Universität Zürich[UZH]

Thèse de Master

Pour l'obtention d'un

Master of Advanced Studies in Real Estate

Maximiser l'évaluation et la rentabilité d'un terrain à bâtir depuis sa phase de classement et pendant l'ensemble du cycle de développement immobilier. Une méthodologie d'options réelles avec accent porté sur le canton de Vaud

Wert- und Renditemaximierung für Grundstücke von der Einzonung über den gesamten Projektktenwicklungszylus. Eine Methodologie der Realoptionen mit Fokus auf dem Kanton Waadt

Auteur:

Bernard Belk

Leeacherstrasse 41

CH-8123 Ebmatingen

Tel.: +41 79 401 8023, E-Mail: bernard.belk@ggaweb.ch

Directeur de thèse:

Philippe Tanner, Docteur en droit, notaire, administrateur

Étude Malherbe Daniel et Tanner Philippe

Adresse : Rue Sainte-Claire 28, 1350 Orbe

Tel : +41 24 441 1171

Email : notaires@maltannot.ch

Avec le conseil scientifique de:

Prof. Dr. Marc Chesney, Ord. Professor für Quantitative Finance, Vice Director of Department of Banking and Finance

University of Zurich, Plattenstrasse 14, CH-8032 Zürich

Prof. Ulrich Prien, Partner, Head Real Estate, KPMG Schweiz

Remise le: 10 août 2012

Executive Summary

Liste des abréviations et acronymes IV
Executive Summary VIII
1 Introduction 1
1.1 Question centrale de la thèse 2
1.2 Objectifs et résultats espérés de la thèse 4
1.3 Méthodologie et base théorique 4
2 Données pratiques et risques tout au long du cycle de développement immobilier. 7
2.1 Introduction 7
2.1.1 Projets de développement immobiliers 8
2.1.2 Taille 9
2.1.3 Types 11
2.1.4 Stades de développement 11
2.2 Enquête 14
2.2.1 Méthodologie 14
2.2.2 Questionnaire 15
2.2.3 Résultats de l'enquête 20
2.3 Conclusions 25
3 Flux de trésorerie actualisés (DCF) et options réelles 26
3.1 Introduction 26
3.2 Flux de trésorerie actualisés (DCF) 27
3.2.1 Avantages 30
3.2.2 Désavantages 31
3.2.3 Application à l'évaluation des biens immobiliers 32
3.3 Options Réelles 33
3.3.1 Avantages 39
3.3.2 Désavantages 40
3.3.3 Applications à l'évaluation des biens immobiliers 41
4 Le modèle d'options réelles call pour l'évaluation du terrain à bâtir dans le canton de Vaud 42
4.1 Les données statistiques 42
4.2 Arbres Binomiaux 46
4.2.1 Quelques informations théoriques 46
4.2.2 Application à la évaluation du terrain à bâtir sur le Canton de Vaud 48

4.2.3 Résultats 48
4.3 Formule de Samuelson-McKean 52
4.3.1 Quelques informations théoriques 52
4.3.2 Application à l'évaluation du terrain à bâtir sur le Canton de Vaud 54
4.3.3 Résultats 54
4.4 Conclusions 56
5 Stratégies du propriétaire immobilier 57
5.1 Introduction 57
5.2 Droit d'emption et préemption avant l'adoption du plan partiel d'affectation 57
5.3 Vente dès l'adoption du plan partiel d'affectation 58
5.4 Participation financière dans le projet immobilier 58
6 Résumé, discussions et perspectives 60
A.1 : Figure synoptique des mesures d'aménagement 61
A.2 : Liste des personnes interrogées 62
Bibliograhie et références 64

Liste des abréviations et acronymes

ARE : Office fédéral du développement territorial

BSM : Formule d'évaluation d'option Black-Schole-Merton

Ch. : Chapitre

DCF : Discounted Cash Flow

EFH : Einfamilienhäuser = maisons individuelles

EG : Entreprise générale

ET : Entreprise totale

LAT : Loi sur l'aménagement du territoire

LATC : Loi sur l'aménagement du territoire et les constructions du 4 décembre 1985 du canton de Vaud

