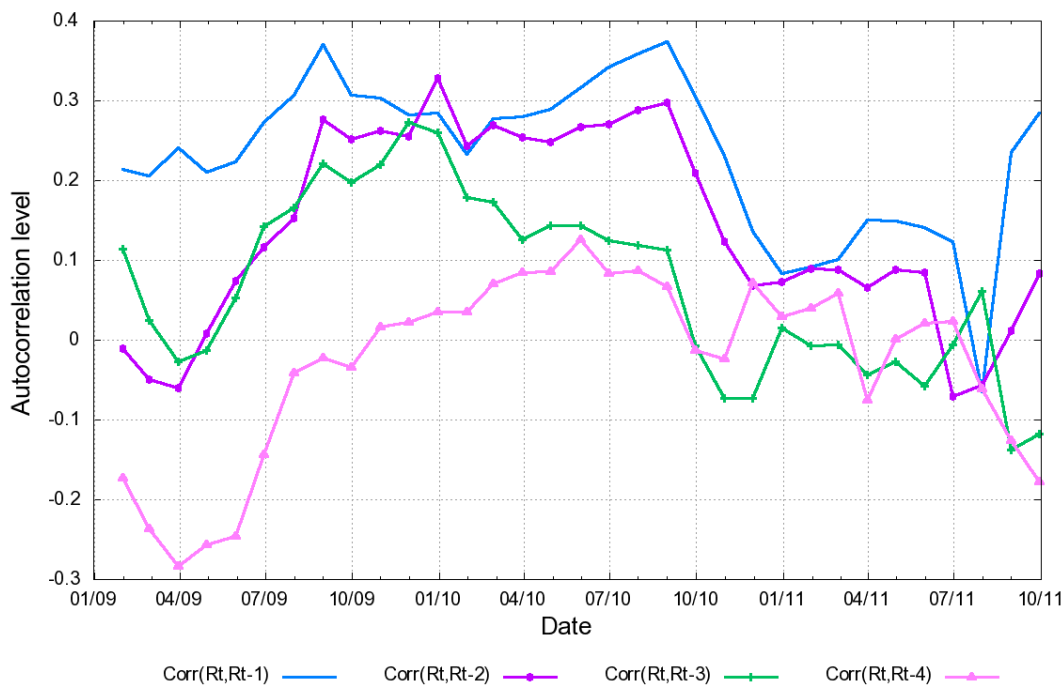
from the spot market but also from the derivative market.

## **APPENDIX**

Appendix 3.1: Average moving autocorrelation lagged from one to four months

The data are relative to the UK IPD all property total return swap from December 2006 to September 2011 for various maturities and stripped into forwards according to Drouhin and Simon (2011a).

We graph the autocorrelation of the IPD forwards in log returns across time on a monthly basis using a 24-month moving window. Because different maturities are available at each date, we computed the average autocorrelation of order  $p$  (with  $p \in [1; 4]$ ) between these different maturities. For example,  $Corr(R_t, R_{t-1})$  represents the average of the first-order autocorrelation relative to different contract maturities at date  $t$ .



## REFERENCES

Bertus, Mark, Harris Hollans, and Steve Swidler, 2008, Hedging house price risk with CME futures contracts: the case of Las Vegas residential real estate, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 37, 265-279.

Björk, Tomas, and Eric Clapham, 2002, On the pricing of real estate index linked swaps, *Journal of Housing Economics* 11, 418-432.

Black, Fischer, and Myron Scholes, 1973, The pricing of options and corporate liabilities, *Journal of Political Economy* 81, 637-654.

Brooks, Chris, 2002, *Introductory Econometrics for Finance*. 1st ed. (Cambridge University Press).

Brown, Gerald R., and George A. Matysiak, 1998, Valuation smoothing without temporal aggregation, *Journal of Property Research* 15, 89-103.

Chamberlain, Trevor W, 1989, Maturity effects in futures markets: some evidence from the city of London, *Scottish Journal of Political Economy* 36, 90-95.

Chosh, Chinmoy, Mike Miles, and C.F. Sirmans, 1996, Are REITs stocks?, *Real Estate Finance* 13, 46-53.

Clayton, Jim, and Greg MacKinnon, 2003, The relative importance of stock, bond and real estate factors in explaining REIT returns, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 27, 39-60.

Clayton, Jim, S. Michael Giliberto, Jacques N. Gordon, Susan Hudson-Wilson, Frank J. Fabozzi, and Youguo Liang, 2009, Real estate's evolution as an asset class, *The Journal of Portfolio Management* 35, 10-22.

Drouhin, Pierre-Arnaud, and Arnaud Simon, 2011a, Stripping of real estate-indexed swaps and forward term structure: interest and computational method, *Working paper*.

Firstenberg, Paul M., Stephen A. Ross, and Randall C. Zisler, 1988, Real estate: the whole story, *The Journal of Portfolio Management* 14, 22-34.

Geltner, David, 1989, Estimating real estate's systematic risk from aggregate level appraisal-based returns, *Real Estate Economics* 17, 463-481.

Geltner, David, 1991, Smoothing in appraisal-based returns, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 4, 327-345.

Geltner, David, 1993, Temporal aggregation in real estate return indices, *Real Estate Economics* 21, 141-166.

Geltner, David, and Jeffrey D. Fisher, 2007, Pricing and index considerations in commercial real estate derivatives, *The Journal of Portfolio Management* 33, 99-118.

Giliberto, Michael, 1990, Equity real estate investment trusts and real estate returns, *Journal of Real Estate Research* 5, 259-263.

Granger, C.W.J., 1969, Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods, *Econometrica: Journal of the Econometric Society* 3, 424-438.

Han, Li-Ming, and Lalatendu Misra, 1990, The relationship between the volatilities of the S&P 500 index and futures contracts implicit in their call option prices, *Journal of Futures Markets* 10, 273-285.

Hartzell, David, John S. Hekman, and Mike E. Miles, 1987, Real estate returns and inflation, *Real Estate Economics* 15, 617-637.

Ibbotson, Roger G., and Laurence B. Siegel, 1984, Real estate returns: a comparison with other investments, *Real Estate Economics* 12, 219-242.

Kawaller, Ira G., Paul D. Koch, and John E. Peterson, 2001, Volume and volatility surrounding quarterly redesignation of the lead S&P 500 futures contract, *Journal of Futures Markets* 21, 1119-1149.

Lautier, Delphine, and Franck Raynaud, 2011, Statistical properties of derivatives: a journey in term structures, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 390, 2009-2019.

Lee, Ming-Long, Ming-Te Lee, and Kevin C. H. Chiang, 2007, Real estate risk exposure of equity real estate investment trusts, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 36, 165-181.

Lizieri, Colin, Gianluca Marcato, Paul Ogden, and Andrew Baum, 2010, Pricing inefficiencies in private real estate markets using total return swaps, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 45, 774-803.

Mueller, Glenn, and Keith Pauley, 1995, The effect of interest-rate movements on real estate investment trusts, *Journal of Real Estate Research* 10, 319-325.

Park, Hun Y., and R. Stephen Sears, 1985, Estimating stock index futures volatility through the prices of their options, *Journal of Futures Markets* 5, 223-237.

Portrait, Rémi, and Patrice Poncet, 2011, *Finance De Marché 2012 : Instruments De Base, Produits Dérivés, Portefeuilles Et Risques*. 3e édition. (Daloz-Sirey).

Quan, Daniel C., and John M. Quigley, 1989, Inferring an investment return series for real estate from observations on sales, *Real Estate Economics* 17, 218-230.

Quan, Daniel C., and John M. Quigley, 1991, Price formation and the appraisal function in real estate markets, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 4, 127-146.

Samuelson, Paul-Antony, 1965, Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly, *Industrial Management Review* 6, 41-49.

Sherrick, Bruce J., Scott H. Irwin, and D. Lynn Forster, 1992, Option-based evidence of the nonstationarity of expected S&P 500 futures price distributions, *Journal of Futures Markets* 12, 275-290.

Syz, Juerg M., and Paolo Vanini, 2011, Arbitrage free price bounds for property derivatives, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 43, 281-298.

Yiu, C.Y., E.C.M. Hui, and S.K. Wong, 2005, Lead-lag relationship between the real estate spot and forward contracts markets, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 11, 253-262.





## **LIST OF TABLES**

**Table 3.1:** Monthly log returns of forward prices at constant maturity, IPD indices (smoothed and unsmoothed), GUKG1, and FTSE RE

The Footsie 350 Real Estate Index (*FTSE RE*) and the UK Government Bonds 1 Year Note Generic Bid Yield (*GUKG1*) are from Datastream. The monthly UK IPD all property index (*IPD*) was provided by the Investment Property Databank, and the *IPD Un* corresponds to the unsmoothed IPD index (calculated through an AR(1) model). The quotes of the UK IPD all property total return forwards were computed through the quotes of the IPD swaps provided by the hedge fund Iceberg Alternative Investment.

The sample used in this table runs from December 2006 to October 2011. All results are presented on a monthly basis.  $IPD(t,t+Xm)$  references the forward of maturity  $X$  months at date  $t$ ,  $St.dev$  to the standard deviation, *i.e.*, to the volatility, and *JB-stat* to the statistic of Jarque-Bera.

The significance of the skewness relatively to a normal distribution (skewness equal to zero) is analyzed through the subsequent  $t$ -statistic that follows a standard normal distribution:  $t - stat = \frac{Sk}{\sqrt{6/n}}$ , where  $Sk$  is the skewness and  $n$  is the number of observations in the sample considered.

Concerning the significance of the kurtosis in excess relative to a normal distribution, we use the following  $t$ -statistic that follows a standard normal distribution:  $t - stat = \frac{Ku}{\sqrt{24/n}}$ , where  $Ku$  is the kurtosis in excess. The Jarque-Bera statistic (*JB-stat*) follows a  $\chi^2(2)$  and allows us to determine whether a variable is or is not normally distributed. In this test, under the null hypothesis, the variable is normally distributed. The *JB-statistic* is defined using the following relationship:

$$JB - stat = \frac{n}{6} \left[ Sk^2 + \frac{(Ku)^2}{4} \right].$$

	Average	St. dev	Skewness	Kurtosis <sup>†</sup>	JB-stat
IPD	-0.15%	1.84%	-0.85**	0.75	8.19*
IPD Un	-0.15%	2.08%	-1.06**	1.50**	15.98***
FTSE RE	-0.31%	8.01%	0.05	1.53**	5.60*
GUKG1	2.30%	2.11%	0.60*	-1.55**	9.07*
IPD(t,t+12m)	-0.13%	3.05%	-0.27	0.37	1
IPD(t,t+24m)	-0.16%	3.57%	-0.21	0.64	1.38
IPD(t,t+36m)	-0.13%	3.01%	-0.30	0.23	0.95
IPD(t,t+48m)	-0.21%	3.78%	0.08	1.21*	3.56

\*\*\* Significant at the 1% level of confidence.

\*\* Significant at the 5% level of confidence.

\* Significant at the 10% level of confidence.

† In excess.

**Table 3.2: Implied volatility from UK REITs**

The data are relative to the following real estate investment trusts obtained from Datastream: *British Land Company* (BLND), *Hammerson* (HMSO), *Land Securities Group* (LAND), and *SEGRO* (SGRO).

We compute the volatility of the REIT assets implicitly priced in their stock prices. Using Black and Scholes (1973) and Portait and Poncet (2008), we exploit the following equation that links the operating asset (*OA*) volatility with equity (*EV*) volatility.

$$\sigma_{OA} = \frac{EV}{N(d_1)OA} \sigma_{EV} \text{ with } d_1 = \frac{\ln\left(\frac{EV}{D}\right) + (rf + \sigma_{OA}^2/2)T}{\sigma_{OA}\sqrt{T}} \text{ and } N(x) = P(X \leq x),$$

where  $\sigma_Y$  is the volatility of  $Y$  (with  $Y$  referring to  $OA$  and  $EV$ ),  $OA$  is the market value of the operating assets,  $D$  is the net amount of debt,  $T$  is the debt maturity in number of years,  $rf$  is the risk-free rate, and  $\ln$  is the logarithm function. The  $\sigma_{OA}$  equation can be solve through iteration. This proceed should use the market values of debt and equity. However, we use the book value of debt. The  $OA$  value is considered equal to the net debt value plus the equity market value. We use the weighted average maturity of debt as a proxy of  $T$ , the maturity of debt. This proxy is defined in all financial reports of the four REITs considered. The weighted average maturity observed was 9.7 years.

Date	HMSO	BLND	SGRO	LAND	Average
30/06/2011	13.21%	16.73%	14.03%	14.53%	14.62%
31/12/2010	21.23%	20.80%	31.37%	25.38%	24.69%
30/06/2010	26.57%	20.09%	34.26%	24.39%	26.33%
31/12/2009	29.29%	21.30%	37.73%	25.50%	28.45%
30/06/2009	25.15%	15.57%	29.58%	16.06%	21.59%
31/12/2008	14.74%	11.11%	13.51%	10.51%	12.47%
30/06/2008	12.81%	9.22%	10.33%	10.69%	10.76%
31/12/2007	14.76%	9.92%	12.31%	11.56%	12.14%
30/06/2007	13.34%	10.16%	12.25%	13.75%	12.38%
31/12/2006	11.51%	10.47%	10.50%	12.88%	11.34%
Average	18.26%	14.54%	20.59%	16.52%	17.48%
Median	14.75%	13.34%	13.77%	14.14%	13.54%

Table 3.3: Correlation matrix

The Footsie 350 Real Estate Index (*FTSE RE*) and the UK Government Bonds 1 Year Note Generic Bid Yield (*GUKGI*) are from Datastream. The monthly UK IPD all property index (*IPD*) was provided by the Investment Property Databank and the *IPD Un* corresponds to the unsmoothed IPD (calculated using an AR(1) model). The quotes of the UK IPD all property total return forwards,  $IPD(t, t+Xm)$ , relative to the maturity  $X$  months at date  $t$ , were computed through the quotes of the IPD swaps (see Drouhin and Simon (2011a)) furnished by the hedge fund Iceberg Alternative Investment.

The sample used in this table runs from December 2006 to October 2011.

$\Delta X$  (with  $X$  referring to *IPD*, *IPD Un*, *FTSE RE*, and  $IPD(t, t+Xm)$ ) corresponds to the log return of  $X$ . We assess the significance of each correlation coefficient. Under the null hypothesis (no correlation), the following  $t$ -statistic follows a student law at  $n-2$  degrees of freedom.  $n$  is the number of observation in the sample, *i.e.*, 57.  $t - statistic = \sqrt{n-2} \frac{\rho}{1-\rho^2} \rightarrow Student(n-2)$ , where  $\rho$  is the estimated coefficient of correlation.

	$\Delta IPD$	$\Delta IPD$ un.	$\Delta FTSE$ RE	GUKGI	$\Delta IPD(t, t+12m)$	$\Delta IPD(t, t+24m)$	$\Delta IPD(t, t+36m)$	$\Delta IPD(t, t+48m)$
$\Delta IPD$	1							
$\Delta IPD$ un.	0,92***	1						
$\Delta FTSE$ RE	0,24*	0,32**	1					
GUKGI	-0,27**	-0,31**	-0,19	1				
$\Delta IPD(t, t+12m)$	0,70***	0,69***	0,41***	-0,39***	1			
$\Delta IPD(t, t+24m)$	0,59***	0,64***	0,40***	-0,37***	0,92***	1		
$\Delta IPD(t, t+36m)$	0,52***	0,56***	0,39***	-0,34***	0,87***	0,98***	1	
$\Delta IPD(t, t+48m)$	0,42***	0,44***	0,39***	-0,30**	0,79***	0,90***	0,95***	1

\*\*\* Significant at the 1% level of confidence.

\*\* Significant at the 5% level of confidence.

\* Significant at the 10% level of confidence.

**Table 3.4:** Autocorrelation for a lag of one to four

The Footsie 350 Real Estate Index (*FTSE RE*) is from Datastream. The UK IPD all property index (*IPD*) has been provided by the Investment Property Databank and the *IPD Un* corresponds to the unsmoothed IPD (calculated using an AR(1) model). The quotes of the UK IPD all property total return forwards were computed using the IPD swap quotes (see Drouhin and Simon (2011a)) furnished by the hedge fund Iceberg Alternative Investment.  $DEC20XX_t$  references the IPD forward price at date  $t$  of maturity December 20XX.

The sample used in this table runs from December 2006 to October 2011.

The autocorrelation of the *IPD*, *IPD Un*, *FTSE RE*, and the IPD forward prices in log returns is computed for a lag from one to four.  $Corr(R_t; R_{t-y})$  corresponds to the  $y$  months order autocorrelation of the returns for the different variables considered ( $R$  refers to *IPD*, *IPD Un*., *FTSE RE*, *DEC2008*,...).

	$Corr(R_t; R_{t-1})$	$Corr(R_t; R_{t-2})$	$Corr(R_t; R_{t-3})$	$Corr(R_t; R_{t-4})$
IPD	0.83***	0.7***	0.59***	0.49***
IPD Un.	0.78***	0.63***	0.55***	0.42***
FTSE RE	0.11	-0.04	-0.01	0.23
DEC2008	0.49***	0.41***	0.29	0.13
DEC2009	0.42**	0.30	0.28	-0.10
DEC2010	0.49***	0.37***	0.26	0.12
DEC2011	0.11	0.06	0.08	0.02
DEC2012	0.30**	0.11	0.21	0.06
DEC2013	0.18	0.26	0.17	0.04
DEC2014	0.04	0,00	-0.03	0.01
DEC2015	0.03	0.04	-0.02	0.04

\*\*\* Significant at the 1% level of confidence.

\*\* Significant at the 5% level of confidence.

\* Significant at the 10% level of confidence.

**Table 3.5:** Correlation of IPD index unsmoothed with IPD forward lagged

*IPD Un* corresponds to the unsmoothed UK IPD all property index (calculated using an AR(1) model). The quotes of the UK IPD all property total return forwards were computed through the quotes of the IPD swaps (see Drouhin and Simon (2011a)) provided by Iceberg Alternative Investment.  $\Delta DEC20XX$  refers to the monthly IPD forward log return of maturity December 20XX.

The sample used in this table runs from December 2006 to October 2011.

$Corr(\Delta IPD_{un,t}, X_{t-L})$  corresponds to the correlation between the return of the unsmoothed IPD at date  $t$  with the return of the  $X$  variable at date  $t-L$  months. It constitutes a proxy for the ability to forecast the IPD return at date  $t$  using the IPD forward return of date  $t$  minus  $L$  months.

	$Corr(\Delta IPD_{un,t}, X_{t-1})$	$Corr(\Delta IPD_{un,t}, X_{t-2})$	$Corr(\Delta IPD_{un,t}, X_{t-3})$	$Corr(\Delta IPD_{un,t}, X_{t-4})$	$Corr(\Delta IPD_{un,t}, X_{t-5})$
$\Delta DEC2007$	0.87***	0.82***	0.88***	0.80***	0.42
$\Delta DEC2008$	0.36***	0.45***	0.20	0.06	0.17
$\Delta DEC2009$	0.63***	0.67***	0.56***	0.51***	0.40***
$\Delta DEC2010$	0.58***	0.58***	0.52***	0.48***	0.38***
$\Delta DEC2011$	0.57***	0.58***	0.60***	0.52***	0.39***
$\Delta DEC2012$	0.50***	0.44***	0.49***	0.40***	0.27***
$\Delta DEC2013$	0.43***	0.55***	0.61***	0.68***	0.66***
$\Delta DEC2014$	-0.03	0.03	0.38***	0.34***	0.35***
$\Delta DEC2015$	0.06	0.09	0.23	0.29	0.28

\*\*\* Significant at the 1% level of confidence.

\*\* Significant at the 5% level of confidence.

\* Significant at the 10% level of confidence.

**Table 3.6: Results of Granger causality tests between the IPD forwards and their underlying, the IPD index**

The monthly UK IPD all property index (*IPD*) was provided by the Investment Property Databank. The quotes of the UK IPD all property total return forwards,  $IPD(t,t+Xm)$ , relative to the maturity  $X$  months at date  $t$ , were computed using the IPD swap quotes (see Drouhin and Simon (2011a)) furnished by Iceberg Alternative Investment.

The sample used in this table runs from December 2006 to October 2011.

Technically, to test whether the returns of forward contracts for which the term to maturity is  $x$  ( $\Delta IPD(t,t+Xm)$ ) lead the spot returns ( $\Delta IPD_t$ ), or whether there are feed-back effects between the two returns, the Granger causality test is run under the null hypotheses of “no causality” (*i.e.*,  $\beta_{0i} = 0$  and  $\beta_{1i} = 0$ ) in the following bi-variate regressions:

$$\Delta IPD_t = \alpha_{00} + \sum_{i=1}^6 \alpha_{0i} \Delta IPD_{t-i} + \sum_{i=1}^6 \beta_{0i} \Delta IPD_{t-i,x} + \varepsilon_t,$$

$$\Delta IPD_{t,x} = \alpha_{10} + \sum_{i=1}^6 \alpha_{1i} \Delta IPD_{t-i,x} + \sum_{i=1}^6 \beta_{1i} \Delta IPD_{t-i} + v_t,$$

where  $\alpha_{00}$ ,  $\alpha_{10}$ ,  $\alpha_{0i}$ ,  $\alpha_{1i}$ ,  $\beta_{0i}$ , and  $\beta_{1i}$  are the coefficients to be estimated and  $\varepsilon_t$  and  $v_t$  are the two errors terms. Prob. corresponds to the probability of rejecting the null hypothesis when it is true (Type I error).