LDFR : Loi sur le droit foncier rural

MFH : Mehrfamilienhäuser = immeubles multifamiliaux

MS : Régions dites de mobilité spatiale

MWG : Mietwohnungen = logements en location

NPV : Net Present Value

ODFR : Ordonnance sur le droit foncier rural

OFS : Office fédéral de la statistique

OPM : Option Pricing Modell

PDcan: Plan directeur cantonal

PDcom: Plan directeur communal

PDL : Plan directeur localisé

PGA : Plan général d'affectation

PPA : Plan partiel d'affectation

PPE : Propriété par étage

PQ : Plan de quartier

PVA : Promesse de vente et d'achat

RLATC : Règlement d'application de la loi du 4 décembre 1985 sur l'aménagement du territoire et les constructions du canton de Vaud

RPG : Raumplannungsgesetz

SAT : Service d'aménagement du territoire

SDT : Service de développement territorial

STWE : Stockwerkeigentum = propriété par étage

TA : Tribunal administratif

Liste des figures

Figure 1 : D'un terrain agricole à une parcelle développée et construite, Glattpark Opfikon, Prof. Dr. Alain Thierstein, Professur für Raumentwicklung, TU München, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 1

Figure 2 : Responsabilités pour les mesures d'aménagement du territoire entre Confédération, cantons et communes, Dr. Christian Salewski, Institut für Städtebau, ETH Zürich, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 2

Figure 3 : Les instruments de planification les plus importants, Dozent Dr. Christian Salewski, Institut für Städtebau, ETH Zürich, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 2

Figure 4 : Added-value in real estate economics, Prof. Andreas Loepfe, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 2

Figure 5 : Processus de développement de projet, les étapes de création de valeur, Dr. Job von Nell, FINAP, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 3

Figure 6 : Optimisation de projet immobilier, adapté au modèle de François Dieu, Créateurs Immobiliers 4

Figure 7 : Le processus de développement de projet: Dr. Job von Nell, FINAP, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 7

Figure 8 : Les 106 régions MS de la Suisse, OFS 8

Figure 9 : L'univers immobilier suisse avec accent sur l'habitation, basé sur Patrick Schnorf, Wuest & Partner, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 9

Figure 10 : Les acteurs principaux du développement de projets, Dr. Job von Nell, FINAP, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 10

Figure 11 : Les étapes d'un dévelopement immobilier, Créateurs Immobiliers, François Dieu 11

Figure 12 : Situation de départ de tout projet immobilier, Dr. Job von Nell selon Bone-Winkel (1994), S. 44, in Anlehnung an Diederichs, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 12

Figure 13 : Le déroulement et timing d'une procédure d'affectation type PGA ou PPA, SAT ex SDT 14