Null hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
$\Delta IPD(t,t+12m)$ does not Granger Cause $\Delta IPD_t$	51	4.5	0.16%
$\Delta IPD_t$ does not Granger Cause $\Delta IPD(t,t+12m)$	51	2.3	5.61%
$\Delta IPD(t,t+24m)$ does not Granger Cause $\Delta IPD_t$	51	3.2	1.21%
$\Delta IPD_t$ does not Granger Cause $\Delta IPD(t,t+24m)$	51	1.9	11.35%
$\Delta IPD(t,t+36m)$ does not Granger Cause $\Delta IPD_t$	51	2.1	8.14%
$\Delta IPD_t$ does not Granger Cause $\Delta IPD(t,t+36m)$	51	1.1	36.67%
$\Delta IPD(t,t+48m)$ does not Granger Cause $\Delta IPD_t$	51	1.9	10.29%
$\Delta IPD_t$ does not Granger Cause $\Delta IPD(t,t+48m)$	51	1.3	28.09%



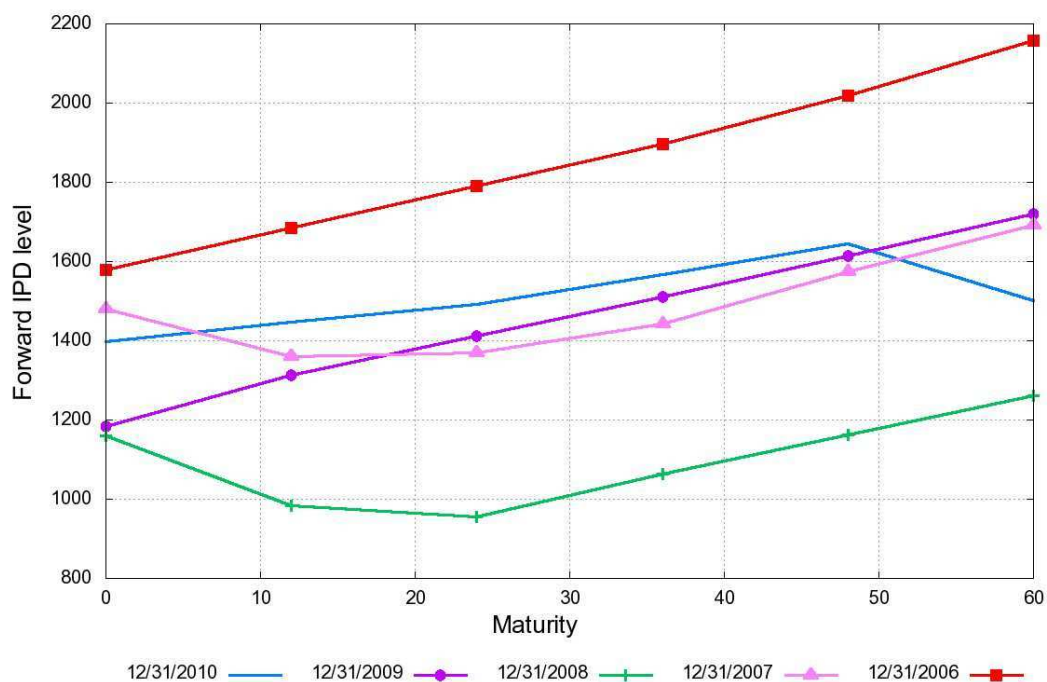


## **LIST OF FIGURES**

**Figure 3.1:** Five years implied forward curves from December 2006 to December 2010

This figure represents the five-year UK IPD all property total return forward term structure for each end of year from December 2006 to December 2010. This figure corresponds to the set of available forward prices as a function of their maturity. The maturity zero is the UK IPD all property total return index (the underlying in level) on the date considered.

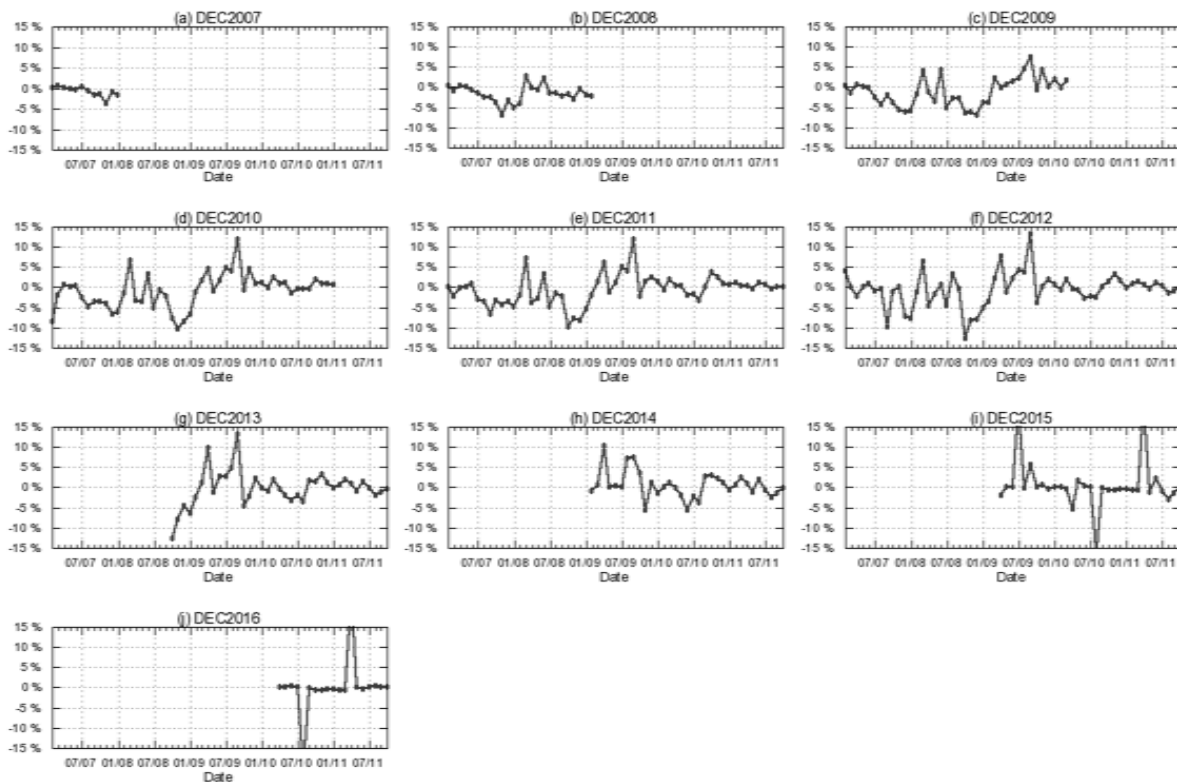
The data used are relative to the UK IPD all property total return swaps stripped into IPD forwards (see Drouhin and Simon (2011a)) and provided by Iceberg Alternative Investment. The UK IPD all property total return index was provided from the Investment Property Databank.



**Figure 3.2:** Property derivative price log returns in percentage change per month

The dataset used is relative to the quotes of the UK IPD all property total return swaps stripped into IPD forwards (see Drouhin and Simon (2011a)) and provided by Iceberg Alternative Investment.

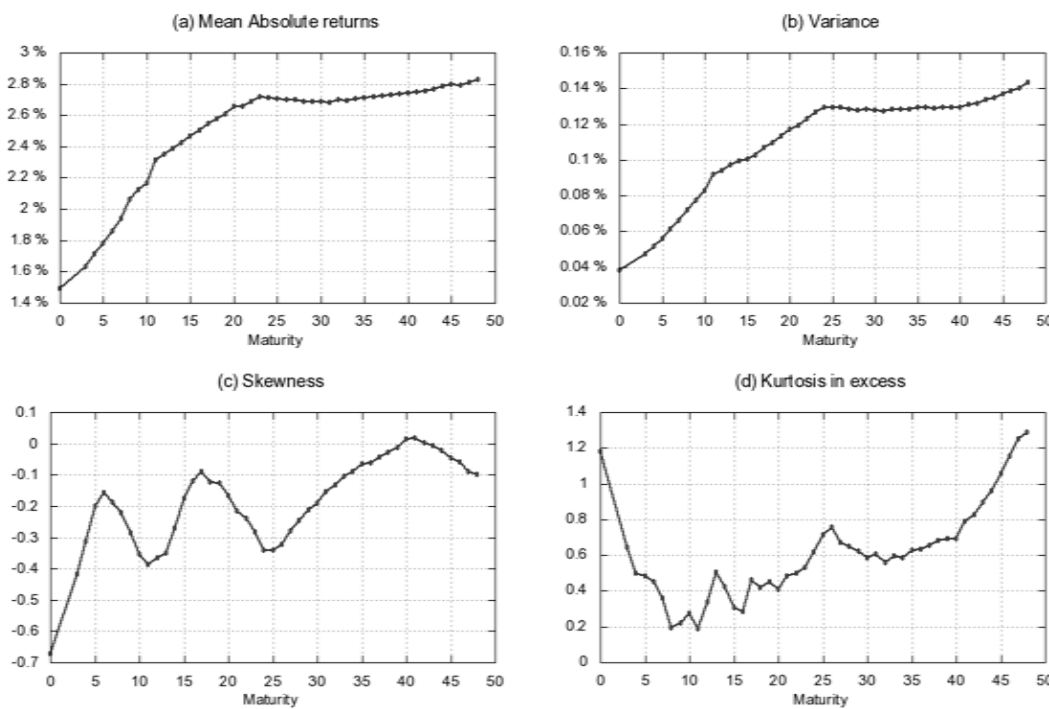
*DEC20XX* refers to December 20XX, the maturity of the forward contract considered. (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h), (i), and (j) make respectively reference to the log return of the forward price of maturity December 2007, December 2008, December 2009, December 2010, December 2011, December 2012, December 2013, December 2014, December 2015, and December 2016, over time. Forward price fluctuations are observable from January 2007 to their expiration date or to September 2011.



**Figure 3.3:** Main statistics of the monthly forward log returns in percent as a function of maturity

The dataset used here is related to the quotes for the UK IPD all property total return swaps stripped into IPD forwards (see Drouhin and Simon (2011a)) and provided by Iceberg Alternative Investment. As the delivery dates in the property derivative market are always based on the IPD level on December 31, directly conducting an analysis using constant maturities is impossible (*e.g.*, there are no forwards of maturity June 30). Consequently, to study the variations of different forwards at constant maturities (*e.g.*, the 12-month contract maturity across time), we compute the IPD forward of maturity  $i$ -month for each month with a linear approximation between two available maturities.

Thereafter, we calculate the first fourth moments, *i.e.*, absolute mean returns, variance, skewness, and kurtosis of the IPD forward returns for each constant maturity available. These results are previously presented for all maturities.



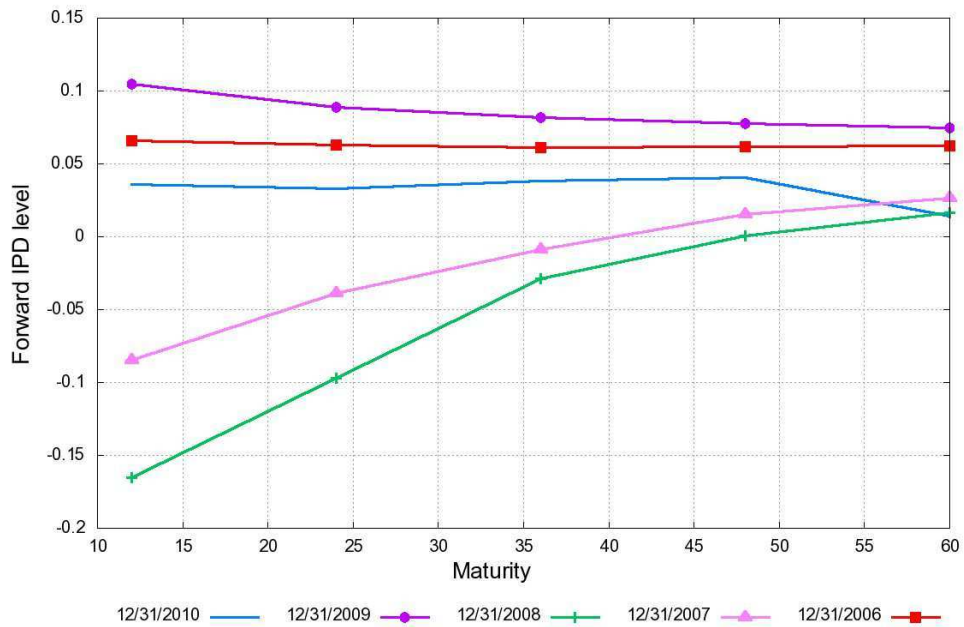
**Figure 3.4:** Implied IPD forward rates for the maturities from 12 to 60 months

The dataset used here is related to the quotes for the UK IPD all property total return swaps stripped into IPD forwards (see Drouhin and Simon (2011a)) and provided by Iceberg Alternative Investment.

This figure represents the five-year implied forward rate term structure for each end-of-year from December 2006 to December 2010. This figure corresponds to the set of all available implied forward rates,  $K_{t,T}$ , at date  $t$  as a function of maturity,  $T$ .  $K_{t,T}$  is defined as:

$$K_{t,T} = \frac{\ln \left( \frac{IPD(t,T)}{IPD_t} \right)}{(T-t)},$$

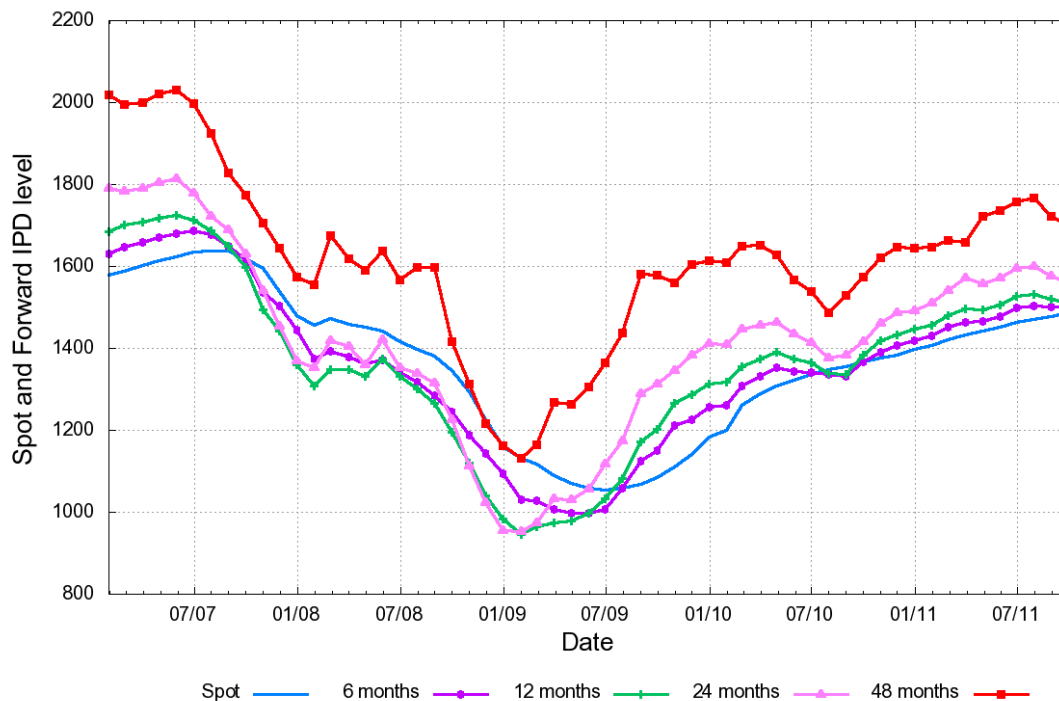
where  $IPD_t$  is the IPD index observed at date  $t$ ,  $IPD(t,T)$  is the IPD forward of maturity  $T$  at date  $t$ , and  $(T-t)$  is the time to delivery expressed in number of years. The result is an analysis of the log difference in percentage between the forward price and the spot price for different maturities on an annual basis and over time.



**Figure 3.5:** Spot prices and forward prices at constant maturity

The dataset used here is relative to the quotes of the UK IPD all property total return swaps stripped into IPD forwards (see Drouhin and Simon (2011a)) and provided by Iceberg Alternative Investment. Because the delivery dates in the property derivative market are always based on the IPD level on December 31, conducting an analysis using constant maturities (*e.g.*, there are not forwards of maturity June 30) is impossible. Consequently, to observe these forward prices at constant maturities, we compute the IPD forward of maturity *i*-month for each month using a linear approximation between two available maturities.

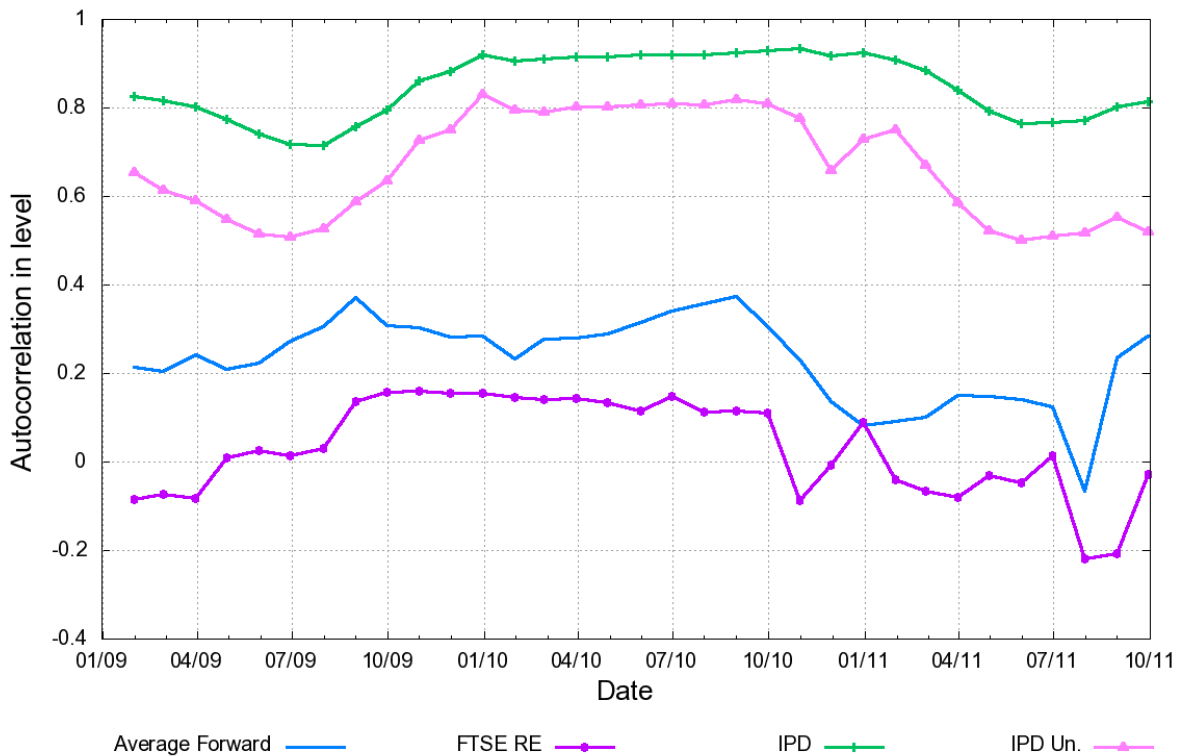
The following figure represents the evolution of the forward price (at constant maturity) for different maturities from December 2006 to September 2011. The smoothed curve is relative to the UK IPD all property total return index provided by the Investment Property Databank.



**Figure 3.6:** First-order autocorrelation, a comparison

The Footsie 350 Real Estate Index (*FTSE RE*) is from Datastream. The UK IPD all property index (*IPD*) was provided by the Investment Property Databank and the *IPD Un* corresponds to the unsmoothed IPD (calculated using an AR(1) model). The quotes of the UK IPD all property total return forwards were computed through the IPD swap quotes provided by Iceberg Alternative Investment.

We graph the first-order autocorrelation of the *FTSE RE*, *IPD*, *IPD Un*, and the IPD forwards in log returns over time on a monthly basis using a 24-month moving window. Because different maturities are available at each date for the IPD forwards, we compute the average first-order autocorrelation between these different maturities. This series is called here the *Average Forward*.







---

## CHAPITRE 4: Forward curve risk factors analysis in the UK real estate market

---

### ABSTRACT

This paper empirically investigates the risk factors of the property swap prices using four years of price data relative to the *UK Investment Property Databank (IPD) Total Return All Property Swap*. The choice of the UK market is justified by the fact that this market is the most mature, although recent, all over the world. The forward curves are derived using a bootstrap method and the statistical characteristics are analyzed; a first difference model is used to determine its main components. Dynamics of the forward curves are important for practitioners in terms of pricing and hedging of derivatives contracts. The risk factor structure obtained is more complex than found in many other studies relative to commodities, securities or bonds. Possible reasons for this phenomenon are discussed.

**Keywords:** Real estate swap, forward curve, appraisal based index, first-difference model.

## 1. INTRODUCTION

Property derivatives provide access to a unique class of assets<sup>68</sup> and allow for real estate trading in a liquid context for short-term horizons. They offer portfolio diversification at a low cost by taking a position on the overall market and not only on some properties. Specifically, property derivatives could improve diversification both domestically and internationally and facilitate arbitrage strategies across various markets. This is helpful for investors like medium portfolio manager for whom diversification is otherwise hardly within their reach. Tactically, they offer the opportunity to hedge and profit from a downturn in the property market. Furthermore, property derivatives may contribute to ease fluctuations in property prices since they convey information about the fundamental value of the underlying assets. This mechanism is more generally referred to as the price discovery function of the derivative market.

Banks, homeowners, and mutual funds also have considerable needs for property derivatives. Banks are exposed to real estate prices *via* credit mortgages and more generally, all the economy through securitization. Whereas Flavin and Yamashita (2002) explain that homeowners carry a too high amount of property risk to achieve optimal diversification, Syz, Vanini, et Salvi (2007) show that their risk exposure as their probability of default can be significantly decrease by adding property derivatives to credit mortgages. Mutual funds are interested in property derivatives as they allow positive exposure to real estate prices, which can improve their diversification. Without derivatives they are reluctant to invest in real estate, a market which is less familiar and more complex than bonds or stocks. On the other hand, it is particularly interesting to remark that all listed companies are potentially more and more concerned by these financial products. Indeed, under International Accounting Reporting Standards (IFRS), corporate properties must be impaired when they are carried at less than their recoverable amount under the International Accounting Standard (IAS) 36. Furthermore, IAS 36 enables firms to reevaluate properties when the recoverable amount increases, *i.e.*, when real estate prices rise. The use of fair value grows the possibility that properties may influence account settlement. Therefore the desire to

---

<sup>68</sup> See Clayton, Michael Giliberto, Gordon, Hudson-Wilson, Fabozzi, et Liang (2009) and Ibbotson et Siegel (1984)

avoid real estate risk while retaining ownership of strategic assets should expand in the future. Property derivatives have the potential to become a dominant tool for providing solutions to such needs.

There are generally three forms of derivative transactions: futures/forwards, options, and swaps. In a broader sense, one could also add securitized products, housing loans and warranty agreements. They have mainly been developed in the United Kingdom (UK) and have appeared in the United States (US) in recent years. Although the UK market is today the most mature, it essentially remains an *over the counter* (OTC) market where the most liquid contract is the *Total Return Swap* (TRS) on *Investment Property Databank*<sup>69</sup> (IPD) indices. Since 2006, futures are listed on the Chicago Mercantile Exchange (CME)<sup>70</sup> and more recently on Eurex<sup>71</sup>, but the volumes stay lower. That said, the amount of data is now sufficient to investigate with IPD derivatives. To our knowledge, this paper represents the first attempt at an empirical investigation.

A 2006 survey of U.S. real estate investment managers and other likely participants in a derivatives market, conducted by the MIT Center for Real Estate, identified a lack of confidence in how the derivatives should be priced as one of the most important perceived barriers to the use of the derivatives: 75% of respondents indicating this as either an *important* or very *important* concern. Such concerns are understandable because property derivatives products differ from traditional derivatives products, in that the underlying reference asset (the real estate index) cannot be traded in a cash or spot market. This complicates the pricing of property derivatives, as the basic Black-Scholes formula and the traditional futures-spot arbitrage do not hold. In these pricing methods, derivative prices do not depend on individual preferences, because any derivative is assumed to be perfectly replicable by an appropriate trading strategy in the underlying asset. In other word words, it is based on a no-arbitrage argument and on the market completeness which do not allow market expectations and

---

<sup>69</sup> The Investment Property Databank Ltd. was created in the UK in 1985 and was meant to measure and analyze properties by compiling data from leading property investors. Concerning the UK indices, data have been published for the first time in 1985 but reach back to 1981.

<sup>70</sup> <http://www.cmegroup.com/trading/real-estate>

<sup>71</sup> <http://www.eurexexchange.com/exchange-en/products/prd>

preferences to influence the price of the derivatives. Since that argument does not hold for property derivatives, different approaches need to be considered. Theoretical research explores these topics but they do not seem able to explain the observed price quotes. Moreover, no extant empirical research investigates the issues of property derivative prices. This paper improves the understanding of property prices, and offers market practitioners a foundation to become involved with derivative products. This paper investigates the risk factors of property derivatives. Risk factors are the variables for which a change conducts to a change of the property derivative prices.

All our study is based on the UK All Property total return swap, the most actively traded property derivative contract. Section 2 describes this product and introduces the literature relative to its pricing consideration. Section 3 states and explains the methodology used to analyze the property swap risk factors. Section 4 describes the data. In Section 5, we investigate on the factors conducting to their changes using a first-difference model. Section 6 concludes.

## **2. PROPERTY DERIVATIVES: THE CASE OF IPD ALL PROPERTY TOTAL RETURN SWAPS**

In this paper, we focus on the UK market and consider solely the annual IPD all property total return swaps. This choice is justified by the fact that the swaps on the annual IPD all properties index are the most actively traded. In Section 2.1, we introduce the underlying asset and in Section 2.2, we introduce the derivative and the literature review relative to its pricing.

### **2.1. The underlying asset**

Unlike the stock market, it is not possible for real estate derivatives to use one single physical asset as underlying. To do so, we use a real estate index as the primary asset to calculate the percentage change in property market prices in each consecutive period. The time intervals are chosen to be as short as possible and typically range from one month to a year. Two major types of property price indices are available: appraisal-based indices and transaction-based indices. Although transaction-based indices represent the market price better than appraisal-based indices, their constructions often suffer from too small a number of observed transactions. This point is particularly acute when it comes to write a derivative on this underlying index. Indeed, we need the

index's nominal level at each settlement date even if the market volume collapses. Otherwise, we would not be able to compute the payoff of the derivative.

There are a variety of appraisal-based indices from various providers. However, the IPD-indexes are well recognized among market practitioners and widely used for derivatives in Europe. Its equivalent on the U.S. market would be the National Council of Real Estate Investment Fiduciaries (NCREIF). They provide three standardized measures of performance for each sector under consideration: total return, income return and capital return. All growth and index calculations are value weighted, meaning that “each property contributes to the result in proportion to its capital value and are compounded monthly to report industry standard time weighted measures for quarterly, biannual and longer periods” as defined by IPD. Considering the UK market, IPD has also developed a *monthly all property total return index* with coverage of 15%<sup>72</sup> of the total professionally managed UK property investment market. This index is used as the monthly proxy of the annual IPD index.

The use of appraisal-based indices for property derivatives is not without consequence. They suffer from two major types of problems: noise and lag. Noise refers to random deviation between the index value and the actual market price. However, this problem should not be a real concern for indices with large market coverage. Lag gives index inertia and predictability. It causes the expected future returns of the index to differ from the equilibrium property market return expectations. The temporal lag in appraisal behavior is explained by the fact that appraisers use past transaction prices to make current estimates for property valuations. This *tyranny of past values* phenomenon also conducts the index to be a smoothed indicator, in the sense that it underestimates the true level of volatility. Noise and lag reduce the value of appraisal based indexes for targeted investment purpose and benchmarking; they could also constitute an obstacle to the growth of real estate derivative markets. Because the index is non-tradable and cannot be perfectly replicated, the classic arbitrage mechanisms do not necessarily apply. The differences between the index and the underlying property market it tracks must be accounted for in the equilibrium price of the derivatives.

The mismatch of real estate indices has been explored in various studies, *e.g.*

---

<sup>72</sup> Only a few institutional investors such as the Property Unit Trusts (PUTs) face a legal obligation of monthly appraisals.

Firstenberg, Ross, et Zisler (1988), Quan and Quigley (1989,1991) and Geltner (1991, 1993). Lag causes indices to have different risk characteristics than the average property tracked by indices; as indicated it implies a smoothing of the true market volatility and a dampening of apparent correlation with other financial assets. Usually a first-order autoregressive model is a reasonable model to evaluate appraisers' behaviors and capture smoothing phenomenon.

## **2.2. The contract**

Parties in a UK property return swap trade an annual IPD real estate total return index for an interest rate. Since 2006, there has been a shift towards a simplified annual contract with fixed interest rate. At the beginning of the contract, the purchaser of real estate risk agrees to pay a fixed price each year for the duration of the contract, usually between one and five years, based on a notional contract size (*e.g.*, £10m). In exchange, the buyer receives the annual total return of the relevant real estate index.

For UK All Property trades, the relevant index is the IPD Annual All Property Index. As this index is published at the end of February of the following year, annual cash flow payments for swap trades are settled at beginning of March. Although swaps can be structured and tailored to suit the needs of an individual investor (as they are OTC instruments), we focus on the conventional form: the *IPD Annual UK All Property Swap* based with a fixed-rate.

Their prices quote the fixed-rate leg over calendar years, regardless of when the trade was actually executed. The price of the fixed-rate leg will change over the year, taking into account the performance of the IPD Monthly considered as a reliable estimator of the IPD annual.

## **2.3. Literature review**

### *2.3.1. The major problems*

Contemporary financial pricing models are based on an arbitrage-free efficient market model where the price reflects the ability to create a self-financing arbitrage portfolio. Björk and Clapham (2002), Patel and Pereira (2007) who have extended the model of Buttimer, Kau, et Slawson (1997) use the assumptions that the real estate index process can be treated as the price process of a traded asset with a certain

associated dividend (income) process and in continuous time to assess property derivatives. They obtain the same results as in more traditional markets such as stock markets: the buyer of a swap has to pay the risk free rate in exchange for the real estate return, and any forwards follow the well known futures-spot parity theorem. However these results do not explain the historical spread (fixed-rate minus LIBOR) for real estate total swaps which has been large, hundreds of basis points. Their assumptions are overly simplistic in the case of derivatives, where the underlying asset is a non-tradable asset, such as the UK IPD All Properties. The strength of the traditional arbitrage mechanisms operating on the market depends on the ease of buying and short selling a replicating portfolio. However, direct properties cannot be traded continuously and instantly at the prevailing spot in order to replicate the underlying index. As explained by Syz (2008), real estate transactions are characterized by high transaction costs (the in and out cost is between 5% and 7%), slow transaction process, illiquidity, and the absence of short selling. This is a non-exhaustive list of the difficulty to replicate real estate index by trading direct property. Indeed, arbitrage traders will face, *e.g.*, to the vacancy rate or to the reinvestment of the intermediary cash flows.

In the case where the seller of the derivative has already a property portfolio, it will not perfectly replicate the IPD index. Indeed, a perfect real estate diversification in the sense of Markowitz is unrealistic and necessarily uses a lot of capital that is not acceptable in self-financing traditional arbitrage strategies. Moreover, even if the property ownership has a truly diversified portfolio, the dynamic of the real estate index will not entirely match because of the noise and lag effects.

Moreover, Bertus, Hollans, et Swidler (2008) show, using 23 years of data, that replicating real estate index with existing futures contracts would be largely ineffective for the U.S. as a whole: they find an R-square between 9% and 20% according to the index analyzed. Considering listed real estate vehicles, as Real Estate Investment Trusts (REITs), Lee, Lee, et Chiang (2007) reveal an existent but limited connection with the Russell-NCREIF index. According to Glascock, Lu, et So (2000), REITs behave more like stocks after 1992 although equity REITs are cointegrated with private real estate during their entire sample period.

The use of an untradable underlying asset which is particularly difficult to replicate explains why market participants identified a lack of confidence in how the derivatives should be priced as one of the most important perceived barriers to the use



of the derivatives. We need to deeply consider the real estate vehicle characteristics and the dynamic of the underlying index to develop pricing theory.

### 2.3.2. Theoretical elements

Swaps are essentially just a series of forward contracts stitched together and agreed upon all at once up front; understanding forward prices are an appropriate approach to analyze the swap prices. Geltner and Fisher (2007) define the equilibrium forward prices as Equation 4.1.

$$IPD(t, T) = E_t[IPD_T] \times e^{-IPD(\pi)_{t,T} \times (T-t)}, \quad (4.1)$$

where,

$IPD(t, T)$  = forward price agreed upon at time  $t$  to be paid a time  $T$ .

$E_t[IPD_T]$  = the expectation as of time  $t$  of the future index price (value) at time  $T$ .

$IPD(\pi)_{t,T}$  = market equilibrium-required ex ante risk premium in the index total.

The term  $E_t[IPD_T]$  allows forward prices to reflect any predictability or forecast relative to an appraisal-based index, here, the IPD index. At equilibrium, they should theoretically correct the lack of efficiency associated to their underlying assets. Moreover, this formula does not contradict the future spot parity theorem. Indeed, if the IPD index was tradable and efficient, Equation 4.2 would be verified and then we should recover the well known relation.

$$E_t[IPD_T] = IPD_t \times e^{[rf_{t,T} + IPD(\pi)_{t,T}] \times (T-t)}, \quad (4.2)$$

where  $rf_{t,T}$  is the risk free rate at date  $t$  for the maturity  $T$ .

Regarding the fixed rate of the swaps Geltner and Fisher (2007) defined a theoretical model conforms to the price implied by Equation 4.1. They identify the existence of a feasibly trading window summarize in Equation 4.3.

$$rf + L - \alpha - b \leq FR \leq rf + L + B, \quad (4.3)$$

where,

$rf$  = is the riskless interest rate.

- $L$  = consists of the difference between the index and the property equilibrium risk premia plus the momentum effect.
- $\alpha$  = corresponds to the alpha expected by short parties from their covering portfolio.
- $B(b)$  = reflects the private expectation of the long (short) side to reflect his relatively bullish (bearish) outlook, we can assume that  $B(b)$  is positive (negative).
- $FR$  = represents fix rate of the swap.

Notice that the terms  $rf+L$  are common to both sides of the condition state in Equation 4.3. Thus if both parties have neutral expectations about the market, and the short party expects no alpha from their covering property portfolio ( $B = b = \alpha = 0$ ), then the only feasible trading price, Equation 4.4, is a single point which includes the index lag effect,  $L$ .

$$FR = rf + L. \tag{4.4}$$

In Equation 4.4, the meaning of price changes in the swap market at the equilibrium has only two components, a change in interest rates and a change in the index lag effect. However these theoretical results are not sufficient to explain the observed fixed rate on the market; Equation 4.1 which is the primary element of the swap prices has to be revisited. Lizieri et al. (2010), extent these researches by introducing other frictions (partly quoted by, Geltner and Fisher (2007)) which conduct to define an arbitrage trading window around the equilibrium forward price mainly explained by the transaction cost (round trip costs around 7.7%), the transaction time (search process could easily take 6 months) relative to the transaction on the direct properties and by the difficulty to short sell real estate. However, in this pricing consideration, the interest rates stay the most important component around which the window will be build. This ability to buy real estate to tradeoff property derivatives could be objectionable and could involve many problems; for example, the payment of the capital growth (do we have to sell a part of the building?), the management of vacancy risk and the minimum portfolio amount to get an optimal spatial and a sectorial diversification.

For all these reasons, prices defined by Equation 4.1 are difficult to trade-off and can move away from their equilibrium. If there is no strength to assure this relation, price will only be a result of a mechanism of supply and demand. Syz (2008)

conjectures that inside the arbitrage bands defined by the price of the underlying and of the market frictions, the expectations of market participants drive derivative prices. By defining  $LB$  as the lower bound and  $UB$  as the upper bound and  $ME$  as the market expected future spot price we might hypothesis that forward prices have the following dynamic:

$$IPD(t,T) = \text{Min}(UB, \text{Max}(LB, ME)). \quad (4.5)$$

Figure 4.1 is a pure theoretical example representative of Equation 4.5: the forward price of maturity  $T-t$  ( $i$  months for exemple), the red dotted curve, follows the market expectation (the light blue curve) but remained comprise between the upper and the lower bound (the grey lines) themselves built around the unsmoothed appraisal based index (the green curve) which is a function of the appraisal based index (the blue curve).

[INSERT Figure 4.1 HERE]

In Equation 4.5, only if prices are outside the fluctuation band, arbitrage can be achieved using physical properties or other vehicles. In case where many holders of physical properties want to hedge themselves by taking a short position via derivatives, the property spread can become negative. This analysis gels with the market practitioners point of view; the Investment Property Forum<sup>73</sup> (IPF) says “In the property derivatives market, underlying indices such as those published by IPD are not investable (or if an investor attempted to recreate an IPD index it would take a considerable length of time and cost). As a result, pricing is determined primarily by investor expectations of returns [...] Investors should be aware that, in its short history, the derivatives market in the UK has been more accurate in forecasting market returns than most market commentators and forecasters!”.

At this point, the true issue is to know how big the fluctuation band is. Indeed, bigger is the fluctuation band and more often prices will be driven by market expectations. Under the realistic assumption that short selling is impossible for direct properties, the lower bound will be potentially non-existent and then the band will be

---

<sup>73</sup> <https://www.ipf.org.uk>

very significant and asymmetrical<sup>74</sup>. It is difficult to determine the exhaustive list of all the parameters susceptible to impact the superior border of the trading window. Moreover, for most of them, their precise impact is indeterminable: we can only assess their sign. The main parameters are the risk free rate, the transaction cost (round trip costs around 7.7%), the basis risk<sup>75</sup>, and the liquidity risk (which could be associated to the basis risk). The basis risk will be mainly explained by the smoothing effect of the transaction based index, by the transaction time (search process could easily take six months for transactions on real estate) and by the low liquidity in real estate. The basis risk conducts to an imperfect hedge and then, as any risk, implies a higher spread (risk premium). We can also underline some important problems which should spread out the trading window by making the risk neutral portfolio more complex and then more expensive to implement. Indeed, most swaps are relative to the total return. The seller of the swap has to pay this return every year but earns the rents every month or every quarter: the seller has to again invest all the intermediary cash flows at the real estate yield. Moreover, the seller may have to sell a part of his property to pay the capital growth. In fact, if we are a seller able to create a real estate portfolio matching perfectly the IPD index (which seems impossible), it is still difficult to pay the real estate total return. In the case where the seller uses other vehicles to tradeoff derivative contracts, we can hypothesis that the fluctuation band will stays non negligible because of a sharply rise of the risk basis.

The theoretical framework of the arbitrage theory is not verified for property derivatives. Syz (2008) claims that they must remain within an arbitrage band, but given the many imperfections in the housing market we have reasons to believe that it is very broad and probably unbalanced (see Drouhin et Simon (2011b)).

---

<sup>74</sup> For a forward price lower than the fair value, we need to sell the underlying asset short in order to hedge the derivative and then to tradeoff derivative using direct properties. Therefore, for any spread under the fair value, there is no financial strength to push up the spread and then achieve an equilibrium price (we should probably observe an asymmetrical fluctuation band around the unsmoothed index).

<sup>75</sup> The basis risk in finance is the risk associated with imperfect hedging. It could arise because of the difference between the asset whose price is to be hedged and the asset underlying the derivatives or because of a mismatch between the expiration date of the contracts and the actual selling date of the asset.

### 3. METHODOLOGY AND INTUITIONS

In this section, we introduce the methodology used to analyze property derivative price dynamic using the IPD All Property Total Return swaps. As swaps are essentially a series of forward contracts pieced together and agreed upon up front, we analyze these forwards rather than the swap directly. It would not be possible to conduct the same analysis on the swap directly. For each month of our dataset, we compute the implied IPD forwards as defined by Drouhin and Simon (2011a) using the IPD swap quotes. This method allows us to analyze the primary elements of a swap contract, rather than the swap contract itself which is, to simply, nothing more than an average of these elements. The strike variation of a forward is easier to interpret (there is only one cash-flow) than the fixed-quote of a swap relative to different maturity cash-flows. Using these forwards, we adopt a panel data approach in first difference where observations are repeated in the same cross section (typically the forward for different maturities) and observed for several time periods. We use a large cross section (maturities from 1 to 60 months) from 2007-2010, rather than a long panel such as a small cross section observed for many time periods. A major advantage of panel data is to increase confidence in estimation. We provide more details about the methodology employed in the first part of this section. The second part defines and motivates the specifications econometrically tested in Section 5.

#### 3.1. First difference model

The IPD swaps in our database are quoted as a fixed rate over calendar year. Using these quotes, we compute the *IPD forward curve* for each date  $t$ , which reflects the forward prices for the different maturities available. As forwards are the primary elements of swaps, by identifying their risk factors (from December 2007 to December 2015) we deduct those of the IPD swaps.

In our study, each IPD forward,  $IPD(t, T)$ , will be associated to an “individual” (in reference to a panel model) according to its maturity. The maturity is defined as the number of months  $i$  between the date  $t$  and the maturity of the contract,  $T$ . Therefore, we have the individual one month ( $i=1$ ) maturity, the individual two months ( $i=2$ ) maturity and so on until 60 ( $i=60$ ). For each individual, we will have four observations, one in 2007, one in 2008, one in 2009, and one in 2010. Using the subscript  $i$ , we can rewrite

$IPD(t, T)$  as  $IPD(t, i)$  i.e. as the IPD forward of maturity  $i$  months at date  $t$ .

[INSERT Figure 4.2 HERE]

Figure 4.2 explains more precisely how the “individuals” one and ten corresponding respectively to the forward of maturity one and ten months are recorded. The first observation for the individual ten is done in February 2007 (FEB 2007), ten months before the expiration date of the IPD forward DEC 2007 (December 2007). The second observation is realized in February 2008 (FEB 2007), ten months before the expiration date of the IPD forward DEC 2008 (December 2008). We get four observations for each of our forwards of maturity  $i$ ; one for each year from 2007-2010.

Mathematically, each IPD forward of maturity  $i$  at date  $t$ ,  $IPD(t, i)$ , can be defined as:

$$IPD(t, i) = IPD_t \times \exp \left\{ (c_{0,i} + c_1 x_{1,t,i} + \dots + c_j x_{j,t,i} + \dots + c_n x_{n,t,i} + \varepsilon_{t,i}) \times \frac{i}{12} \right\}, \quad (4.6)$$

where  $c_{0,i}$  is a constant term,  $\varepsilon_{t,i}$  an error term,  $IPD_t$  the observed IPD montly at the date  $t$  and  $exp$  the exponential function.  $x_1 \dots x_n$  are the unknown risk factors and  $c_1 \dots c_n$  the associated coefficients<sup>76</sup>. Because  $IPD_t$  is  $\mathcal{F}_t$ -measurable, it is possible to compute at date  $t$  what we define as the forward rate,  $K_{t,i}$ . We obtain:

$$K_{t,i} \times i/12 = Ln \left[ \frac{IPD(t, i)}{IPD_t} \right] = (c_{0,i} + c_1 x_{1,t,i} + \dots + c_j x_{j,t,i} + \dots + c_n x_{n,t,i} + \varepsilon_{t,i}) \times i/12 \quad (4.7)$$

By dividing the left and the right hand sides by  $i/12$ , which corresponds to the maturity expressed in number of years (maturity in number of months/12), we obtain the annual implied forward rate:

$$K_{t,i} = c_{0,i} + c_1 x_{1,t,i} + \dots + c_j x_{j,t,i} + \dots + c_n x_{n,t,i} + \varepsilon_{t,i} \quad (4.8)$$

Finally, we compute the first-differences estimator. It measures the association between individual-specific one-period changes in regressors and individual-specific one-period

<sup>76</sup> You can remark that if there is just one unique risk factor relative to the risk free rate and no constant term, we find back the well known future-spot relation introduced in any financial textbook.

changes in the dependent variable. The first differences estimator yields consistent estimates of  $c_j$  in the fixed-effect model, though the coefficients of time-invariant regressors are not identified. Lagging the forward rate of one period yields to  $K_{t-1,i} = \alpha_i + c_1x_{1,t,i} + \dots + c_jx_{j,t,i} + \dots + c_nx_{n,t,i} + \varepsilon_{t,i}$ .and subtracting this from  $K_{t,i}$  conducts to the first-differences model:

$$K_{t,i} - K_{t-1,i} = c_1(x_{1,t} - x_{1,t-1}) + \dots + c_j(x_{j,t} - x_{j,t-1}) + \dots + c_n(x_{n,t} - x_{n,t-1}) + (\varepsilon_{t-1,i} - \varepsilon_{t-1,i}),$$

$$dK_{t,i} = c_1(x_{1,t} - x_{1,t-1}) + \dots + c_j(x_{j,t} - x_{j,t-1}) + \dots + c_n(x_{n,t} - x_{n,t-1}) + (\varepsilon_{t-1,i} - \varepsilon_{t-1,i}), \quad (4.9)$$

where  $dK_{t,i}$  is the variation of the forward rate of maturity  $i$  between the month  $t$  and the previous forward rate of maturity  $i$  available. By determining the variables that impact  $dK_{t,i}$ , *i.e.*, the  $x_{j,t}$  in first difference for which the  $c_j$  coefficients are significant, we will be able to isolate the risk factors relative to the IPD forwards and by extension to the IPD swaps. These risk factors are variables for which a change involves a change of the property derivatives.