Figure 14 : Chaîne de création de valeur et intervenants, Créateurs Immobiliers, François Dieu 21
Figure 15 : Méthodes d'évaluation des biens immobiliers, Prof. Dr. Pascal Gantenbein, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012..... 26
Figure 16: Méthodes d'estimation immobilière et leurs applications : Dr. Ronny Haase, Wüest & Partner AG, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 27
Figure 17 : La perte de valeur temporelle de l'argent..... 28
Figure 18 : Principe de base de la méthode DCF en 2 phases d'actualisation. Sur le modèle de Prof. Dr. Pascal Gantenbein, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 29
Figure 19 : Représentation résumée de la méthode DCF, Jan P. Eckert, Jones Lang LaSalle, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 30
Figure 20 : Effet inverse du taux d'actualisation dans la méthode DCF, Andreas Amman, Wüest & Partner AG, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 32
Figure 21: Valeur intrinsèque d'une option call 34
Figure 22 : Valeur intrinsèque d'une option put 35
Figure 23: Diagramme de profitabilité d'une option call 35
Figure 24: Diagramme de profitabilité d'une option put 36
Figure 25 : Formule de Black-Sholes pour l'évaluation d'une option européenne 37
Figure 26 : Impact des variations de chaque variable sur le prix des options 38
Figure 27 : Correspondance des 5 variables option financières – option réelles, Prof. Dr. Marc Chesney, Ord. Professor für Quantitative Finance, Vice Director of Department of Banking and Finance, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012 38
Figure 28 : Impact de la volatilité et du ratio valeur/coût d'un investissement sur la décision d'investissement 40
Figure 29 : Régions MS du canton de Vaud, types de biens immobilier et séries statistiques utilisées 43
Figure 30 : Indice de transaction régionale sur logement en propriété, volatilité relative régionale et volatilité moyenne 44
Figure 31 : Corrélations régionales sur l'indice de transaction logements en propriété 44
Figure 32: Ensemble des volatilités régionales pour chaque type d'immobilier 45

Figure 33 : Corrélations régionales sur les terrains à construire pour immeubles multifamiliaux 45
Figure 34: Corrélations entre types d'immobiliers dans la région MS de Morges..... 45
Figure 35 : volatilités régionales pour chaque type d'immobilier et part types d'immobilier pour chaque région MS 46
Figure 36 : Différence de valeur du terrain entre méthodes DCF et option réélle sur exemple simple, sur le modèle de Geltner David (2007) 47
Figure 37 : Rendement du cash-flow, gain en capital et rendement total de IPD /Wüest & Partner Switzerland Annual Property Index, Christian Felker, Wüest & Partner, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012, ... 48
Figure 38 : Exemple de résultat du modèle binomial avec données d'entrée (input) et la valeur de l'option correspondante (output) 49
Figure 39: Arbre binomial d'un projet immobilier dans le Canton de Vaud avec les valeurs stochastiques du projet construit et les périodes idéales pour l'exercice de l'option terrain à bâtir 49
Figure 40 : Répartitions des valeurs probables d'un projet tout au long des 12 ans..... 50
Figure 41 : Matrices d'options réelles, valeur du terrain à bâtir selon les variations des volatilités et du ratio entre les coûts de construction et la valeur du projet..... 51
Figure 42: Options réelles, valeur du terrain à bâtir selon les variations des volatilités et du ratio entre les coûts de construction et la valeur du projet 52
Figure 43 : Exemple de la matrice des données d'entrées (input values) et résultats (output values), Geltner (2007) 54
Figure 44 : Résultat de la formule de Samuelson-McKean qui transcrit l'option call du terrain à bàtir, Geltner (2007) adapté par l'auteur 55
Figure 45 : Comparaison valeurs du terrain selon les méthodes Samuelson-McKean et arbres binomiaux 56

Executive Summary

Le cycle du développement immobilier est soumis à de nombreux risques depuis l'acquisition du terrain jusqu'à la réalisation des zones d'habitations désirées. Pour un promoteur ou un investisseur, il est important d'acquérir, à un moment déterminé et opportun, le terrain sur lequel seront aménagés les constructions.

En terme économique, la valeur d'un terrain se définit comme la capacité fondamentale donnée par sa propriété au propriétaire et plus particulièrement comme le droit sans obligation de développer un projet immobilier. Ceci correspond à la définition d'une option call. Il est donc important d'avoir des outils d'évaluation performants aidant les propriétaires fonciers et investisseurs dans leurs négociations du bien immobilier.