### 3.2. Equation specifications

In our study, and according to subsection 2.3 relative to the literature review, four main specifications with various risk factors are tested. The first one, Equation 4.10, lays on the traditional theory of arbitrage or in other words on the ability to create a self financing portfolio of real estate to trade of property derivatives.

$$dK_{t,i} = C_0 + c_{Rf}(Rf_{t,i} - Rf_{t-1,i}) + \varepsilon_{t,i} \quad (4.10)$$

This mechanism should imply a forward rate equal to the risk free rate of the forward maturity considered. Therefore, the first variable included will be  $Rf_{t,i}$ , the risk free rate at date  $t$  for the maturity  $i$ . However, some effects in the case where the traditional future-spot relation does not hold (see Section 2) or where the impact of the risk free rate as the key parameter of a self financing portfolio become negligible relatively to these effects might potentially involve a negative relation. Its understanding lays on a potential difference of efficiency in the sense of Fama (1970) between real estate indices and property derivatives.

The value of an asset is equal to the sum of its cash-flows generated and discounted at appropriate rates. If real estate appraisals were valued accordingly, prices should be strongly related to the risk free rate. However, Hartzell et al. (1987) show that interest rates have surprisingly little impact on the cap rates because appraisers seem to place more faith in comparable sales than in their own discounted cash flow (DCF) analysis. In fact, they mainly use the capitalization appraisal method in which the capitalization rate is computed *via* the comparable one. The direct consequence is that new information (an increase/decrease of the interest rate in our case) is progressively and not instantaneously integrated in prices. Clayton et al. (2001) analyze how appraisers use the transaction price data available to them and show that appraisers, exploit 6.86 comparable sales in average, to estimate the overall capitalization rate (used in the capitalization appraisal method). Even if the number of comparable is relatively small, the consequences should be limited if the average number of months between the appraisal date and the comparable sales was not 13.68 months. It results in the use of outdated information. The maximum lag across time observed in their sample is higher than 25 months and raise up to 35 months. The out of date information used in appraisals explains that new information will take time to be reflected in prices and thus that real estate indices are not efficient in the weak sense of Fama (1970). Moreover, even if appraisers use current transaction prices, these prices would not include current information. Indeed, as real estate operations take time, the capitalization rate observed generally reflects a price defined few months before. Therefore negative (positive) variation of the interest rate could involves a positive (negative) variation of the IPD forward to reflect the current price information not included in the IPD index. Mathematically, this risk free rate influence corresponds to its effect on  $E_t[IPD_T]$  in Equation 4.2. We may possibly also discuss a potential ability difference between appraisers and market practitioners to incorporate to the appraisals/prices the information set relative to the dynamic of the risk free rate (strongly autocorrelated).

For the reason stated above and in subsection 2.3, we do not exactly know if the risk free rate has a negative or a positive impact on the forward prices. The end result should depend of the relative size of each contrary influence on the forward prices. The first effect is relative to the difference (Equation 4.11) between the observed forward price logarithm and the “true” price of the IPD index in logarithm (defined in Equation 4.2) explained by the risk free rate.



$$\ln[IPD(t, T)] - \ln[E_t[IPD_T] \times e^{-(rf_{t,T} + IPD(\pi)_{t,T}) \times (T-t)}] \quad (4.11)$$

The second effect is relative to the difference (Equation 4.12) between the IPD spot logarithm (the observed one) and the “true” price of the IPD index in logarithm (priced by the market thanks to the implied forward price) explained by the risk free rate.

$$\ln[E_t[IPD_T] \times e^{-(rf_{t,T} + IPD(\pi)_{t,T}) \times (T-t)}] - \ln(IPD_0) \quad (4.12)$$

In the case where effect 1 is higher than effect 2, we should observe a positive impact of the risk free rate on the forward prices. On the contrary, if effect 2 is higher than effect 1 we should observe a negative impact of the risk free rate on the forward prices. A significant positive or negative value in Equation 4.12 would be very informative for the market and contribute to the well known price discovery function of future market. In this condition, IPD forward would be a better predictor (the information set included in prices is broader) of the future IPD index than the IPD index himself. However, if this was verified we should thought that other informative indicators could be significant for property derivative prices because there are not or are differently integrated to the underlying.

As stated in Section 2, Lizieri et al. (2010) explain that a gap between the theoretical quotes (the risk free rate) and the observed ones could be explained by the predictability of the appraisal based index strongly autocorrelated (see Equation 4.13). If the smoothing effect was not taken into account by forward prices then, *ceteris paribus*, prices would differ from their equilibrium values and thus offer abnormal returns. To investigate this possibility, we use the variable “ $AR_{t,i}$ ” (*Auto Regressive*) which is equal to the annualized forecast of the IPD log return between the quotation date, date  $t$ , and the contract maturity ( $i$  month after the date  $t$ ) using an  $AR(1)$  model<sup>77</sup>. Adding this variable to the risk free rate, we define Equation 4.13, the second specification.

$$dK_{t,i} = C_0 + C_{Rf} \times (Rf_{t,i} - Rf_{t-1,i}) + C_{AR} \times (AR_{t,i} - AR_{t-1,i}) + \varepsilon_{t,i}, \quad (4.13)$$

where  $\varepsilon_{i,t}$  is an error term. According to the literature (see Section 2), we expecte a

---

<sup>77</sup> In the literature it is commonly said that appraisal based index follow an  $AR(1)$  process. For more details, refer to Langenbach (2009).

positive sign for the *AR* variable in first difference. The higher the forecast return is, the higher the forward rate should be (see Geltner et Fisher (2007)). This amounts to try to explain a potential positive or negative difference in Equation 4.12 by the predictability of the index.

In a third specification, we explore the occurrence of disseminated information in forward prices relative to Real Estate Investment Trust (REIT) market. As REITs are tradable on the stock market, their prices results from an observable mechanism of supply and demand which efficiently incorporates more information than appraisal based index. Consequences are notably a high degree of liquidity and a low autocorrelation of the returns (see Drouhin and Simon (2011b)). On this intuition we thought about an adapted manner to integrate the potential supplement of information included in REITs relatively to the appraisal-based index. We retain a variable relative to the premium/discount on their assets. This variable is computed using balance sheets and the unadjusted prices of the 8 main REITs in UK market<sup>78</sup>. Its relevance is particularly strong due to the requirement for REITs to use IFRS and then reassess (at fair value) their own assets using real estate appraisers. The corollary of this method is that any premium denotes an assessment of the equity at its market value higher than its book value (in fair value) and therefore that market practitioner point of views are different than the appraiser ones. This difference might partly explain why it is so difficult to establish a link between real estate index and REITs. However it could also be explained by a divergence in term of price dynamic between direct properties and REITs often associated to the stock market (Mull and Soenen (1997), Clayton and MacKinnon (2001) and Benjamin et al. (2001)). The difference of real estate pricing or/and of information set between appraisers and market practitioners should be reflected in IPD forwards contracts based on appraisal index but traded by market practitioners.

The premium variable could be considered as a way to reflect the impact of market practitioner expectations in excess of the appraiser ones (the IPD index). If there was no difference, forward prices would not be explained by our premium variable and at the contrary if there is one, we expect a positive sign related to its in first differences. Indeed, if the forward rate reflects the market expectations the higher they are and the

---

<sup>78</sup> More details will be provided in the next section.

higher the forward rate should be to avoid abnormal returns (relative to the predictability of the IPD index). Adding the *Mean\_premium* variable (corresponding to the premium/discount observed) to the specification 2 we get the specification 3 below where  $\varepsilon_{i,t}$  is an error term.

$$dK_{i,t} = C_0 + C_{Rf} \times (Rf_{t,i} - Rf_{t-1,i}) + C_{AR} \times (AR_{t,i} - AR_{t-1,i}) + C_{MP} \times (Mean\_Premium_t - Mean\_Premium_{t-1}) + \varepsilon_{t,i}. \quad (4.14)$$

In a fourth specification, we include macroeconomic variables to analyze their impact on the forward price. One time again, their impacts should reflect different pricing considerations between appraisers and market practitioners and especially a response time to a change in the information set potentially shorter for market practitioners. The variables are *Eco\_g*, *Eco\_b* and *CPI* in first difference. *Eco\_g* and *Eco\_b* are dummy variables based on the unemployment rate and on the GDP growth. If the economic context is positive, *Eco\_g* is equal to 1 and 0 otherwise. On the contrary, if the economic context is bad, *Eco\_b* is equal to 1 and 0 otherwise. We expect a positive sign for *Eco\_g* and a negative one for *Eco\_b*. Indeed, if the forward rate reflects the market expectations and if market practitioners have a lower response time, a good (a bad) economic context should implied a higher (a lower) forward rate. Concerning the *CPI* which is the monthly year on year (YOY) inflation rate we expect in first difference a positive coefficient. Indeed, real estate is generally considered as strongly correlated to inflation and then, the higher the inflation rate is the higher the real estate expectation should be. More details will be given to these three variables in the next section relative to the presentation of the data. They control also in our regressions for the economic context. It let us develop a more general framework than the one including only dummy variables equal to 1 if the forward year was 2007 (for example) and 0 otherwise. The fourth specification is defined as:

$$dK_{i,t} = C_0 + C_{Rf} \times (Rf_{t,i} - Rf_{t-1,i}) + C_{AR} \times (AR_{t,i} - AR_{t-1,i}) + C_{MP} \times (Mean\_Premium_t - Mean\_Premium_{t-1}) + C_{Eg} \times (Eco_{g,t} - Eco_{g,t-1}) + C_{Eb} \times (Eco_{b,t} - Eco_{b,t-1}) + C_{CPI} \times (CPI_t - CPI_{t-1}) + \varepsilon_{t,i} \quad (4.15)$$

The four models presented here and other models that are a mix of these one will be assessed separately in the part relative to the empirical results. However, in a first time we will describe more precisely each variable.

## 4. DATA AND VARIABLES

In this section we present our data set, the quotes of the UK IPD all property total return swaps, their implied IPD forward curves and the other necessary data and exogenous variables.

### 4.1. IPD swaps

This data set is constituted by the quotes of the *UK IPD all property total returns swaps*<sup>79</sup> (the most actively traded) from the 31/12/2006 to the 31/12/2010. It is a daily database but numerous daily data are missing. Swaps in this database have a fixed interest rate and the available maturities go from December 2007 to December 2015. For more details about these quotes, the reader can refer to Appendix 4.4. The quotes attributed for each beginning of the month are relative to the 10<sup>th</sup> working day. It corresponds to the publication of the UK IPD monthly all property. If the IPD swaps quotes are not available on the 10<sup>th</sup> working day we will use the quotes just before. We do not use linear interpolation because this kind of approximation integrates information not available on the day required. We use the quotes of the IPD swaps the days when are published the index. Using these quotes and the risk free rate for which the maturity are available on Datastream from one month to more than five years, we compute the IPD forward at each date using the methodology introduced by Drouhin and Simon (2011a). In this way, we obtain the IPD forward quotes (the strike) and the IPD level (IPD spot) for each month of our study period. The IPD Monthly and the IPD Annual have been provided by the Investment Property Databank (IPD) and are available from March 1986 to December 2010. Using these results we are able to construct the IPD forward curve of maturity five years from the 31/12/2006 to the 31/12/2010.

### 4.2. Implied IPD forward curves and implied IPD forward rates

Because the swap maturities are relative to the 31 December of each year from 2007 to 2015, the maturities available for the implied IPD forwards are also relative to the 31 December of each year from 2007 to 2015. For each month of our sample (from December 2006 until December 2010), using Drouhin and Simon (2011a) methodology

---

<sup>79</sup> This data set has been provided by Iceberg Alternative Investment, a UK hedge fund.

we are able to compute the forward price for the fifth following maturities available. For example, the December 31, 2007 we have the forwards of maturity one, two, three, four and five years and the Jun 31, 2007 we have the forwards of maturity six, 18, 30, 42 and 54 months. Thus we are able to compute our endogenous variable, the implied forward rates; they have been defined in Equation 4.7 and are computed as,

$$K_{t,T} = \frac{\ln\left(\frac{IPD(t,T)}{IPD_t}\right)}{(T-t)}. \quad (4.16)$$

Their analysis is very informative. For example, in 2008, the worse the crisis is and the higher the backwardation<sup>80</sup> become. Indeed, the 12 months IPD forward was 16% below the IPD spot; at this date, the IPD forward become positive only for the maturity higher than 48 months. The stronger backwardation appears at the end of February 2009: the fixed-quote of the IPD swap of maturity eight months was equal to -20.9%. The forward rates seem reflect the economic context (contango<sup>81</sup> or backward situation) and forecast the IPD index. For more details about the statistical characteristic of the real estate forward curve refer to Drouhin and Simon (2011b).

### 4.3. Other data and exogenous variables

In the previous section, we have presented the IPD forward rate, the endogenous variable of our analysis. We now introduce our exogenous variables which are the *risk free rate*, the *forecast* variable, the *mean-premium*, and some other variables relative to the economic context.

The risk free rate,  $R_{fi,t}$  variable, is associated to the rate relative to the UK Government Liabilities of maturities  $i$ . These rates are collected for  $i$  equal to one to 60 months in Datastream. The *forecast* variable,  $AR_{t,i}$  represents the annualized forecast of the IPD return (in logarithm) at date  $t$  for the maturity  $i$  using the historical IPD monthly

---

<sup>80</sup> Backwardation refers to the market condition wherein the price of a forward or futures contract is trading below the present spot price. The resulting futures of forward curve would typically be downward sloping (i.e. “inverted”), since contracts for farther dates would typically trade at even lower prices.

<sup>81</sup> Contango refers to the market condition wherein the price of a forward or futures contract is trading above the present spot price. The resulting futures of forward curve would typically be upward sloping (i.e. “normal”) since contracts for further dates would typically trade at even higher prices.

log return and an  $AR(1)$  process (different for each date  $t$ )<sup>82</sup>.

The mean premium of the REIT (variable  $Mean\_premium$ ) is computed using the balance sheets and the unadjusted prices of Big Yellow Group Plc, British land company Plc, Derwent London Plc, Great Portland Estates Plc, Hammerson Plc, Land Securities Group Plc, SEGRO Plc and Shaftesbury Plc. Data relative to the balance sheet come from *SNL data* and the unadjusted price from *Datastream*. Using these data we compute the variable  $Mean\_premium$  corresponding to the market-to-book-value minus one<sup>83</sup>.

The variables  $Eco\_g$  and  $Eco\_b$  are dummy variables representative of the

---

<sup>82</sup> We compute this variable with a moving sample window of 6 years prior each month  $t$ . Using this window and an  $AR(1)$  process, we forecast the IPD log return for every of the 60 months following the month  $t$ . One time these forecasts computed for the month  $t$ , we sum the first  $i$  monthly forecasts to obtain the predictable IPD log return between the month  $t$  and the month  $t+i$ . Next we divide this return by the number of year between  $t$  and  $t+i$  to get the annualized forecast variable, i.e., the  $AR_{t,i}$  variable. We also tried to evaluate an  $ARMA(p,q)$  process at each month  $t$  to compute our forecast, but the results were not significantly different on our risk factor analysis.  $p$  and  $q$  were determined for each month  $t$ . To define their value, we computed for each month (using an historical past return of 6 years) all the models with  $p$  and  $q$  superior or equal to 0 and inferior or equal to 6 (6 months) and we retained those who minimized the Schwarz Information Criterion (SC). The models for which the conditions of invertibility of the polynomial lag operator were not verified for the AR component as for the MA component were not taken into account. We also used the Akaike Information Criterion (AIC) but  $p$  and  $q$  were more volatile.

<sup>83</sup> The mean premium variable is computed using the following relation

$$Mean\_premium_t = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 \frac{EquityAtMarketValue_{j,t}}{RealEstateAssets_{j,t} + OtherNonCurrentAssets_{j,t} + TotalCurrentAssets_{j,t} - TotalLiabilities_{j,t}} - 1,$$

where  $EquityAtMarket\ value_{j,t}$ ,  $RealEstateAssets_{j,t}$ ,  $TotalCurrentAssets_{j,t}$ ,  $TotalLiabilities_{j,t}$  and  $OtherNonCurrentAsset_{j,t}$  are respectively the equity at market value, the real estate assets, the total current assets, the total liabilities and the other non-current asset of the REIT  $j$  at date  $t$ . As the book value of the real estate assets are available only on a quarterly or biannual basis we realize an update of these assets using the IPD real estate return between  $t$  and the previous balance sheet available (date of the previous balance sheet statement,  $t-x$ ). This assumption, lays on the supposition that the REITs considered are perfectly diversified and without leveraged investment in joint venture. We get:

$$Mean\_premium_t = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 \frac{EquityAtMarketValue_t}{RealEstateAsset_{t-x} \times (1 + IPDTotalReturn_{(t-x,t)}) + OtherNonCurrentAsset + TotalCurrentAsset_{j,t} - TotalLiabilities_{t-x}} - 1.$$

economic context. If the economic context is considered as good  $Eco\_g$  is equal to one and zero otherwise. At the contrary if the economic context is considered as bad  $Eco\_b$  is equal to one and zero otherwise. We decide to use these variables to avoid multicollinearity in our econometric analysis. Indeed, the different macroeconomic variables are strongly related the one to the others. These variables are based on the unemployment rate and on the growth of the GDP.  $Eco\_g$  is equal to one when the unemployment rate is below its first quintile and the economic growth is higher to its fourth quintile and zero otherwise.  $Eco\_b$  is equal to one when the unemployment rate is above its fourth quintile and the economic growth is lower to its first quintile and zero otherwise. The construction of these two variables creates a reference class for our econometric models in which the economic context is neither good nor bad.

Table 4.1 summarizes the main information relative to the data employed in this paper to generate the  $Rf$ ,  $AR$ ,  $Mean\_premium$ ,  $Eco\_g$ ,  $Eco\_b$  and  $CPI$  variables.

[INSERT Table 4.1 HERE]

#### 4.4. Descriptive statistics

In this subsection, Table 4.2 provides some general statistics relative to the data and variables used in our study. We have four years of data and then 48 occurrences on a monthly basis (from January 2007 until December 2010). These 48 months represent a total of 240 forward prices (48 months for five forward maturities) or 180 observations in first difference with a maturity comprise between one and 60 months. To provide general statistic as the average or the standard deviation and because we have only four observations for each forward maturity we used constant forward maturity contract of one, three and five years<sup>84</sup>. Furthermore, because we have as many as forecast ( $AR$ ) variables that of maturities (60) we made the choice to provide general statistic only for the one and five year annualized forecast variables ( $AR_{t,12}$  and  $AR_{t,60}$ ).

---

<sup>84</sup> We rearranged the data to obtain time series with constant maturity forward. Using linear approximation we compute the IPD forward of maturity  $i$ -months for each month  $t$  of our dataset. The complete evolution of the forward term structure across time for the maturities from 1 to 60 months is presented in Appendix 4.1.

[INSERT Table 4.2 HERE]

One interesting thing to remark on is the *a priori* negative relation between the forward rate contract maturities and the standard deviation. Indeed, this meets the well known Samuelson effect observed for forward contracts with other underlying assets (see Lautier et Raynaud (2011)). The minimum and maximum values are explained by the IPD process, strongly autocorrelated (the AR(1) coefficient can rise to 0.8) associated to a highly volatile real estate market on our study period.

We examine scatter plots of  $dk$ , the endogenous variable, and each of the linear exogenous variables to look for any abnormal data in our sample. The data relative to  $id$ <sup>85</sup> 122 seems to be very particular. Therefore, to understand the general dynamic of the forward curve we decide after further investigations to delete this observation relative to a 6 months maturity forward rate. This observation could bias the parameters. Observations  $id$  182 and 181 seem also slightly different from the other observations. For this reason we do the regressions of the empirical results section with and without them. However, as the results are not different regardless of whether we make the choice to keep these two occurrences. Graphically, we observe a positive relation between  $dk$  and  $dAR$ ,  $dk$  and  $dmean\_premium$  and  $dk$  and  $dUnemployment$ . At the contrary, we observe a negative relation between  $dk$  and  $dRf\_i$ ,  $dk$  and  $dGDP$  and  $dk$  and  $dCPI$ . For details about the correlation of the variables used in our analysis, the reader can refer to Appendix 4.2.

[INSERT Figure 4.3 HERE]

## 5. EMPIRICAL RESULTS

In this section we estimate the equations presented in the methodology and intuitions section. In order to deepen our results, they are assessed on the full sample and also on different time periods. Furthermore, as the forward curves do not exhibit

---

<sup>85</sup> The  $id$  variable is the identification key of each observation.



exactly the same pattern according to the maturities we also analyze their fluctuations for different group of forward maturities. All the tables here present the first differences estimators. They measure the association between forward-specific one-period changes in regressors and individual-specific one-period changes in the dependent variable. This conducts to analyze the dynamics of the forward for each maturity across time. Moreover, first difference estimators are consistent even if the true model is one with fixed effects. Several test of consistency summarized in appendix have been conducted on our results. All these tests let us think that our results are not biased in the full specification (including all the exogenous variables). The latter has no omitted variable (Appendix 4.5) or multicollinearity (Appendix 4.7). In order to be sure that our results do not come from individual observation but from a general pattern, we analyze the impact of each observation on the parameters (Appendix 4.6). Thereby, we are sure that our results do not come from particular data. Because data on the property derivative market are limited, we bound the number of variables to conserve a high degree of freedom.

### **5.1. Analysis of the traditional future-spot relationship**

In Table 4.3, we estimate the first specification, Equation 4.10, relative to the impact of the risk free rate on the implied forward rates. The estimations are realized in regression 1 on all the maturities together and, in the regression 2 to 5, we are running the model on different maturities independently.

[INSERT Table 4.3 HERE]

The relation between the variation of the implied forward rate and the variation of the risk free rate is negative and significant at the 5% (regression 1 and 2) and 10% (regression 3, 4 and 5) level of confidence whatever the maturity considered<sup>86</sup>. All results show that the traditional relation presented in financial textbooks does not hold for property derivatives. Indeed, there is no positive and significant relation between the strike of the forwards and the risk free rate observed for the different maturities.

---

<sup>86</sup> There is one observation missing in the regression 2 because of the dropped data *id* 122. However, the inclusion of this forward rate does not change the results.

However, this conclusion is probably a little hasty; we cannot reject such mechanism without more evidence. Indeed, we have potentially a superposition of effects with a negative end results as describe in subsection 3.2. However, this is an argument in favor of Equation 4.1, *i.e.*, of forward prices as a more efficient real estate vehicle in the sense of Fama (1970) (the information set included in prices is broader). Indeed, they are potentially restoring to interest rate its legitimate place in real estate prices; Hartzell et al. (1987) show that interest rates have surprisingly little impact on appraisal-based index because appraisers have more faith in prices others are paying rather in their own DCF analysis. This negative relation could also provide of a different perception of the impact of the interest rate changes between appraisers and market practitioners. It is also important to remark that the negative effect becomes lower when the maturity increases. This could be justified by an increase of the positive effect or a decrease of the negative one or both. On the one hand, if the negative relation is explained by an integration of current information into price, it is legitimate to think that this information has a decreasing impact when the maturity increases; on the other hand, Lizieri et al. (2010) explain that tradeoffs are easier for the longest maturities (notably because of the transaction cost) and then justify the fact that the positive effect would increase with maturity. Regarding the R-squared of Table 4.3, they range from around 7% to 10%.

To ensure the negative relation between the implied forward rate and the risk free rate observed in our sample, we reassess in Table 4.4 the same relation but for different sub periods. This raises the issue of the stability of the relation across time. Even if our sample lays on a relatively short period of study we have enough data to divide our sample into two sub-samples constituted of data in first difference. Therefore, we have a first sample defined as the first differences from 01/31/2008 to the 06/31/2009 and a second one defined as the first differences from 07/31/2009 to the 12/31/2010.

[INSERT Table 4.4 HERE]

The results of Table 4.4 are more significant than in Table 4.3. The relation between the implied forward rate and the risk free rate is always negative and significant at the 1% level of confidence. These results display a likely high interest for property derivatives as an informative indicator thanks the well known price discovery

function of future market. However, we have to improve our analysis on this potentially highly interesting function in market suffering of a severe lack of information.

## 5.2. Establishment of a more general framework

Table 4.5 exhibits different specifications of equations 4.13, 4.14 and 4.15 which integrate an IPD forecast (based on its autocorrelated process), the mean discount or premium observed on the UK REIT market, the economics context and the inflation rate.

[INSERT Table 4.5 HERE]

As for the Specification 1, the relation between the variation of the forward curve ( $dk$ ) and the variation of the interest rate is negative and significant at the 1% level of confidence. The  $AR$  variable reflecting the predictable returns of the underlying using an  $AR(1)$  process is always positive and significant at the 1% level of confidence. This is conforms to what we expected in Section 2; forward prices reflect the smoothed effect of appraisal-based index and thus avoid abnormal returns. For this reason, property derivatives could constitute an interesting unsmoothed indicator of real estate prices. Lizieri, Marcato, Ogden, et Baum (2010) explain that a gap between the theoretical quotes (the risk free rate) and the observed quotes could be explains by the predictability of the appraisal based index strongly autocorrelated. As the ones of Edelstein et Quan (2006), Hansz et Diaz III (2001) and Barkham et Geltner (1995) for example, the forward prices could be an alternative methodology to unsmooth appraisal based indices.

The variable relative to the premium/discount observed on the asset of the UK REITs ( $dMean\_premium$ ) has a positive and highly significance impact on the implied forward rates. It reflects the impact of market practitioner's expectations in excess of the appraiser ones (the IPD index). If there was no difference, forward prices would not be explained by our premium variable. However, as the impact is positive and significant we should think that market information, not lagged as the one include in the appraisal-based index, is incorporated in forward prices and thus that derivative prices are more efficient than their underlying asset itself. Market practitioners potentially respond quicker to a change in the information set than appraisers. Forward prices

reflect the market expectations relative to appraiser expectations, the higher they are and the higher prices should be to avoid abnormal returns (see Equation 4.1). The economic variables, *Eco\_g* and *Eco\_b*, which should be associated to the economic context, are not, except for the *Eco\_b* variable in regressions (3) and (4), significant at the five percent level of confidence. However, all their signs conform to what we expect; positive for the *Eco\_g* variable representative of a good economic context and negative for the *Eco\_b* variable representative of a bad economic context. No conclusion can be drawn from the CPI variable which is not significant. Contrary to Table 4.3 and Table 4.4 where the maximum observed R-squared was equal to 22.7%, the one of Table 4.5 rises up to 71.6%. Therefore, we are explaining around 70% of the implied forward rate fluctuations using Equation 4.15. The only inclusion of the AR variable on the full sample increased the R-squared of 54.4% (from 8.2% to 62.6%).

To extend the consistency of the results whatever the maturity considered, we complete our investigation; all the equations of Table 4.5 are reassessed for different maturities in Table 4.6. Overall, the impact of each variable is similar whatever the sample considered and the conclusions are the same than in Table 4.3<sup>87</sup>. However, it is interesting to remark that the values of the *AR* and *Mean\_premium* coefficients are a strictly decreasing function of the maturity. This makes sense, as these variables are relatives to the predictability part of the IPD returns and obviously, this part should be a decreasing function of the maturity. We have also assessed all the regressions of Table 4.3 using different sub-sample (see Appendix 4.3) but the results are the same than introduced previously.

[INSERT Table 4.6 HERE]

---

<sup>87</sup> The risk free rate is always negative and significant, the forecast variable, the mean premium variable are always positive and significant whatever the maturities considered. Considering, the *Eco\_g* and *Eco\_b* variable they have a sign constantly conform to what we expected but their impact is only significant for the *Eco\_good* variable for the maturities higher than 24 months. As in table 3, in table 4, the risk free rate is negative and very significant unless for the maturities lower than 24 months. The variable *dAR* is always positive and significant at the 1% level of confidence. The mean premium which is used to reflect the market expectation is always positive and significant at the 1% level of confidence.

## 6. CONCLUSION

This paper investigates on property derivatives and more especially on the IPD All Property Total Return Swaps using a four years database in the UK market. By stripping these IPD swaps into their primary components, the forwards, we examine their price dynamics using a panel model with clustering. The tested models explain more than 70% of their variability, the number of variables has been limited in order to avoid multicollinearity and keep a high degree of freedom. The coefficients are stable, whatever the model or the sub-sample used. We find that implied IPD forwards are negatively related to the risk free rate. Despite the contradictory aspect of this relation at first, we think that it is consistent with the theory.

Forward prices seem at the contrary of appraisal-based index to better reflect the current information and then avoid noise and lag effect in which the risk free rate is probably an important factor. This improvement in term of market efficiency can also be observed in their ability to integrate the momentum effect (using an AR(1) process) or to reflect the REIT dynamic. Property derivatives can be quite revealing and interesting as an indicator of what is happening in the property market, more rapidly and precisely than is revealed by contemporary returns to the index itself. Even though the index on which the swap is based is lagged, the change in the swap price can reflect contemporaneous changes in the underlying property market without a lag. Drouhin et Simon (2011) confirm that IPD forward prices are predictors of the IPD index.

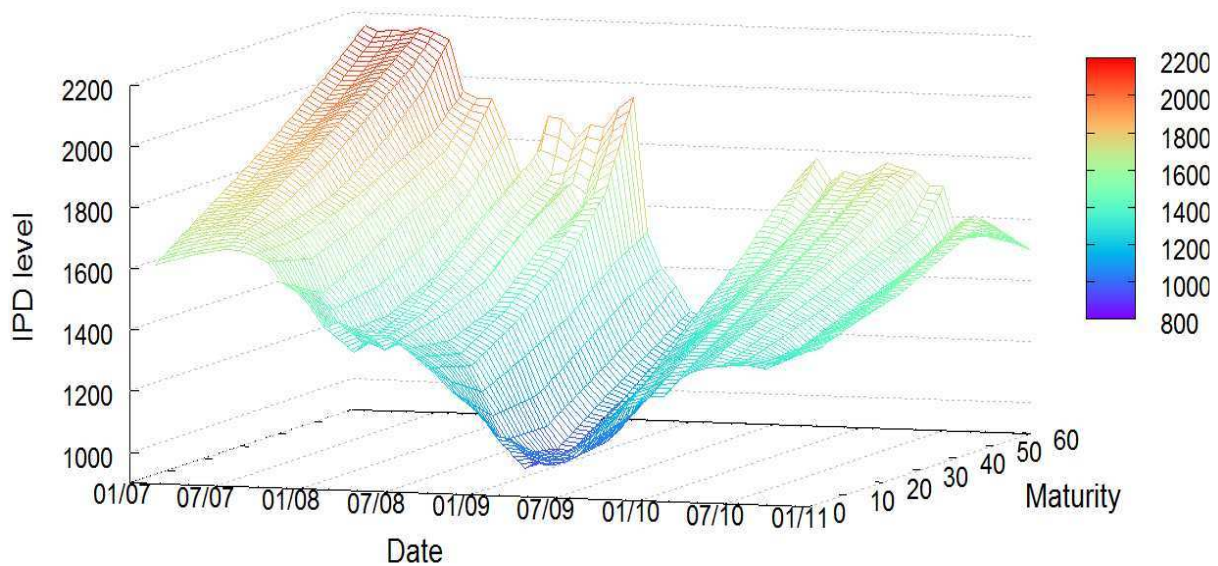
By integrating a broader information set, forwards prices are potentially a more accurate estimator of real estate prices than their own underlying asset, the IPD index. This mechanism known as the price discovery function of forward contracts is particularly relevant for real estate where the market is suffering from a severe lack of transparency. These results are consistent with the market practitioner intuitions and to the theory developed by Geltner and Fisher (2007) and Lizieri et al. (2010). If property derivatives could be particularly useful for hedging or real estate exposure, an increase of the trading volume of the future contract could also lead to disseminate information in the cash property market.

## **APPENDIX**

Appendix 4.1 : Implied IPD forward rates for the maturities from 12 to 60 months  
(December 2006-December 2010)

The dataset used here is relative to the quotes of the UK IPD all property total return swaps stripped into IPD forwards (see Drouhin and Simon (2011a)) and provided by Iceberg Alternative Investment. Because the delivery dates in the property derivative market are always based on the IPD level on December 31, conducting an analysis using constant maturities (*e.g.*, there are not forwards of maturity June 30) is impossible. Consequently, to observe these forward prices at constant maturities, we compute the IPD forward of maturity  $i$ -month for each month using a linear approximation between two available maturities.

The following figure represents the evolution of the forward price (at constant maturity) for different maturities from December 2006 to December 2010.



Appendix 4.2 : Exogenous variables, correlation matrix

The risk free rate,  $R_f$ , is approximated by the rates on the UK Government Liabilities provided by *Datastream*. The  $AR$  variable is a forecast of the annualized IPD log return using an AR(1) process and the monthly UK IPD All Property Total Return index provided by *Investment Property Databank*. The *Mean\_Premium* variable corresponds to the average premium observed on the eight main REITs of the UK market; data relative to the balance sheets come from *SNL data* and the unadjusted prices from *Datastream*.  $CPI$ , is the Consumer Price Index (excluding energy and food) provided by *Datastream*. The variables  $Eco\_g$  and  $Eco\_b$  are dummy variables representative of the economic context.  $Eco\_g$  is equal to one when the unemployment rate (seasonally adjusted and provided by *Datastream*) is below its first quintile and the economic growth (seasonally adjusted and provided by *Datastream*) is higher to its fourth quintile and zero otherwise.  $Eco\_b$  is equal to one when the unemployment rate is above its fourth quintile and the economic growth is lower to its first quintile and zero otherwise. The sample runs from December 2006 to December 2010 at monthly frequency.

Variables	Rf	AR	Mean_premium	CPI	Eco_g	Eco_b
Rf	1					
AR	0.0731	1				
Mean_premium	0.004	0.5617	1			
CPI	-0.3812	-0.1804	-0.2133	1		
Eco_g	0.7652	0.3283	0.2241	-0.6725	1	
Eco_b	-0.722	0.1214	0.2084	0.2528	-0.6	1



### Appendix 4.3: All models on different sub-periods

In this table, we use a first difference approach to analyze the IPD forward rates. The sample goes from December 2006 to December 2010 at monthly frequency. For columns (1) to (10), the specifications and the sample period change. The full specification (column (4) and (9)) is:

$$dK_{t,i} = C_0 + C_{rf} \times dRf_{t,i} + C_{AR} \times dAR_{t,i} + C_{MP} \times dMean\_Premium_t + C_{Eg} \times dEco\_g_t + C_{Eb} \times dEco\_b_t + C_{CPI} \times dCPI_t + \varepsilon_{t,i},$$

where  $C_{rf}$ ,  $C_{AR}$ ,  $C_{MP}$ ,  $C_{Eg}$ ,  $C_{Eb}$ , and  $C_{CPI}$  are the coefficients to estimate,  $C_0$  a constant term, and  $\varepsilon_{t,i}$  an error term. The letter  $d$  associated with each variable refers to its value in first difference.  $K_{t,i}$  is the forward rate at date  $t$  for the maturity  $t+i$  months (with  $i$  from one to 60), defined in Equation 4.7, and computed using the IPD swap quotes provided by *Iceberg Alternative Investment*.  $Rf_{t,i}$  is the risk free rate of maturity  $t+i$  months at date  $t$ ; it is approximated for the different maturities by the rates on the UK Government Liabilities provided by *Datastream*.  $AR_{t,i}$  is a forecast variable of the annualized IPD log return between the date  $t$  and  $t+i$  months; it is computed using an AR(1) process and the monthly UK IPD All Property Total Return index provided by *Investment Property Databank*. The *Mean\_Premium* variable corresponds to the average premium observed on the eight main REITs of the UK market; data relative to the balance sheets come from *SNL data* and the unadjusted prices from *Datastream*. The variables *Eco\_g* and *Eco\_b* are dummy variables representative of the economic context. *Eco\_g* is equal to one when the UK unemployment rate (seasonally adjusted and provided by *Datastream*) is below its first quintile and the UK economic growth (seasonally adjusted and provided by *Datastream*) is higher than its fourth quintile, and zero otherwise. *Eco\_b* is equal to one when the UK unemployment rate is above its fourth quintile and the UK economic growth is lower than its first quintile, and zero otherwise. Finally, *CPI*, the Consumer Price Index (excluding energy and food) is provided by *Datastream*.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk
dRf <sub>i</sub>	-2.614*** (0.453)	-0.907 (0.661)	-0.486 (0.612)	-0.389 (0.642)		-3.695*** (0.677)	-2.760*** (0.682)	-2.763*** (0.691)	-2.749** (1.134)	
dAR	0.119*** (0.0248)	0.134*** (0.0224)	0.112*** (0.0241)	0.110*** (0.0258)	0.103*** (0.0212)	0.441*** (0.0442)	0.352*** (0.0444)	0.342*** (0.0430)	0.343*** (0.0500)	0.374*** (0.0501)
dMean_premium		0.159*** (0.0349)	0.174*** (0.0504)	0.163** (0.0641)	0.171*** (0.0551)		0.175*** (0.0394)	0.210*** (0.0552)	0.209** (0.0793)	0.136* (0.0777)
dEco_g			0.0111 (0.0185)	0.00362 (0.0273)	0.00413 (0.0189)					
dEco_b			0.0126 (0.0101)	0.0131 (0.0107)	0.0130 (0.00996)			-0.0245 (0.0209)	-0.0244 (0.0214)	-0.0160 (0.0209)
dCPI				-0.477 (1.155)	-0.595 (0.949)				-0.0384 (1.932)	-4.672*** (1.391)
Constant	-0.0677*** (0.00944)	-0.0148 (0.0149)	-0.0161 (0.0148)	-0.0126 (0.0144)	-0.00275 (0.00782)	-0.0484*** (0.0115)	-0.0460*** (0.0114)	-0.0301** (0.0140)	-0.0299 (0.0197)	0.00401 (0.0111)
R-squared	0.227	0.375	0.380	0.381	0.407	0.746	0.780	0.785	0.785	0.762
Observations	95	95	95	95	95	84	84	84	84	84
Maturity in months	[1;60]	[1;60]	[1;60]	[1;60]	[1;60]	[1;60]	[1;60]	[1;60]	[1;60]	[1;60]
Sub-period in 1st dif.	[01/31/08;06/31/09]	[01/31/08;06/31/09]	[01/31/08;06/31/09]	[01/31/08;06/31/09]	[01/31/08;06/31/09]	]06/31/09;12/31/10]	]06/31/09;12/31/10]	]06/31/09;12/31/10]	]06/31/09;12/31/10]	]06/31/09;12/31/10]

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Appendix 4.4: Descriptive statistics relative to quotes on the IPD swaps

This table displays the main statistics relative to the quotes (the fixed-rate) of the IPD swaps from January 2007 to December 2010. They are computed by year and maturity. The data used in this table are provided by *Iceberg Alternative Investment*.

Maturity	Fixed rate in 2007					Fixed rate in 2008				
	Nb of obs	Average	St. Dev	Skewness	Kurtosis*	Nb of obs	Average	St. Dev	Skewness	Kurtosis*
DEC 2007	75	3.76%	2.42%	-1.46	1.43	-	-	-	-	-
DEC 2008	75	1.03%	3.89%	-0.96	0.31	177	-14.48%	3.17%	-0.39	-1.27
DEC 2009	75	2.12%	2.69%	-0.78	0.26	177	-10.31%	5.04%	-0.53	-1.22
DEC 2010	75	3.04%	2.08%	-0.55	-0.30	177	-5.58%	4.11%	-0.81	-0.82
DEC 2011	75	3.50%	1.70%	-0.14	-1.21	170	-2.18%	3.05%	-0.65	-1.08
DEC 2012	75	4.46%	1.35%	-0.53	-0.73	176	-0.11%	2.34%	-0.87	-0.77
DEC 2013	-	-	-	-	-	61	-0.91%	1.64%	0.72	-0.64
DEC 2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEC 2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Maturity	Fixed rate in 2009					Fixed rate in 2010				
	Nb of obs	Average	St. Dev	Skewness	Kurtosis*	Nb of obs	Average	St. Dev	Skewness	Kurtosis*
DEC 2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEC 2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEC 2009	162	-11.21%	7.19%	0.46	-1.29	-	-	-	-	-
DEC 2010	171	-2.73%	5.95%	-0.11	-1.09	69	9.68%	2.79%	-0.29	-1.30
DEC 2011	176	1.28%	4.03%	-0.65	-0.14	69	7.27%	1.29%	-0.03	-1.44
DEC 2012	175	3.28%	3.20%	-1.10	0.97	69	6.60%	0.94%	-0.36	-0.74
DEC 2013	176	4.44%	2.70%	-1.35	1.74	69	6.43%	0.83%	-0.55	-0.50
DEC 2014	173	5.11%	2.14%	-1.61	2.69	69	6.35%	0.82%	-0.93	0.48
DEC 2015	162	5.68%	1.50%	-0.65	-1.36	69	5.92%	1.42%	-0.64	-1.62

\* Kurtosis in excess

Appendix 4.5: Test of specification

A model specification error can occur when one or more relevant variables are omitted from the model or one or more irrelevant variables are included in the model. If relevant variables are omitted from the model, the common variance they share with included variables may be wrongly attributed to those variables, and the error term is inflated. On the other hand, if irrelevant variables are included in the model, the common variance they share with included variables may be wrongly attributed to them. Model specification errors can substantially affect the estimate of regression coefficients.

For these reasons we perform a regression specification error test (RESET) in which the null hypothesis is “the specification is correct”. The table below displays the p-value of all the specification estimated in Section 5 and in Appendix 6.

For a significant part of the models assessed we reject the null hypothesis. However, for most of the ones including all variables we did not. Therefore, we can consider that our model is well specified.

Table 4.3, Table 4.4, Table 4.5, Table 4.6 and Appendix 4.3: specification test summary

		Table 4.3:								
Equation	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					
p-value	0.055	0.001	0.159	0.000	0.000					
		Table 4.4: Implied forward rate and risk free rate on different sub-periods								
Equation	(1)	(2)								
p-value	0.051	0.596								
		Table 4.5: All models estimated using the full sample								
Equation	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					
p-value	0.000	0.057	0.539	0.602	0.046					
		Table 4.6: All models by maturities								
Equation	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
p-value	0.000	0.002	0.086	0.071	0.061	0.000	0.007	0.126	0.130	0.063
		Table 4.6: (continued)								
Equation	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
p-value	0.000	0.000	0.056	0.051	0.011	0.001	0.000	0.007	0.005	0.009
		Appendix 4.3: All models on different sub-periods								
Equation	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
p-value	0.148	0.747	0.483	0.342	0.447	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

#### Appendix 4.6: Influence of specific observations

Here we consider specific measures of influence that assess how each coefficient is changed by deleting the observation. This measure is called *DFBETA* and is created for each of the predictors. The names for the new variables created have been chosen by *Stata* automatically and begin with the letters *DFbeta*.

The value of the  $DFbeta_{[name\ variable]_{i,t}}$  means that by including the “*name variable*” of maturity *i* for date *t* in the analysis (as compared to being excluded) we increase of  $DFbeta_{[name\ variable]_{i,t}}$  times the standard error of the *[name variable]* coefficient.

In the figures below, we plot the *DFBeta* value of each variable against the maturity for all tables and specification models introduced in Section 5 and in Appendix 4.3. A *DFbeta* value in excess of  $2/\sqrt{n}$  merits further investigation. For this reason we represent an  $[-2/\sqrt{n} ; 2/\sqrt{n}]$  interval in each figure presented above. All models have been reassessed without the data for which the  $DFbeta_{[name\ variable]}$  value is outside the interval. However, their exclusion does not affect significantly our conclusions.

There is no observation with a too important impact on the different coefficients; our results do not reflect particular observation but a general pattern of the forward curve changes.