Les divers entretiens avec des professionnels actifs sur l'ensemble de la chaîne de valeur immobilière ont permis de constater qu'actuellement les méthodes d'évaluation des terrains ainsi que le moment opportun pour la transaction sont souvent basés sur l'expérience du métier. Peu d'intervenants travaillent régulièrement avec les techniques d'actualisation des flux financiers (DCF) et aucun n'utilise les techniques financières d'options réelles. Ceci est dû à deux facteurs principaux. Premièrement, les options réelles sont perçues comme complexes. Deuxièmement, les personnes qualifiées dans ces techniques financières ne dirigent que rarement leur carrière dans le domaine immobilier mais préfèrent offrir leur savoir-faire au secteur financier. Nous tenterons de démontrer par ce travail que deux méthodes d'options réelles sont particulièrement adaptées à l'évaluation de terrains sis en zone à bâtir ou en phase d'être classés. La première est celle des arbres binomiaux et la seconde la formule de Samuelson-McKean. Les deux méthodes peuvent être facilement modélisées sur des tableurs conventionnels, tel Excel.

Les résultats comparatifs entre les deux méthodes pour l'évaluation de zones à bâtir dans le canton de Vaud sont très similaires pour des volatilités des prix de l'actif sous-jacent - le bien immobilier construit - variant de 10% à 25%. Ceci démontre que ces méthodes ont une réelle application pratique favorisant une négociation transparente entre vendeur et investisseur. Le monde scientifique doit démystifier ces méthodes et les rendre accessibles aux praticiens. Il est vrai que la lecture des contributions scientifiques sur les options réelles pour l'estimation des terrains découragerait rapidement une personne n'ayant aucune connaissance avancée en mathématiques. Ce travail traite d'une manière simple de l'application de ces techniques au canton de Vaud.

1 Introduction

Figure 1 : D'un terrain agricole à une parcelle développée et construite, Glattpark Opfikon, Prof. Dr. Alain Thierstein,Professur für Raumentwicklung, TU München, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

D'importants débats ont lieu actuellement, à l'échelon fédéral avec la révision de la loi sur l'aménagement du territoire (LAT), mais également au niveau cantonal, afin de trouver des solutions idoines pour la mise en œuvre de mesures d'aménagement du territoire. Selon l'art 1 de la LAT[1], la Confédération, les cantons et les communes veillent à assurer une utilisation mesurée du sol. Ils coordonnent leurs activités qui ont des effets sur l'organisation du territoire et ils s'emploient à réaliser une occupation du territoire propre à garantir un développement harmonieux de l'ensemble du pays. Dans l'accomplissement de leurs tâches, ils tiennent compte des données naturelles, des besoins de la population ainsi que de l'économie. Le développement d'un projet immobilier est donc soumis aux réglementations fédérales, cantonales et communales. De nombreux risques peuvent intervenir tout au long du cycle de développement d'un projet.

En Suisse, il existe une LAT, 26 LATC[2] et plus de 2700 réglementation de police des constructions communales[3]. Les instruments de planification sont les plans sectoriels au niveau fédéral, les plans directeurs au niveau cantonal et communal, ainsi que les plans d'affectation au niveau communal[4].

[1] Bovay, B. (2010), Bianchi, M. (1990)
[2] Dans la suite du texte, LATC se réfère uniquement à Loi sur l'aménagement du territoire et les constructions du canton de Vaud.
[3] cf. Figure 2
[4] cf. Figure 3

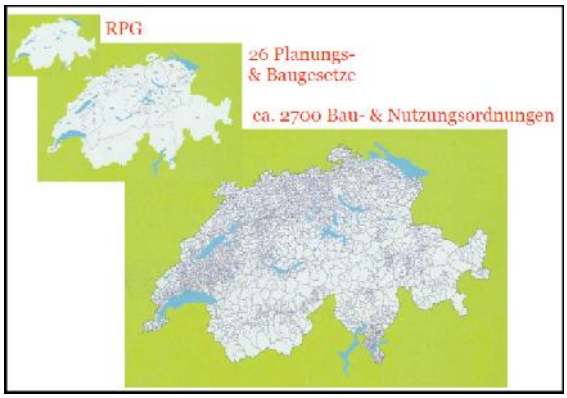


Figure 2 : Responsabilités pour les mesures d'aménagement du territoire entre Confédération, cantons et communes, Dr. Christian Salewski, Institut für Städtebau, ETH Zürich, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

Le canton de Vaud offre des possibilités intéressantes de développement immobilier afin de désengorger l'arc lémanique[5]. Dans le souci de respecter la spécificité du canton de Vaud, ce travail se concentrera principalement sur celui-ci, hormis quelques références à d'autres cantons.