Table 4.3: Implied forward rates by maturity and risk free rate

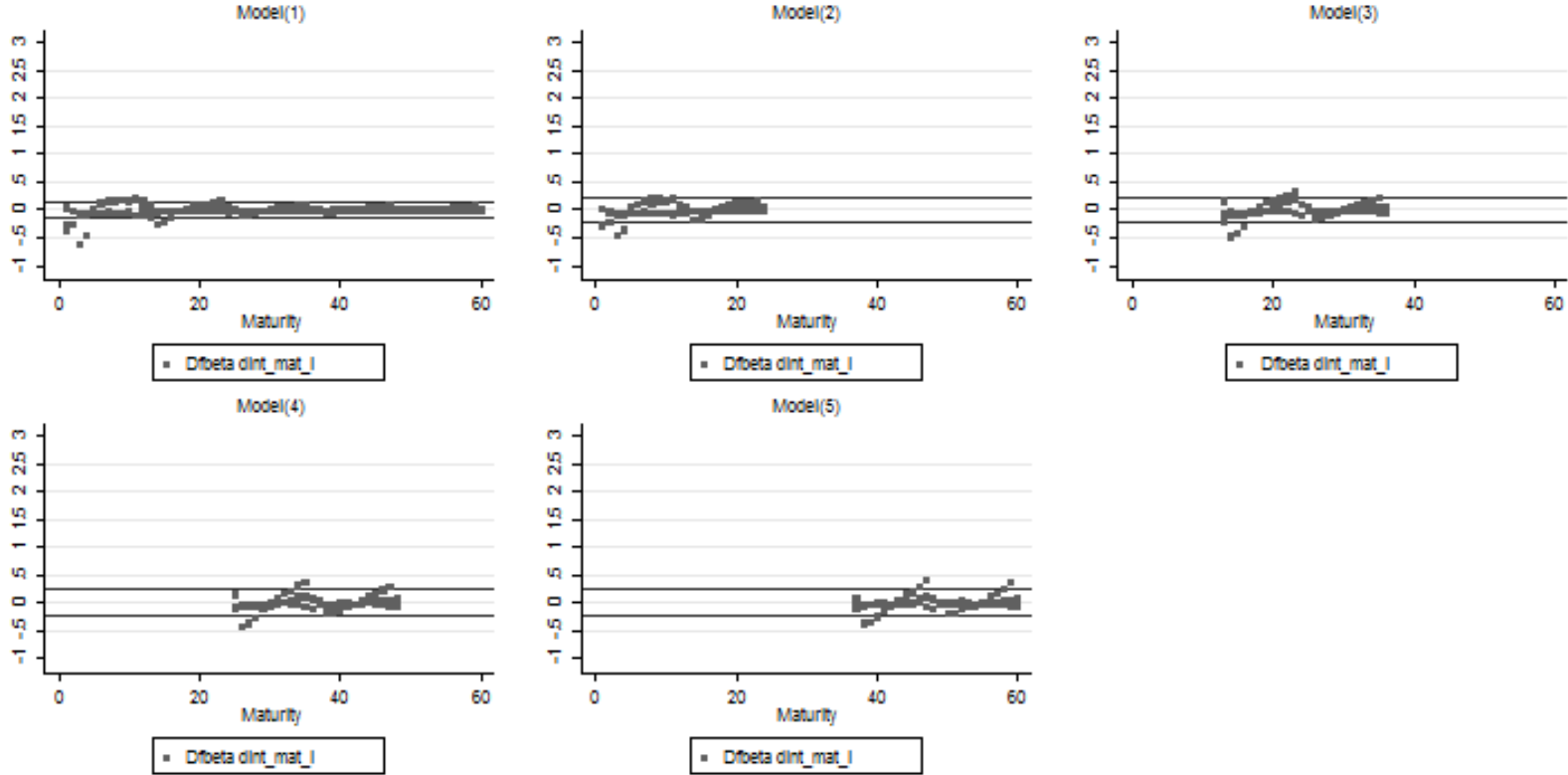


Table 4.4: Implied forward rate and risk free rate on different sub-periods

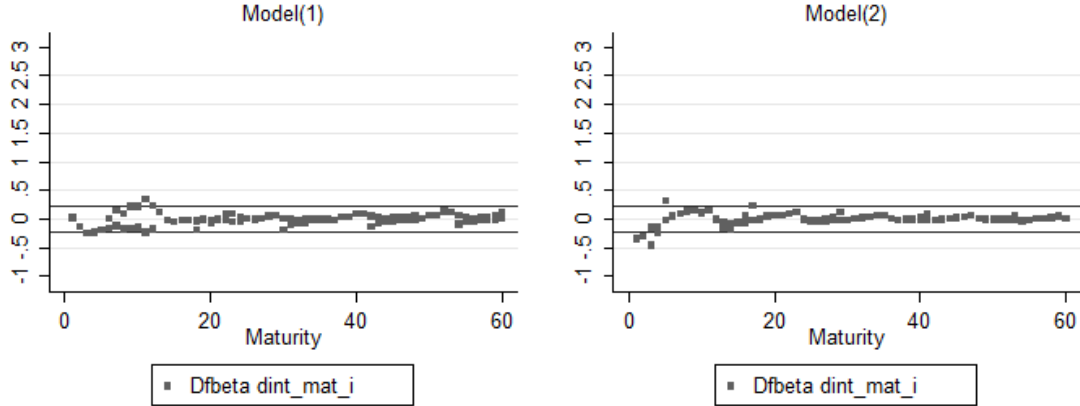


Table 4.5: All models estimated using the full sample

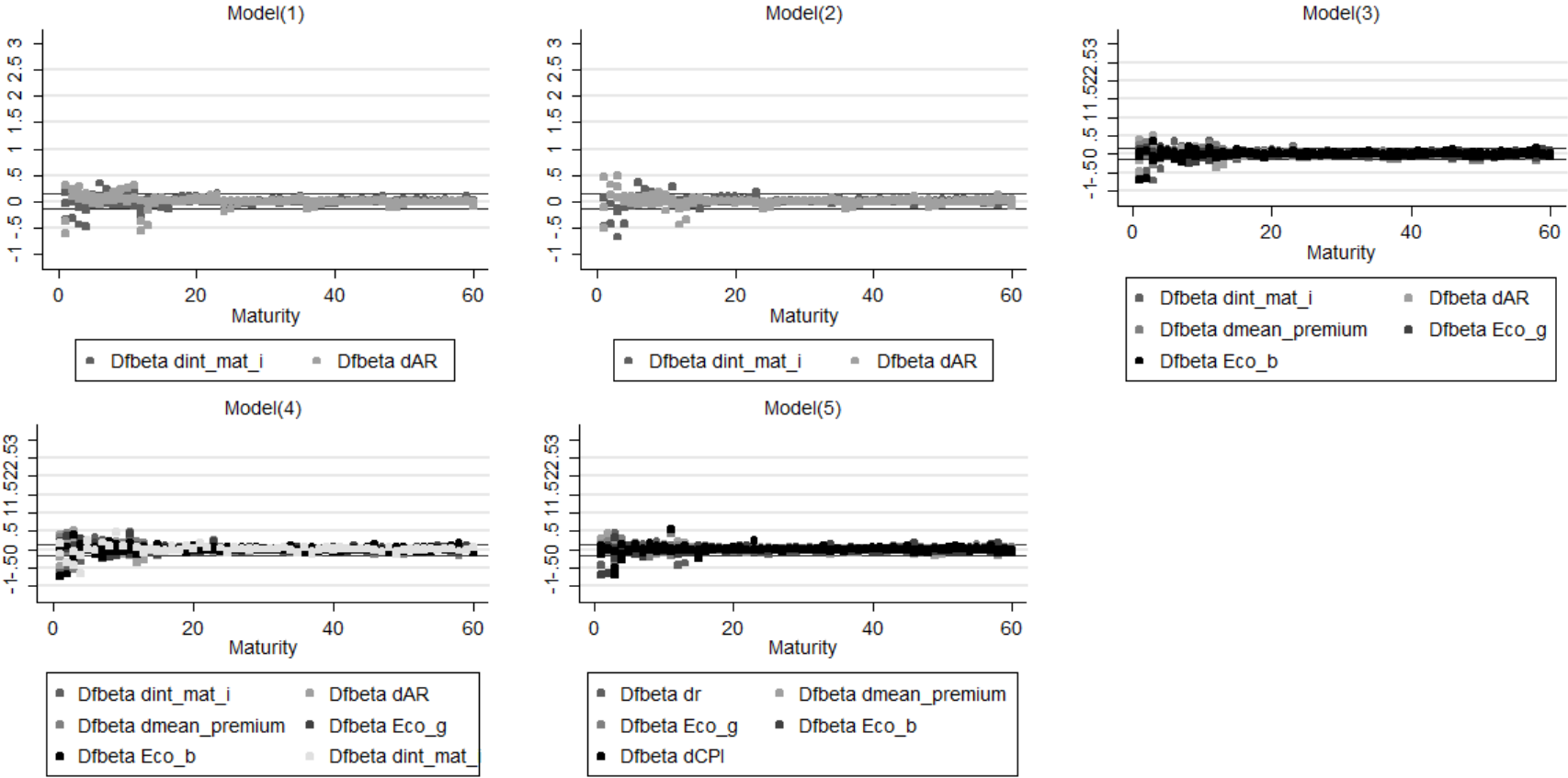
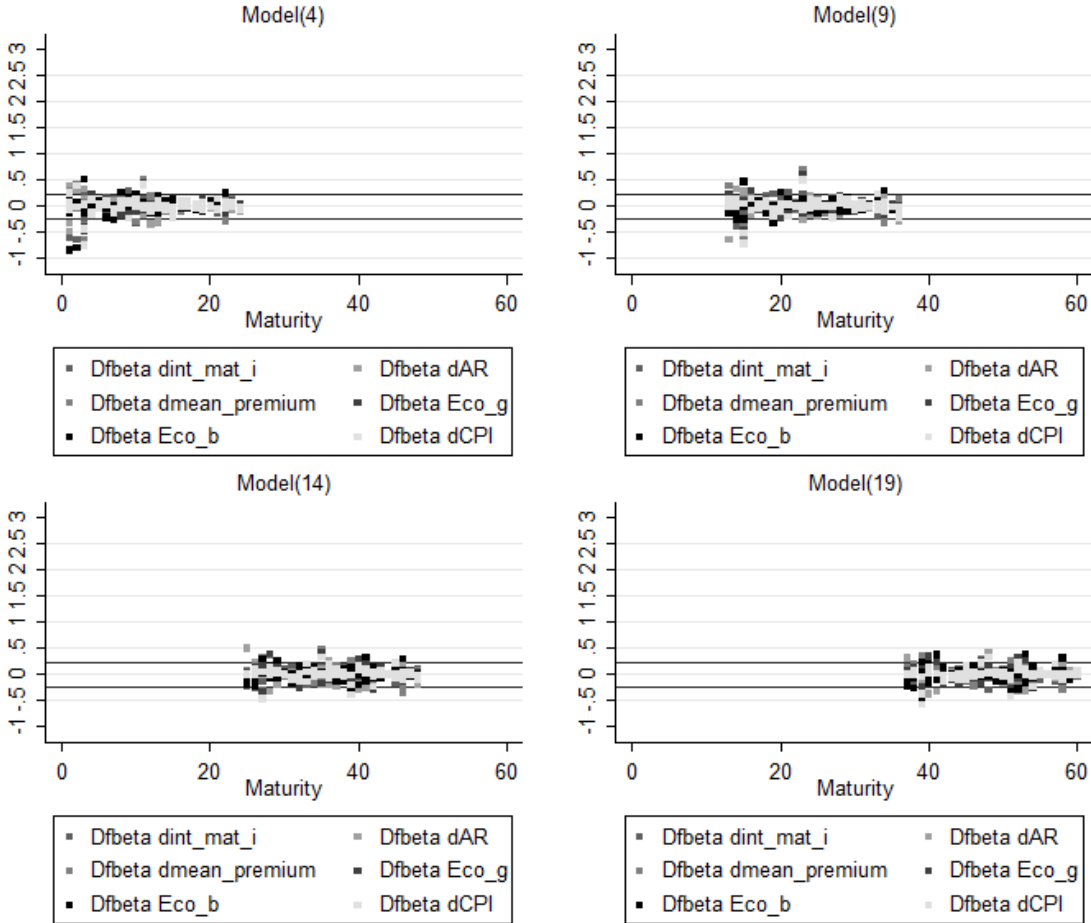




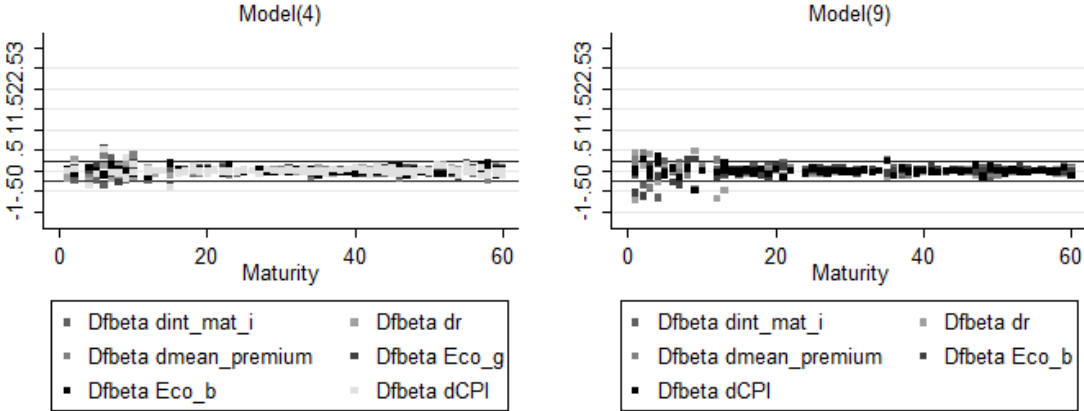
Table 4.6: All models by maturities

Due to the high number of models assessed in Table 6 we did not graph all the results. Here are displayed only the *Dfbeta* analysis relative to the full specification including all the variables.



Appendix 4.3: All models on different sub-periods

Due to the high number of models assessed in Appendix 6 we did not graph all the results. Here are displayed only the *Dfbeta* analysis relative to the full specification including all the variables.



**Appendix 4.7: Test of multicollinearity\***

In the absence of collinearity, the eigenvalues, condition indices and condition number will all equal one. As collinearity increases, eigenvalues will be both greater and smaller than 1, and the condition indices and the condition number will increase. An informal rule of thumb is that if the condition number is 15, multicollinearity is a concern; if it is greater than 30 multicollinearity is a very serious concern. The table below displays the condition numbers for all models assessed in Section 5 and in Appendix 4.3. Since the condition number is always lower than ten we do not have any reason to suspect multicollinearity. Moreover, among all the models tested, we do not observe any important shift consecutive to a slightly different specification (using the same data). This confirms the fact of no multicollinearity.

Table 4.3, Table 4.4, Table 4.5, Table 4.6 and Appendix 4.3: multicollinearity test summary

		Table 4.3:									
Equation		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					
Condition number		-	-	-	-	-					
		Table 4.4: Implied forward rate and risk free rate on different sub-periods									
Equation		(1)	(2)								
Condition number		-	-								
		Table 4.5: All models estimated using the full sample									
Equation		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)					
Condition number		3.46	3.98	5.22	6.94	5.87					
		Table 4.6: All models by maturities									
Equation		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Condition number		3.52	4.18	6.21	7.09	6.47	4.31	6.27	8.06	8.66	7.99
		Table 4.6: (continued)									
Equation		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Condition number		4.48	5.71	8.06	9.42	8.07	4.12	4.60	7.36	9.12	7.97
		Appendix 4.3: All models on different sub-periods									
Equation		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Condition number		5.25	7.19	8.76	9.18	8.44	5.10	5.77	6.88	8.54	6.40

\*The primary concern is that when the degree of multicollinearity increases, the regression model estimates of the coefficients become unstable and the standard errors for the coefficients can get greatly inflated.

## REFERENCES

Barkham, Richard, and David Geltner, 1995, Price discovery in American and British property markets, *Real Estate Economics* 23, 21-44.

Benjamin, John, Stacy Sirmans, and Emily Zietz, 2001, Returns and risk on real estate and other investments: more evidence, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 7, 183-214.

Bertus, Mark, Harris Hollans, and Steve Swidler, 2008, Hedging house price risk with CME futures contracts: the case of Las Vegas residential real estate, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 37, 265-279.

Björk, Tomas, and Eric Clapham, 2002, On the pricing of real estate index linked swaps, *Journal of Housing Economics* 11, 418-432.

Buttimer, Richard J., James B. Kau, and Carlos V. Slawson, 1997, A model for pricing securities dependent upon a real estate index, *Journal of Housing Economics* 6, 16-30.

Clayton, Jim, David Geltner, and Stanley W. Hamilton, 2001, Smoothing in commercial property valuations: evidence from individual appraisals, *Real Estate Economics* 29, 337-360.

Clayton, Jim, and Greg MacKinnon, 2001, The time-varying nature of the link between REIT, real estate and financial asset returns, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 7, 43-54.

Clayton, Jim, Michael S. Giliberto, Jacques N. Gordon, Susan Hudson-Wilson, Frank J. Fabozzi, and Youguo Liang, 2009, Real estate's evolution as an asset class, *The Journal of Portfolio Management* 35, 10-22.

Drouhin, Pierre-Arnaud, and Arnaud Simon, 2011a, Are property derivatives a leading indicator of the real estate market, *Working paper*.

Drouhin, Pierre-Arnaud, and Arnaud Simon, 2011b, Stripping of real estate-indexed swaps and forward term structure: interest and computational method, *Working paper*.

Edelstein, Robert H., and Daniel C. Quan, 2006, How does appraisal smoothing bias real estate returns measurement?, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 32, 41-60.

Fama, Eugene F., 1970, Efficient capital markets: a review of theory and empirical work, *The Journal of Finance* 25, 383-417.

Firstenberg, Paul M., Stephen A. Ross, and Randall C. Zisler, 1988, Real estate: the whole story, *The Journal of Portfolio Management* 14, 22-34.

Flavin, Marjorie, and Takashi Yamashita, 2002, Owner-occupied housing and the composition of the household portfolio, *American Economic Review* 92, 345–362.

Geltner, David, 1991, Smoothing in appraisal-based returns, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 4, 327-345.

Geltner, David, 1993, Temporal aggregation in real estate return indices, *Real Estate Economics* 21, 141-166.

Geltner, David, and Jeffrey D. Fisher, 2007, Pricing and index considerations in commercial real estate derivatives, *The Journal of Portfolio Management* 33, 99-118.

Glascock, John L., and Lu Chiuling, 2000, Further evidence on the integration of REIT, bond, and stock returns, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 20, 177-194.

Hansz, J. Andrew, and Julian Diaz III, 2001, Valuation bias in commercial appraisal: a transaction price feedback experiment, *Real Estate Economics* 29, 553-565.

Hartzell, David, John S. Hekman, and Mike E. Miles, 1987, Real estate returns and inflation, *Real Estate Economics* 15, 617-637.

Ibbotson, Roger G., and Laurence B. Siegel, 1984, Real estate returns: a comparison with other investments, *Real Estate Economics* 12, 219-242.

Lautier, Delphine, and Franck Raynaud, 2011, Statistical properties of derivatives: a journey in term structures, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 390, 2009–2019.

Lee, Ming-Long, Ming-Te Lee, and Kevin C. H. Chiang, 2007, Real estate risk exposure of equity real estate investment trusts, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 36, 165-181.

Lizieri, Colin, Gianluca Marcato, Paul Ogden, and Andrew Baum, 2010, Pricing inefficiencies in private real estate markets using total return swaps, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 45, 774-803.

Mull, Stephen R., and Luc A. Soenen, 1997, U.S. REITs as an asset class in international investment portfolios, *Financial Analysts Journal* 53, 55-61.

Patel, Kanak, and Ricardo Pereira, 2007, Pricing property index linked swaps with counterparty default risk, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 36, 5-21.

Quan, Daniel C., and John M. Quigley, 1989, Inferring an investment return series for real estate from observations on sales, *Real Estate Economics* 17, 218-230.

Quan, Daniel C., and John M. Quigley, 1991, Price formation and the appraisal function in real estate markets, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 4, 127-146.

Syz, Juerg M., 2008, *Property Derivatives: Pricing, Hedging and Applications* (John Wiley and Sons).

Syz, Juerg M., Paolo Vanini, and Marco Salvi, 2007, Property derivatives and index-linked mortgages, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 36, 23-35.



## **LIST OF TABLES**



Table 4.1: General data summary

In this table, we describe the data used to generate the endogenous and the exogenous variables.

Variables	Details	Data base/contributor	Data type
IPD Monthly	UK All property total returns	IPD	Monthly
Interest rates	UK government liabilities spot curve	Datastream	Daily
UK inflation rate	CPI-Excluding energy & food (% Year On Year (% YOY), historical series).	Datastream	Monthly
UK unemployment rate	Seasonally adjusted, historical series	Datastream	Monthly
UK GDP	% YOY, constant prices, seasonally adjusted historical series	Datastream	Quarterly
REITs (Balance sheet)	Relative to the Big Yellow Group Plc, British Land Company Plc, Derwen London Plc, Great Portland Estates Plc, Hammerson Plc, Land Securities Group Plc, SEGRO Plc, Shaftesbury Plc	Snl Data	Quarterly or biannual
REITs Quotes	Relative to the Big Yellow Group Plc, British Land Company Plc, Derwen London Plc, Great Portland Estates Plc, Hammerson Plc, Land Securities Group Plc, SEGRO Plc, Shaftesbury Plc	Datastream	Daily

Table 4.2: Descriptive statistics

This table shows statistics relative to the data and variables used in our study. The sample runs from December 2006 to December 2010 at monthly frequency (49 months).  $K_{t,x}$  refers to the forward rate at constant maturity of  $x$  months (with  $x$  equal to 12, 36, and 60) computed via the IPD swap prices provided by *Iceberg Alternative Investment*.  $AR_{t,x}$  is a forecast variable of the annualized IPD log return between the date  $t$  and the date  $t+x$  months (with  $x$  equal to 12 and 60); it is computed using an AR(1) process and the monthly UK IPD All Property Total Return index (variable *IPD Monthly*) provided by *Investment Property Databank*.  $Rf_{t,x}$  (with  $x$  equal to 12 or 60) is the UK Government Liabilities of maturities  $x$  months provided by *Datastream*. *Mean\_Premium* corresponds to the average premium observed on the eight main REITs of the UK market; data relative to the balance sheets come from *SNL data* and the unadjusted prices from *Datastream*. *GDP*, the UK GDP growth rate (seasonally adjusted), *Unemployment*, the UK unemployment rate (seasonally adjusted) and *CPI*, the Consumer Price Index (excluding energy and food) have been provided by *Datastream*. The variables *Eco\_g* and *Eco\_b* are dummy variables representative of the economic context. *Eco\_g* is equal to one when the UK unemployment rate is below its first quintile and the UK economic growth is higher than its fourth quintile and zero otherwise. *Eco\_b* is equal to one when the UK unemployment rate is above its fourth quintile and the UK economic growth is lower than its first quintile and zero otherwise.