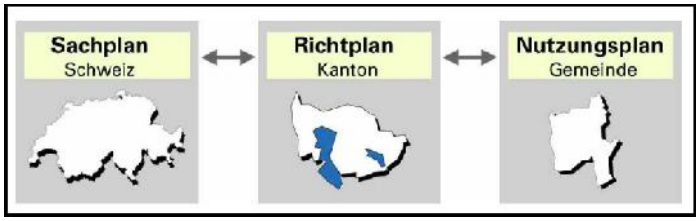


Figure 3 : Les instruments de planification les plus importants, Dozent Dr. Christian Salewski, Institut für Städtebau, ETH Zürich, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

1.1 Question centrale de la thèse

La valeur nominale d'un terrain sis en zone agricole augmente substantiellement[6] dès le moment où il a été construit et qu'il est classé en zone à bâtir[7].

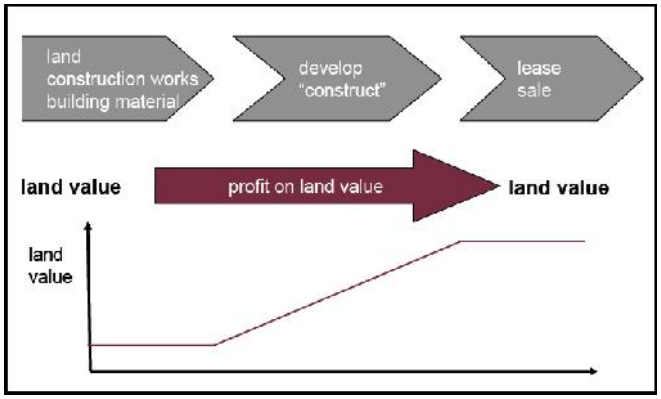


Figure 4 : Added-value in real estate economics, Prof. Andreas Loepfe, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

[5] BCV (2007)
[6] cf. Figure 4
[7] Dans la littérature, il y souvent une confusion entre les termes classement, déclassement, zonage et dézonage. Selon l'auteur et/ou le canton, ces termes peuvent avoir la même ou une signification opposées. Dans le cadre de cette thèse, un classement signifie la légalisation en zone à bâtir d'un terrain non-constructible selon la LAT 15

Un propriétaire de terrain non constructible (agricole ou autre) en phase de classement a la possibilité de promettre son terrain à la vente en accordant un droit d'emption ou préemption, mais il peut également attendre que celui-ci devienne constructible pour le vendre.

Le propriétaire peut également participer à l'augmentation de la valeur de son terrain tout au long du processus de développement soit en tant que co-investisseur ou en dirigeant l'ensemble du processus de développement. Dans ce cas, la valeur du terrain correspondra aux fonds propres et il recherchera alors des ressources financières extérieures pour la réalisation de son projet.