	Mean	Median	St.dev	Min	Max	Skewness	Kurtosis <sup>†</sup>	Nb. obs
IPD Monthly	-0.18%	0.63%	2.08%	-5.42%	5.03%	-0.41	0.59	49
Kt,12	-1.17%	0.73%	8.40%	-17.94%	13.17%	-0.27	-1.04	49
Kt,36	3.18%	3.18%	3.34%	-3.17%	9.61%	0.05	-0.71	49
Kt,60	4.91%	5.09%	2.19%	1.43%	9.85%	0.18	-0.63	49
Rft,12	2.82%	1.60%	2.19%	0.59%	5.76%	0.14	-1.94	49
Rft,60	3.67%	3.22%	1.17%	1.83%	5.59%	0.08	-1.52	49
ARt,12	2.64%	6.00%	17.42%	-57.63%	34.91%	-2.32	7.38	49
ARt,60	5.67%	5.86%	7.83%	-14.67%	16.34%	-1.17	1.57	49
Mean_Premium	-4.82%	-5.34%	14.65%	-30.26%	35.37%	0.53	0.09	49
Unemployment	6.56%	6.50%	1.16%	5.00%	8.00%	-0.04	-1.87	49
UK GDP	-0.24%	1.25%	1.78%	-5.90%	2.91%	-0.01	-0.01	16
CPI	2.29%	2.20%	0.46%	1.60%	3.10%	0.26	-1.30	49
Eco_g	0.37	0	0.48	0	1	0.57	-1.75	49
Eco_b	0.39	0	0.49	0	1	0.48	-1.85	49

<sup>†</sup> Kurtosis in excess

**Table 4.3: Implied forward rates by maturity and risk free rate**

In this table, we regress in first differences the forward rate ( $dK_{t,i}$ ) of maturity  $i$  months (with  $i$  from one to 60) on the risk free rate of the same maturity ( $dRf_i$ ). The sample goes from December 2006 to December 2010 at monthly frequency. For columns (1) to (5), only the maturities change. The specification is:

$$dK_{t,i} = C_0 + C_{rf} \times dRf_{t,i} + \varepsilon_{t,i},$$

where  $C_{rf}$  is the coefficient to estimate,  $C_0$  a constant term, and  $\varepsilon_{t,i}$  an error term. The risk free rate,  $Rf$ , is approximated for the different maturities by the rates on the UK Government Liabilities provided by *Datastream*. The forward rates defined in Equation 4.7 are computed using the IPD swap quotes (see Drouhin and Simon (2011a)) provided by the hedge fund Iceberg Alternative Investment.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	dk	dk	dk	dk	dk
$dRf_i$	-2.717** (1.049)	-3.352** (1.546)	-2.259* (1.200)	-1.923* (0.978)	-1.547* (0.784)
Constant	-0.0370** (0.0150)	-0.0606** (0.0277)	-0.0264 (0.0165)	-0.0201 (0.0122)	-0.0140 (0.00869)
R-squared	0.082	0.099	0.075	0.075	0.065
Observations	179	71	72	72	72
Maturity in months	[1;60]	[1;24]	[12;36]	[24;48]	[36;60]

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

**Table 4.4: Implied forward rate and risk free rate on different sub-periods**

In this table, we regress in first differences the forward rate ( $dK_{t,i}$ ) of maturity  $i$  months (with  $i$  from one to 60) on the risk free rate of the same maturity ( $dRf_i$ ). The sample goes from December 2006 to December 2010 at monthly frequency. For columns (1) to (2), only the sample period change; two sub-periods are considered. The specification is:

$$dK_{t,i} = C_0 + C_{rf} \times dRf_{t,i} + \varepsilon_{t,i},$$

where  $C_{rf}$  is the coefficient to estimate,  $C_0$  a constant term, and  $\varepsilon_{t,i}$  an error term. The risk free rate,  $Rf$ , is approximated for the different maturities by the rates on the UK Government Liabilities provided by *Datastream*. The forward rates defined in Equation 4.7 are computed using the IPD swap quotes (see Drouhin and Simon (2011a)) provided by the hedge fund Iceberg Alternative Investment.

VARIABLES	(1) dk	(2) dk
dRf <sub>i</sub>	-2.294*** (0.373)	-4.893*** (1.143)
Constant	-0.0848*** (0.0101)	0.00232 (0.0190)
R-squared	0.149	0.227
Observations	95	84
Maturity in months	[1;60]	[1;60]
Sub-period in 1st dif.	[01/31/08;06/31/09]	]06/31/09;12/31/10]

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Table 4.5: All models estimated using the full sample

In this table, we use a first difference approach to analyze the IPD forward rates. The sample goes from December 2006 to December 2010 at monthly frequency. For columns (1) to (5), the estimated specifications change. The full specification (column (4)) is:

$$dK_{t,i} = C_0 + C_{rf} \times dRf_{t,i} + C_{AR} \times dAR_{t,i} + C_{MP} \times dMean\_Premium_t + C_{Eg} \times dEco\_g_t + C_{Eb} \times dEco\_b_t + C_{CPI} \times dCPI_t + \varepsilon_{t,i},$$

where  $C_{rf}$ ,  $C_{AR}$ ,  $C_{MP}$ ,  $C_{Eg}$ ,  $C_{Eb}$ , and  $C_{CPI}$  are the coefficients to estimate,  $C_0$  a constant term, and  $\varepsilon_{t,i}$  an error term. The letter  $d$  associated with each variable refers to its value in first difference.  $K_{t,i}$  is the forward rate at date  $t$  for the maturity  $t+i$  months (with  $i$  from one to 60), defined in Equation 4.7, and computed using the IPD swap quotes provided by *Iceberg Alternative Investment*.  $Rf_{t,i}$  is the risk free rate of maturity  $t+i$  months at date  $t$ ; it is approximated for the different maturities by the rates on the UK Government Liabilities provided by *Datastream*.  $AR_{t,i}$  is a forecast variable of the annualized IPD log return between the date  $t$  and  $t+i$  months; it is computed using an AR(1) process and the monthly UK IPD All Property Total Return index (variable *IPD Monthly*) provided by *Investment Property Databank*. The *Mean\_Premium* variable corresponds to the average premium observed on the eight main REITs of the UK market; data relative to the balance sheets come from *SNL data* and the unadjusted prices from *Datastream*. The variables *Eco\_g* and *Eco\_b* are dummy variables representative of the economic context. *Eco\_g* is equal to one when the UK unemployment rate (seasonally adjusted and provided by *Datastream*) is below its first quintile and the UK economic growth (seasonally adjusted and provided by *Datastream*) is higher than its fourth quintile and zero otherwise. *Eco\_b* is equal to one when the UK unemployment rate is above its fourth quintile and the UK economic growth is lower than its first quintile and zero otherwise. Finally, *CPI*, the Consumer Price Index (excluding energy and seasonal food) is provided by *Datastream*.

VARIABLES	(1) dk	(2) dk	(3) dk	(4) dk	(5) dk
dRf <sub>i</sub>	-3.344*** (0.613)	-2.165*** (0.710)	-2.226*** (0.674)	-2.408*** (0.622)	
dAR	0.379*** (0.0379)	0.273*** (0.0336)	0.265*** (0.0345)	0.266*** (0.0343)	0.221*** (0.0308)
dMean_premium		0.180*** (0.0299)	0.253*** (0.0482)	0.268*** (0.0669)	0.255*** (0.0686)
dEco_g			0.0211 (0.0175)	0.0321 (0.0304)	0.00155 (0.0285)
dEco_b			-0.0306** (0.0145)	-0.0309** (0.0145)	-0.0218 (0.0157)
dCPI				0.712 (1.291)	-2.140 (1.514)
Constant	-0.0412*** (0.00925)	-0.0216* (0.0110)	-0.00848 (0.0113)	-0.0141 (0.0121)	0.0248*** (0.00922)
R-squared	0.626	0.705	0.715	0.716	0.681
Observations	179	179	179	179	179
Maturity in months	[1;60]	[1;60]	[1;60]	[1;60]	[1;60]

Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Table 4.6: All models by maturities

In this table, we use a first difference approach to analyze the IPD forward rates. The sample goes from December 2006 to December 2010 at monthly frequency. For columns (1) to (20), the specifications and the maturity change. The full specification (column (4), (9), (14), (19)) is:

$$dK_{t,i} = C_0 + C_{rf} \times dRf_{t,i} + C_{AR} \times dAR_{t,i} + C_{MP} \times dMean\_Premium_t + C_{Eg} \times dEco\_g_t + C_{Eb} \times dEco\_b_t + C_{CPI} \times dCPI_t + \varepsilon_{t,i},$$

where  $C_{rf}$ ,  $C_{AR}$ ,  $C_{MP}$ ,  $C_{Eg}$ ,  $C_{Eb}$ , and  $C_{CPI}$  are the coefficients to estimate,  $C_0$  a constant term, and  $\varepsilon_{t,i}$  an error term. The letter  $d$  associated with each variable refers to its value in first difference.  $K_{t,i}$  is the forward rate at date  $t$  for the maturity  $t+i$  months (with  $i$  from one to 60), defined in Equation 4.7, and computed using the IPD swap quotes provided by *Iceberg Alternative Investment*.  $Rf_{t,i}$  is the risk free rate of maturity  $t+i$  months at date  $t$ ; it is approximated for the different maturities by the rates on the UK Government Liabilities provided by *Datastream*.  $AR_{t,i}$  is a forecast variable of the annualized IPD log return between the date  $t$  and  $t+i$  months; it is computed using an AR(1) process and the monthly UK IPD All Property Total Return index provided by *Investment Property Databank*. The *Mean\_Premium* variable corresponds to the average premium observed on the eight main REITs of the UK market; data relative to the balance sheets come from *SNL data* and the unadjusted prices from *Datastream*. The variables *Eco\_g* and *Eco\_b* are dummy variables representative of the economic context. *Eco\_g* is equal to one when the UK unemployment rate (seasonally adjusted and provided by *Datastream*) is below its first quintile and the UK economic growth (seasonally adjusted and provided by *Datastream*) is higher than its fourth quintile and zero otherwise. *Eco\_b* is equal to one when the UK unemployment rate is above its fourth quintile and the UK economic growth is lower than its first quintile and zero otherwise. Finally, *CPI*, the Consumer Price Index (excluding energy and seasonal food) is provided by *Datastream*.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk
dRf <sub>i</sub>	-3.657*** (0.898)	-1.543 (1.027)	-1.426 (0.977)	-1.214 (0.897)		-3.091*** (0.603)	-1.363** (0.611)	-1.134* (0.615)	-1.075* (0.566)	
dAR	0.413*** (0.0614)	0.254*** (0.0540)	0.225*** (0.0589)	0.221*** (0.0544)	0.192*** (0.0500)	0.360*** (0.0393)	0.212*** (0.0279)	0.181*** (0.0311)	0.180*** (0.0287)	0.150*** (0.0233)
dMean_premium		0.353*** (0.0561)	0.527*** (0.113)	0.512*** (0.143)	0.526*** (0.147)		0.226*** (0.0274)	0.308*** (0.0459)	0.305*** (0.0559)	0.310*** (0.0589)
dEco_g			0.0637* (0.0341)	0.0512 (0.0606)	0.0367 (0.0561)			0.0393*** (0.0124)	0.0368 (0.0237)	0.0274 (0.0229)
dEco_b			-0.0501 (0.0342)	-0.0496 (0.0354)	-0.0436 (0.0357)			-0.0122 (0.00937)	-0.0121 (0.00949)	-0.00831 (0.0109)
dCPI				-0.905 (3.142)	-2.808 (2.993)				-0.183 (1.355)	-1.506 (1.333)
Constant	-0.063*** (0.0168)	-0.0198 (0.0217)	0.00175 (0.0240)	0.00908 (0.0221)	0.0333** (0.0156)	-0.035*** (0.00852)	-0.00591 (0.00959)	-0.00109 (0.0106)	0.000499 (0.0124)	0.0187** (0.00826)
R-squared	0.657	0.773	0.792	0.793	0.787	0.742	0.896	0.907	0.907	0.900
Observations	71	71	71	71	71	72	72	72	72	72
Maturity in months	[1;24]	[1;24]	[1;24]	[1;24]	[1;24]	[12;36]	[12;36]	[12;36]	[12;36]	[12;36]

Robust standard errors in parentheses  
 \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1



**Table 4.6 :** (continued)

VARIABLES	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk	dk
dRf <sub>i</sub>	-3.175*** (0.467)	-1.577*** (0.429)	-1.254** (0.455)	-1.331*** (0.416)		-2.769*** (0.429)	-1.235*** (0.388)	-0.831* (0.424)	-0.986** (0.398)	
dAR	0.311*** (0.0250)	0.160*** (0.0257)	0.110*** (0.0280)	0.112*** (0.0268)	0.0703*** (0.0217)	0.246*** (0.0192)	0.0944*** (0.0240)	0.0289 (0.0272)	0.0315 (0.0264)	0.000167 (0.0209)
dMean_premium		0.157*** (0.0176)	0.239*** (0.0267)	0.243*** (0.0308)	0.242*** (0.0360)		0.127*** (0.0152)	0.210*** (0.0236)	0.217*** (0.0256)	0.213*** (0.0287)
dEco_g			0.0425*** (0.00728)	0.0451*** (0.0134)	0.0348** (0.0130)			0.0472*** (0.00590)	0.0519*** (0.0104)	0.0445*** (0.0104)
dEco_b			-0.00908 (0.00624)	-0.00925 (0.00592)	-0.00462 (0.00762)			-0.00572 (0.00606)	-0.00606 (0.00571)	-0.00282 (0.00656)
dCPI				0.180 (0.845)	-1.047 (0.793)				0.313 (0.782)	-0.442 (0.696)
Constant	-0.0309*** (0.00629)	-0.00930 (0.00585)	-0.00632 (0.00524)	-0.00797 (0.00756)	0.0103* (0.00589)	-0.0227*** (0.00524)	-0.00564 (0.00428)	-0.00517 (0.00384)	-0.00805 (0.00628)	0.00330 (0.00518)
R-squared	0.682	0.863	0.892	0.892	0.878	0.539	0.769	0.834	0.835	0.824
Observations	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Maturity in months	]24;48]	]24;48]	]24;48]	]24;48]	]24;48]	]36;60]	]36;60]	]36;60]	]36;60]	]36;60]

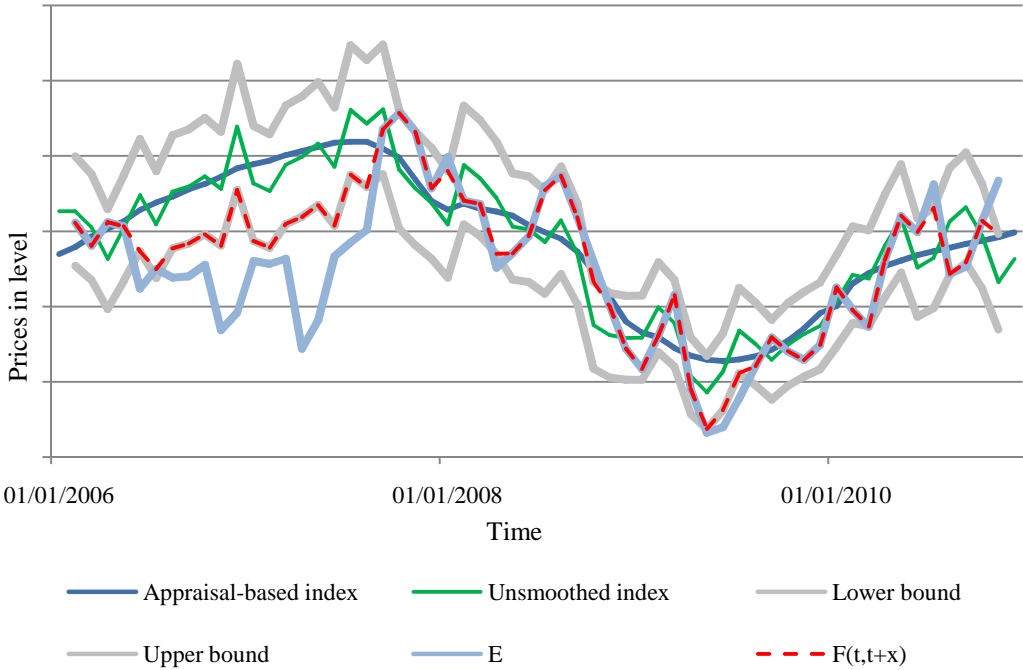
Robust standard errors in parentheses

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

## **LIST OF FIGURES**

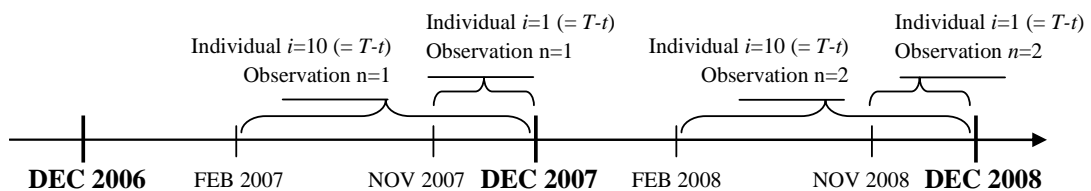
Figure 4.1: Theoretical forward price dynamic over time

This figure is a theoretical example of Equation 4.5 representative of the forward price dynamic. The forward price of maturity  $x$  months at date  $t$ ,  $F(t,t+x)$ , corresponds to the red dotted curve and follows the *market expectation* of the underlying index (the light blue curve) but remains within the *upper* and the *lower bound* (the grey lines). These bound are built around the *unsmoothed index* (the green curve) computed via the observed level of the *appraisal-based index* (the smooth blue curve) and result from market imperfections.



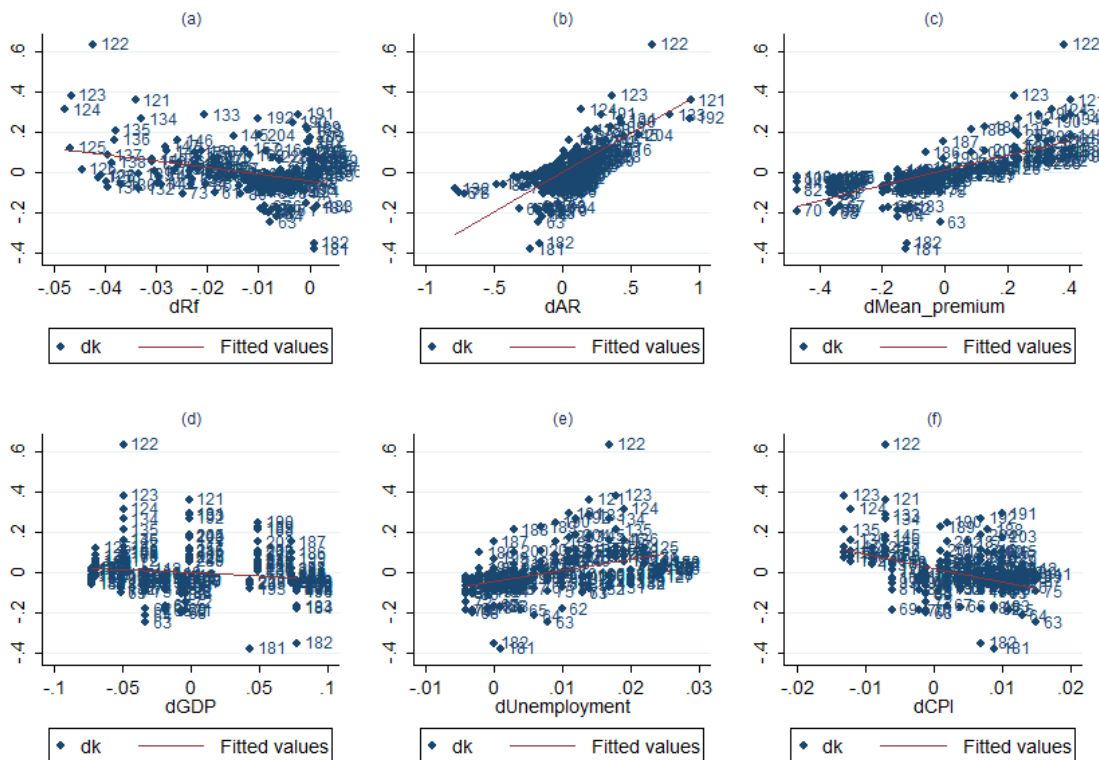
**Figure 4.2:** Structure of the database

This figure describes the structure of the panel dataset. We observe across time from December 2006 (*DEC 2006*) to December 2008 (*DEC 2008*) the *individual i* (with *i* equal to one and ten) corresponding to the forward of maturity *i*-months. The maturity is defined as the difference in number of months between the quotation date of the contract and its maturity. Every contract has a December maturity. Therefore, the first observation (*Observation n=1*) of the *individual i=10*, i.e., of the forward contract of maturity 10 months is in February 2007 (*FEB 2007*); the second in February 2008 (*FEB 2008*).