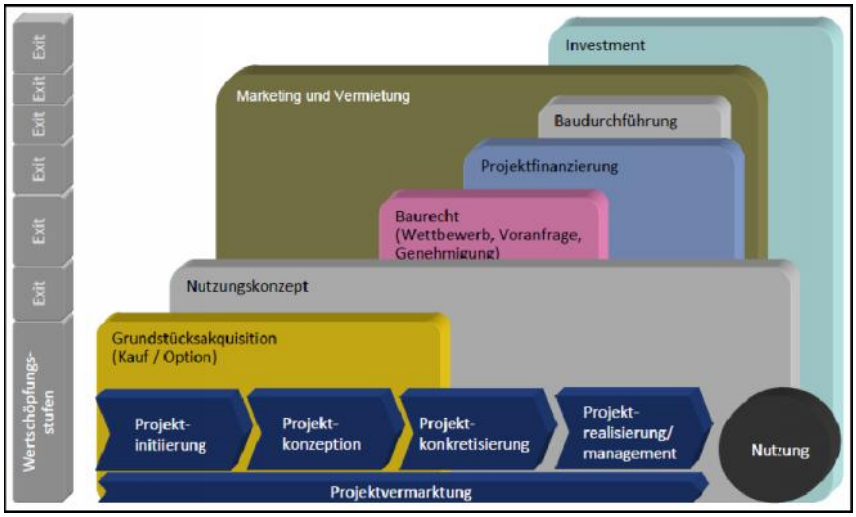


Figure 5 : Processus de développement de projet, les étapes de création de valeur, Dr. Job von Nell, FINAP, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

La figure 5 indique sur l'axe de l'ordonnée les étapes de valeur ajoutée dans le cycle immobilier et partant les possibilités de réalisation ou de sortie d'un propriétaire, le corollaire étant l'entrée d'un investisseur. Un accent significatif sera porté sur les mesures d'aménagement, lesquelles ont un impact extrêmement important dans les phases initiales du projet (Projektinitierung), dans la conception du projet (Projektkonzeption) et dans la concrétisation du projet (Projektkonkretisieurung). Durant ces trois phases, l'acquisition et la réservation foncière, le concept d'utilisation du sol, la légalisation du sol et l'obtention des autorisations de construire sont les éléments centraux de la génération de valeur du projet.

L'axe principal consiste à développer des modèles et méthodologies permettant de calculer la rentabilité maximale d'un terrain destiné à la construction. Pour cela, il faut prendre en considération les risques tout au long du cycle de développement immobilier, en insistant particulièrement sur les risques liés aux mesures d'aménagement et à l'obtention des droits de construire.

En effet, en règle générale, la valeur nominale du terrain évoluera positivement tout au long du cycle de développement. Il est moins évident de comprendre l'évolution du prix du terrain ajusté au risque et au temps nécessaire pour atteindre cette valeur maximale.

1.2 Objectifs et résultats espérés de la thèse

L'étude donnera un outil aux propriétaires fonciers afin qu'ils puissent décider d'une manière optimale jusqu'à quel stade de développement d'un projet ils doivent rester propriétaires de leurs immeubles fonciers afin de maximiser la rentabilité ajustée au risque.

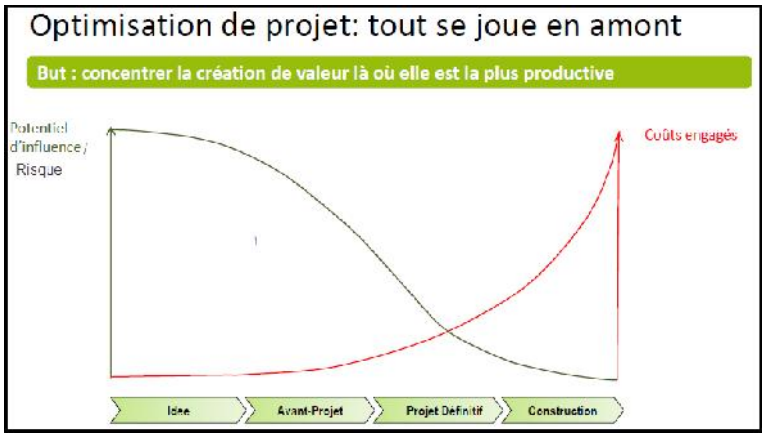


Figure 6 : Optimisation de projet immobilier, adapté au modèle de François Dieu, Créateurs Immobiliers

Pour la plus grande partie des auteurs consultés, le potentiel d'influence et les coûts engagés durant le cycle de développement sont confirmés, ainsi que le montre la figure 6, mais les risques sont très rarement mentionnés. Le risque est un élément clé pour quantifier la rentabilité ou la valeur ajoutée du cycle de développement. Il est ramené à une unité de risque équivalente.

1.3 Méthodologie et base théorique

En terme économique, la valeur d'un terrain se définit comme la capacité fondamentale donnée par sa propriété au propriétaire et plus particulièrement comme le droit sans obligation de développer un projet immobilier[8]. Ceci correspond à la définition d'une option call.

Sur la base d'entretiens avec des professionnels, mais également de recherches théoriques, des techniques financières d'options réelles seront appliquées pour calculer le prix du terrain dégageant la meilleure rentabilité à risque équivalent. Ces outils aideront le propriétaire foncier dans son processus de décision. A quel moment du cycle de

[8] Geltner, D. M. / Miller, N. G. (2007), Moel A. / Tufano, P. (1998), Ooi, J. T. L. (2004), Titman, S. (1985), Turnbull G. K. (2005), Turnbull, G.K. (2004), Williams, J. T. (1997), Williams, J. T. (1991)

développement du projet immobilier doit-il vendre son (ses) actif(s), ou, à l'inverse, ne pas les vendre et encaisser les flux financiers durant le cycle de vie du parc immobilier ? Comme l'étude portera sur des modèles d'estimation de valeur prenant en considération les risques, il est important de comprendre le *« sharp ratio »*[9] ramenant toute décision à une unité de risque égale.

$$S = \frac{R-r}{\sigma} \qquad (1)$$

S : Ratio de Sharp

R : Rendement d'un projet immobilier avec risque

r : Rendement d'un actif sans risque. En général une obligation d'Etat avec une notation de AAA

σ : Ecart-type représentant la volatilité de rendement

Si l'on applique la formule 1, il devient évident qu'un projet immobilier A avec rendement de 16% par année, un rendement sans risque de 2% et une volatilité de 10% est un investissement moins performant à celui d'un projet immobilier B avec un rendement de 10%, un rendement sans risque identique, mais une volatilité de 5%. Dans cette hypothèse, le projet A a en effet un S de 1.4% alors que le projet B a un S de 1.6%.

Il convient de prendre en considération les délais et risques considérables depuis le moment où un plan directeur communal (PDcom) est accepté par le conseil communal et l'autorité cantonale jusqu'au moment où des terrains potentiellement destinés à la construction selon le PDcom sont légalisés en zone à bâtir et construits. Il est ainsi primordial d'analyser les cinq variables nécessaires à l'évaluation d'options réelles.

La théorie des options réelles, et plus particulièrement la théorie des arbres binomiaux ainsi que la formule de Samuelson-McKean, sont de prime abord plus adaptés à ce genre de situation que la théorie des flux actualisés de trésoreries (DCF). Dans un premier temps, les deux techniques théoriques que sont le DCF et les options réelles seront analysées. Cette dernière méthode sera subdivisée en deux catégories : les arbres binomiaux et la formule classique de Samuelson-McKean. Ensuite, l'analyse portera sur les méthodes les plus adéquates appliquées dans le cadre de ce travail au canton de Vaud.

[9] cf. Formule 1: Le ratio de Sharp mesure l'écart de rentabilité d'un actif par rapport au taux de rendement d'un actif sans risque, divisé par un indicateur de risque, l'écart type de la rentabilité de cet actif, communément dénommé volatilité.

Ce travail comprend six chapitres. Le chapitre 2 décrit le cycle de développement avec les spécificités vaudoises en matière d'aménagement du territoire, complété par les résultats de plus de quinze entretiens réalisés avec des professionnels de la branche. Le chapitre 3 contient une approche théorique des techniques d'évaluations financières telles que le DCF et la théorie des options réelles. Le chapitre 4 traite de la question centrale de ce travail ; il modélise les options réelles afin d'évaluer les terrains à bâtir au moyen de la méthode des arbres binomiaux et de la formule de Samuelson-McKean. Des analyses statistiques et des calculs de volatilité sont effectués sur les différentes régions MS du canton de Vaud. Le chapitre 5 renferme quelques éléments de réflexion stratégique concernant la mise en valeur pour un propriétaire foncier de ses parcelles à bâtir. Le chapitre 6 conclut cette thèse par un résumé et une mise en perspective.