**Figure 4.3:** Scatter plots of the data

In this figure, we show the scatter plots of  $dk$ , the endogenous variable (the implied forward rates) in first difference, and each of the exogenous variables in first difference as well (except the dummy variables). This amount to represent the changes in the implied forward rates of maturity  $i$  months (with  $i$  equal to one to 60) with the changes in the exogenous on the same periods. The exogenous variables,  $Rf$ ,  $AR$ ,  $Mean\_Premium$ ,  $GDP$ ,  $Unemployment$ , and  $CPI$  refer in first difference to:  $dRf_i$ ,  $dAR$ ,  $dMean\_Premium$ ,  $dGDP$ ,  $dUnemployment$ , and  $dCPI$ .  $Rf$  corresponds to the risk free rate and is approximated by the rates on the UK Government Liabilities provided by *Datastream*. The  $AR$  variable is a forecast of the annualized IPD log return using an AR(1) process and the monthly UK IPD All Property Total Return index provided by *Investment Property Databank*. The  $Mean\_Premium$  variable corresponds to the average premium observed on the eight main REITs of the UK market; data relative to the balance sheets come from *SNL data* and the unadjusted prices from *Datastream*.  $CPI$ ,  $GDP$  and  $Unemployment$  are respectively the Consumer Price Index (excluding energy and seasonal food), the UK GDP growth rate (seasonally adjusted) and the UK unemployment rate (seasonally adjusted); they have been obtained from *Datastream*.



---

## CONCLUSION GÉNÉRALE

---

Ce travail de recherche a pour ambition de contribuer à l'étude des produits dérivés immobiliers. La littérature académique afférente étant relativement limitée en dépit de l'importance de ce sujet, il a semblé opportun de tenter de combler les lacunes en la matière. Afin de faciliter le processus de publication de nos résultats, nous avons opté pour un format en articles. Trois articles rédigés en anglais et complétés par un chapitre liminaire écrit en français ont ainsi été réalisés. Ce dernier nous est apparu important en raison du choix du sujet ; les dérivés immobiliers recouvrent des notions à la fois de finance de marché et d'immobilier, étroitement imbriquées. En présentant les pré-requis et en positionnant nos problématiques de recherche, nous avons souhaité rendre ces travaux accessibles aux acteurs de la finance mais également à ceux de l'immobilier.

Alors que l'immobilier constitue de loin la part la plus conséquente du patrimoine économique national, le marché des dérivés immobiliers peine à se développer. Sur ce point, des études académiques récentes ont montré que le manque de compréhension de leurs prix en est la principale raison. Ce travail doctoral a cherché à y remédier. Par la conduite d'études à la fois théoriques et empiriques, nous sommes parvenus à déterminer (1) leurs caractéristiques statistiques, (2) leurs facteurs de risque et aussi (3) à appréhender l'intérêt de ces produits en terme de fonction de découverte des prix. Les études empiriques réalisées ont été rendues possibles par le développement depuis 2004 du marché des dérivés au Royaume-Uni, aujourd'hui relativement mature. Cependant, s'agissant essentiellement d'un marché de gré à gré, il m'aurait été impossible de disposer des informations y étant relatives sans l'aide précieuse que m'a fournie le hedge fund Iceberg Alternative Investment. Grâce à la collaboration établie au début de ma thèse, j'ai pu bénéficier de leur base de données constituée du prix des dérivés immobiliers. Ceux-ci leur sont communiqués par les principales banques d'investissement et brokers londoniens.

Au sein du premier article, soit du Chapitre 2, nous avons mené une analyse théorique du prix des produits dérivés immobiliers ; en utilisant les résultats de Kazziha

(1999), Belgrade, Benhamou et Koehler (2004) et Mercurio (2005), nous avons ainsi défini la relation existant entre les swaps et les forwards sur indices immobiliers. Puis, après avoir considéré les conséquences de la convexité, une méthode numérique permettant d'obtenir le prix des forwards implicites à ceux des swaps a été introduite. En décomposant le prix des swaps en leurs sous-éléments, les forwards, nous en améliorons la compréhension. Au lieu de disposer d'un taux de swap fixe, identique pour chacune des maturités, les prix forwards permettent de disposer d'une information propre aux différents horizons temporels considérés ; l'information se trouve ainsi enrichie et simplifiée.

Les Chapitres 3 et 4 constituent à notre connaissance, les premières études empiriques du prix des swaps sur indices immobiliers. En utilisant les résultats établis au sein du Chapitre 2, nous avons déterminé la structure par terme de leurs taux forwards implicites et en avons analysé les caractéristiques statistiques ainsi que les principaux facteurs de risque. Par le biais d'un modèle de panel en différences premières, nous sommes parvenus à expliquer plus de 70% de la variabilité de la structure par terme des taux forwards sur l'indice immobilier UK IPD Total Return All Property. Les coefficients obtenus sont stables quel que soit le modèle ou le sous-échantillon considéré. Nous montrons par exemple que le taux sans risque a un impact négatif sur la structure par terme des taux forwards. Malgré ce qui apparaît à première vue comme contradictoire, nos résultats confirment les théories énoncées par Geltner et Fisher (2007) et Syz et Vanini (2011). Contrairement aux indices d'expertises, les prix forwards semblent refléter correctement l'information disponible et évitent les phénomènes bien connus de lissage et de tyrannie des valeurs passées. Par une analyse de la causalité au sens de Granger (1969), nous montrons que les fluctuations des prix forwards permettent d'anticiper l'évolution de l'indice IPD ; la relation inverse n'est pas vérifiée. La structure par terme des prix forwards est plus cohérente en termes de risque que leur sous-jacent sans avoir en contrepartie une mauvaise dynamique en ce qui concerne la rentabilité.

Les implications managériales de ces travaux sont nombreuses. Si les dérivés immobiliers permettent aux investisseurs d'exécuter des stratégies telles que la couverture et la vente à découvert, leurs risques étaient jusqu'à présent méconnus. Le travail de recherche réalisé au cours de cette thèse a permis, nous l'espérons du moins, d'y remédier en rendant compte de la dynamique de prix suivie par ces produits. Ceci

devrait faciliter leur utilisation mais également contribuer au développement de stratégies d'arbitrage des différents supports immobiliers. Par ailleurs, en raison de la capacité des dérivés immobiliers à révéler les anticipations sur les évolutions de prix futurs, un accroissement de leur volume sur les marchés organisés permettrait de diffuser plus largement cette information. Les fluctuations de la courbe des prix futures constitueraient alors un indicateur utile pour les praticiens à la recherche d'une information ne souffrant pas des limites relatives aux différents indicateurs traditionnels. Vendeurs et acheteurs pourraient collecter des informations non seulement sur le marché au comptant mais également sur le marché des dérivés immobiliers. Les produits dérivés immobiliers ont la possibilité de jouer un rôle important dans la détermination du prix de marché de l'actif sous-jacent en améliorant la transparence sur le niveau des prix présents.

En conclusion, l'étude des produits dérivés immobiliers ouvre de nombreuses autres perspectives de recherche. L'analyse des relations entre les différents supports immobiliers ainsi que la possibilité de les arbitrer par recours aux dérivés sur indices immobiliers n'a pour l'instant pas été abordée au sein de la littérature. Une confrontation de l'ensemble des méthodes de déliassage des indices immobiliers avec les dérivés nous paraît également pertinente. Si cela semble aujourd'hui encore un peu difficile en raison de la disponibilité des données et des volumes sur les marchés organisés, il serait à l'avenir intéressant de s'intéresser aux conséquences de l'introduction des dérivés immobiliers sur la volatilité de l'immobilier direct.





---

# BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

---

## A

Andrew, Mueller, et Mueller Glenn, 2003, Public and private real estate in a mixed-asset portfolio, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 9, 193-203.

## B

Baranzini, Andrea, Jose Ramirez, Caroline Schaerer, et Philippe Thalmann, 2008, *Hedonic Methods in Housing Markets: Pricing Environmental Amenities and Segregation* (Springer).

Barkham, Richard, et David Geltner, 1995, Price discovery in American and British property markets, *Real Estate Economics* 23, 21-44.

Baum, Andrew, 2009, *Commercial Real Estate Investment: A Strategic Approach* (Elsevier Science).

Belgrade, Nabyl, Eric Benhamou, et Etienne Koehler, 2004, A market model for inflation, *Working paper*.

Belgrade, Nabyl, et Eric Benhamou, 2004, Reconciling year on year and zero coupon inflation swap: a market model approach, *Working paper*.

Benjamin, John, Stacy Sirmans, et Emily Zietz, 2001, Returns and risk on real estate and other investments: more evidence, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 7, 183-214.

Bertus, Mark, Harris Hollans, et Steve Swidler, 2008, Hedging house price risk with CME futures contracts: the case of Las Vegas residential real estate, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 37, 265-279.

Björk, Tomas, et Eric Clapham, 2002, On the pricing of real estate index linked swaps, *Journal of Housing Economics* 11, 418-432.

Black, Fischer, et Myron Scholes, 1973, The pricing of options and corporate liabilities, *Journal of Political Economy* 81, 637-654.

Brigo, Damiano, et Fabio Mercurio, 2006, *Interest Rate Models: Theory and Practice : with Smile, Inflation, and Credit* (Springer).

Brooks, Chris, 2002, *Introductory Econometrics for Finance*. 1st éd. (Cambridge University Press).

Brorsen, Wade B., 1991, Futures trading, transaction costs, and stock market volatility, *Journal of Futures Markets* 11, 153–163.

Brown, Gerald R., et George A. Matysiak, 1998, Valuation smoothing without temporal aggregation, *Journal of Property Research* 15, 89-103.

Buttimer, Richard J., James B. Kau, et Carlos V. Slawson, 1997, A model for pricing securities dependent upon a real estate index, *Journal of Housing Economics* 6, 16-30.

## C

Case, Karl E., Robert J. Shiller, et Allan N. Weiss, 1993, Index- based futures and options markets in real estate, *The Journal of Portfolio Management* 19, 83-92.

Chamberlain, Trevor W., 1989, Maturity effects in futures markets: some evidence from the city of London, *Scottish Journal of Political Economy* 36, 90-95.

Chaudhry, Mukesh K., F. C. Neil Myer, et James R. Webb, 1999, Stationarity and cointegration in systems with real estate and financial assets, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 18, 339-349.

Chosh, Chinmoy, Mike Miles, et C.F. Sirmans, 1996, Are REITs stocks?, *Real Estate Finance* 13, 46-53.

Clayton, Jim, David Geltner, et Stanley W. Hamilton, 2001, Smoothing in commercial property valuations: evidence from individual appraisals, *Real Estate Economics* 29, 337-360.

Clayton, Jim, et Greg MacKinnon, 2001, The time-varying nature of the link between REIT, real estate and financial asset returns, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 7, 43-54.

Clayton, Jim, et Greg MacKinnon, 2003, The relative importance of stock, bond and real estate factors in explaining REIT returns, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 27, 39-60.

Clayton, Jim, Michael S. Giliberto, Jacques N. Gordon, Susan Hudson-Wilson, Frank J. Fabozzi, et Youguo Liang, 2009, Real estate's evolution as an asset class, *The Journal of Portfolio Management* 35, 10-22.

Cox, Charles C., 1976, Futures trading and market information, *Journal of Political Economy* 6, 1215-1237.

Crosby, Neil, et Patrick McAllister, 2004, Liquidity in commercial property markets: deconstructing the transaction process. Real Estate & Planning, Working paper, Henley Business School, Reading University.

## D

Drouhin, Pierre-Arnaud, et Arnaud Simon, 2011a, Stripping of real estate-indexed swaps and forward term structure: interest and computational method, *Working paper*.

Drouhin, Pierre-Arnaud, et Arnaud Simon, 2011b, Are property derivatives a leading indicator of the real estate market?, *Working paper*.

## E

Edelstein, Robert H., et Daniel C. Quan, 2006, How does appraisal smoothing bias real estate returns measurement?, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 32, 41-60.

Eichholtz, Piet M. A., Martin Hoesli, Bryan D. MacGregor, et Nanda Nanthakumaran, 1995, Real estate portfolio diversification by property type and region, *Journal of Property Finance* 6, 39-59.

## F

Fama, Eugene F., 1970, Efficient capital markets: a review of theory and empirical work, *The Journal of Finance* 25, 383-417.

Fama, Eugene F., et Kenneth R. French, 1993, Common risk factors in the returns on stocks and bonds, *Journal of Financial Economics* 33, 3-56.

Firstenberg, Paul M., Stephen A. Ross, et Randall C. Zisler, 1988, Real estate: the whole story, *The Journal of Portfolio Management* 14, 22-34.

Fisher, Jeffrey D., David Geltner, et R. Brian Webb, 1994, Value indices of commercial real estate: a comparison of index construction methods, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 9, 137-164.

Flavin, Marjorie, et Takashi Yamashita, 2002, Owner-occupied housing and the composition of the household portfolio, *American Economic Review* 92, 345-362.

Florida, Ping, et Stephen Roulac, 2007, Measuring the effectiveness of geographical diversification, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 13, 29-44.

## G

Garmaise, Mark J., et Tobias J. Moskowitz, 2002, Confronting information asymmetries: evidence from real estate markets. Working paper, National Bureau of Economic Research.

Gau, George W., et Ko Wang, 1990, A further examination of appraisal data and the potential bias in real estate return indexes, *Real Estate Economics* 18, 40-48.

Geltner, David, 1991, Smoothing in appraisal-based returns, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 4, 327-345.

Geltner, David, 1993, Temporal aggregation in real estate return indices, *Real Estate Economics* 21, 141-166.

Geltner, David, 1989, Estimating real estate's systematic risk from aggregate level appraisal-based returns, *Real Estate Economics* 17, 463-481.

Geltner, David, et Jeffrey D. Fisher, 2007, Pricing and index considerations in commercial real estate derivatives, *The Journal of Portfolio Management* 33, 99-118.

Giliberto, Michael, 1990, Equity real estate investment trusts and real estate returns, *Journal of Real Estate Research* 5, 259-263.

Glascock, John L., et Lu Chiuling, 2000, Further evidence on the integration of REIT, bond, and stock returns, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 20, 177-194.

Granger, C.W.J., 1969, Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods, *Econometrica: Journal of the Econometric Society* 3, 424-438.

## H

Han, Li-Ming, et Lalatendu Misra, 1990, The relationship between the volatilities of the S&P 500 index and futures contracts implicit in their call option prices, *Journal of Futures Markets* 10, 273-285.

Hansz, J. Andrew, et Julian Diaz III, 2001, Valuation bias in commercial appraisal: a transaction price feedback experiment, *Real Estate Economics* 29, 553-565.

Hartzell, David, John S. Hekman, et Mike E. Miles, 1987, Real estate returns and inflation, *Real Estate Economics* 15, 617-637.

Haupt, Heinz-Gerhard, 1993, *Histoire sociale de la France depuis 1789* (Editions MSH).

Heath, David, Robert Jarrow, et Andrew Morton, 1992, Bond pricing and the term structure of interest rates: a new methodology for contingent claims valuation, *Econometrica* 60, 77-105.

Hinkelmann, Christoph, et Steve Swidler, 2007, Trading house price risk with existing futures contracts, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 36, 37-52.

Ho, Thomas S. Y., et Sang-Bin Lee, 1986, Term structure movements and pricing interest rate contingent claims, *The Journal of Finance* 41, 1011-1029.

Hoesli, Martin, 2011, *Investissement immobilier: Décision et gestion du risque* (Economica).

Hoesli, Martin, Jon Lekander, et Witold Witkiewicz, 2004, International evidence on real estate as a portfolio diversifier, *Journal of Real Estate Research* 26, 161-206.

Hoesli, Martin, et Camilo Serrano, 2006, Securitized real estate and its link with financial assets and real estate: an international analysis, *SSRN eLibrary*.

Hung, Kathy, Zhan Onayev, et Charles Tu, 2008, Time-varying diversification effect of real estate in institutional portfolios: when alternative assets are considered, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 14, 241-262.

## I

Ibbotson, Roger G., et Laurence B. Siegel, 1984, Real estate returns: a comparison with other investments, *Real Estate Economics* 12, 219-242.

INSEE méthodes n°111, 2005, Les indices notaires INSEE de prix des logements anciens.

## K

Kawaller, Ira G., Paul D. Koch, et John E. Peterson, 2001, Volume and volatility surrounding quarterly redesignation of the lead S&P 500 futures contract, *Journal of Futures Markets* 21, 1119-1149.

Kazziha, Soraya, 2000, Interest rate models, inflation-based derivatives, trigger notes and cross-currency swaptions, (Imperial College of Science).

Kuhle, James, et Jaime Alvaay, 2000, The efficiency of equity REIT prices, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 6, 349-354.

## L

Lautier, Delphine, et Franck Raynaud, 2011, Statistical properties of derivatives: a journey in term structures, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 390, 2009-2019.

Lee, Ming-Long, Ming-Te Lee, et Kevin C. H. Chiang, 2007, Real estate risk exposure of equity real estate investment trusts, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 36, 165-181.

Lescure, Michel, 1982, *Les banques, l'État et le marché immobilier en France à l'époque contemporaine, 1820–1940* (École des hautes études en sciences sociales).

Ling, David C., et Andy Naranjo, 1999, The integration of commercial real estate markets and stock markets, *Real Estate Economics* 27, 483-515.

Lizieri, Colin, Gianluca Marcato, Paul Ogden, et Andrew Baum, 2010, Pricing inefficiencies in private real estate markets using total return swaps, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 45, 774-803.

## M

Mercurio, Fabio, 2005, Pricing inflation-indexed derivatives, *Quantitative Finance* 5, 289-302.

Morineau, Michel, 1985, *Pour une histoire économique vraie* (Presses Univ. Septentrion).

Mueller, Glenn, et Keith Pauley, 1995, The effect of interest-rate movements on real estate investment trusts, *Journal of Real Estate Research* 10, 319-325.

Mull, Stephen R., et Luc A. Soenen, 1997, U.S. REITs as an asset class in international investment portfolios, *Financial Analysts Journal* 53, 55-61.

Myron J. Gordon, et Eli Shapiro, 1956, Capital equipment analysis: the required rate of profit, *Management Science* 3, 102-110.

## N

Myer, Neil F.C., et James R. Webb, 1993, Return properties of equity REITs, common stocks, and commercial real estate: a comparison, *Journal of Real Estate Research* 8, 87-106.

## P

Park, Hun Y., et R. Stephen Sears, 1985, Estimating stock index futures volatility through the prices of their options, *Journal of Futures Markets* 5, 223-237.

Patel, Kanak, et Ricardo Pereira, 2007, Pricing property index linked swaps with counterparty default risk, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 36, 5-21.

Peng, Wei, 2006, Understanding inflation convexity, *Working paper*.

Portrait, Rémi, et Patrice Poncet, 2011, *Finance de marché 2012 : Instruments de base, produits dérivés, portefeuilles et risques*. 3e éd. (Daloz-Sirey).

## Q

Quan, Daniel C., et John M. Quigley, 1989, Inferring an investment return series for real estate from observations on sales, *Real Estate Economics* 17, 218-230.



Quan, Daniel C., et John M. Quigley, 1991, Price formation and the appraisal function in real estate markets, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 4, 127-146.

## S

Samuelson, Paul-Antony, 1965, Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly, *Industrial Management Review* 6, 41-49.

Sélaudoux, Jean-François, et Jean Rioufol, 2005, *Le Marché immobilier* (Presses Universitaires de France).

Serrano, Camilo, et Martin Hoesli, 2009, Global securitized real estate benchmarks and performance, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 15, 1-19.

Sherrick, Bruce J., Scott H. Irwin, et D. Lynn Forster, 1992, Option-based evidence of the nonstationarity of expected S&P 500 futures price distributions, *Journal of Futures Markets* 12, 275-290.

Simon, Arnaud, 2006, Une reformulation informationnelle de l'indice de ventes répétées : applications et conséquences pour la mesure du prix de marché de l'immobilier, (Université Paris-Dauphine).

Simon, Arnaud, et Richard Malle, 2009, *Introduction à la finance et à l'économie de l'immobilier* (Economica).

Simon, Yves, et Delphine Lautier, 2006, *Marchés Dérivés de Matières Premières* (Economica).

Stephen, Lee, et Stevenson Simon, 2005, The case for reits in the mixed-asset portfolio in the short and long run, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 11, 55-80.

Syz, Juerg M., 2008, *Property Derivatives: Pricing, Hedging and Applications* (John Wiley and Sons).

Syz, Juerg M., et Paolo Vanini, 2011, Arbitrage free price bounds for property derivatives, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 43, 281-298.

Syz, Juerg M., Paolo Vanini, et Marco Salvi, 2007, Property derivatives and index-linked mortgages, *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 36, 23-35.

**T**

Tsetsekos, George, et Panos Varangis, 2000, Lessons in structuring derivatives exchanges, *The World Bank Research Observer* 15, 85-98.

**W**

Wofford, Larry E., 1978, A simulation approach to the appraisal of income producing real estate, *Real Estate Economics* 6, 370-394.

**Y**

Yiu, C.Y., E.C.M Hui, et S.K. Wong, 2005, Lead-lag relationship between the real estate spot and forward contracts markets, *Journal of Real Estate Portfolio Management* 11, 253-262.



Vu: Le Président

Vu: Les Suffragants

M.....

MM.....

Vu et permis d'imprimer :

Le Vice-Président du Conseil Scientifique de la recherche de l'Université  
Paris-Dauphine





## RÉSUMÉ

Si l'immobilier est de loin la plus importante classe d'actifs de notre économie, elle est également l'une des dernières à ne pas disposer d'un marché de dérivés mature. Des études académiques récentes ont montré que le manque de compréhension de leurs prix en est la principale raison. Ce travail doctoral cherche à y remédier. Par la conduite d'études à la fois théoriques et empiriques, nous sommes parvenus à déterminer leurs caractéristiques statistiques, leurs facteurs de risque mais aussi à appréhender l'intérêt de ces produits en terme de fonction de découverte des prix. Si les dérivés immobiliers constituent un outil de paramétrisation du risque immobilier essentiel, ils offrent également la possibilité aux investisseurs comme aux pouvoirs publics de disposer d'informations qui ne seraient pas disponibles autrement.

**Mots clés :** produits dérivés immobiliers, structure par terme, indice sur valeurs d'expertises, efficience des marchés, fonction de découverte des prix.

## SUMMARY

Despite the fact that real estate is the largest asset class in our economy, it is one of the few that do not have a mature derivatives market. Recent academic studies have shown that the lack of understanding of real estate derivatives' prices is the main reason for the absence of a market. This dissertation aims to change this. By conducting theoretical and empirical studies we describe their statistical characteristics, their risk factors, and we highlight their importance in terms of price discovery function. Property derivatives are an essential tool for risk management, but they also offer for investors and regulators a source of information that would otherwise not be available.

**Keywords:** property derivatives, term structure, appraisal-based index, market efficiency, price discovery function.