2 Données pratiques et risques tout au long du cycle de développement immobilier

2.1 Introduction

Comme mentionné en introduction, l'étude se concentre sur le canton de Vaud ; bien qu'il soit difficile de faire un classement stricte quant à la grandeur des projets devant faire l'objet de la thèse, l'analyse se concentre sur des projets de taille importante. La raison principale est une meilleure homogénéité des risques, particulièrement en ce qui concerne les mesures d'aménagements, comme l'obtention des droits à bâtir et du permis de construire. Le but n'est pas de prouver cette hypothèse mais il est raisonnable de penser que pour des projets importants, concernant des terrains d'une surface supérieure à 10'000 m^2, les équipes de développement et de pilotage de projets deviennent plus professionnels et appliquent des méthodes et processus de gestion de projets plus standardisés, ce qui diminue les risques d'échec surtout dans les phases situées en amont du projet, telles que l'élaboration de la stratégie du projet, de son idée, de l'avant-projet et de sa conception[10]. Cette hypothèse a été soutenue par les professionnels qui ont participés à l'enquête décrite dans le chapitre 2.2.

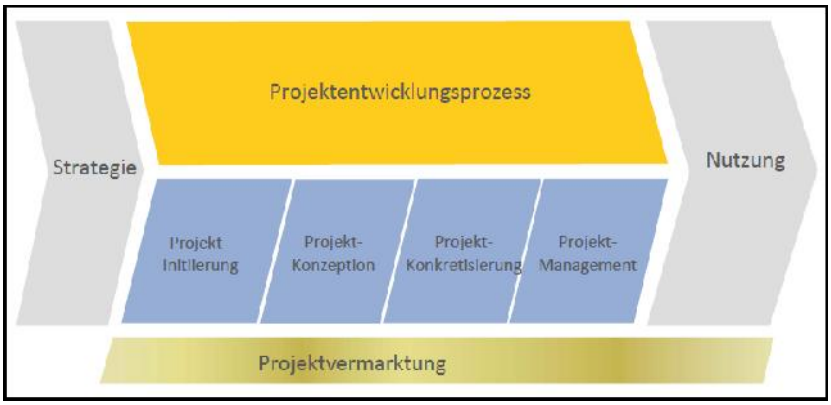


Figure 7 : Le processus de développement de projet: Dr. Job von Nell, FINAP, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

Afin de travailler sur des données consistantes et des séries statistiques assez longues, ce travail portera sur des données territoriales de type « régions MS »[11], comme défini par l'office fédéral de la statistique (OFS). Ces typologies spatiales ont pour but de regrouper des unités géographiques apparentées sur le plan structurel. Elles sont fondées sur des critères d'homogénéité et déterminent de ce fait inévitablement des ensembles n'ayant pas de lien de continuité territoriale. Les typologies peuvent être construites à partir de critères fort différents ; chaque problématique exigerait en soi sa pro-

[10] cf. Figure 7
[11] Région MS signifie régions dites de mobilité spatiale.

pre classification. L'approche typologique est utilisée comme système explicatif des phénomènes spatiaux. Elle sert également à l'échantillonnage d'enquêtes.

Le canton de Vaud[12], signalé par un cercle rouge sur la figure 8, compte 10 régions MS : 84-Lausanne, 85-Morges, 86-Nyon, 87-Vevey, 88-Aigle, 89-Pays d'Enhaut, 90-Gros-de-Vaud, 91-Yverdon, 92-La Vallée, 93-La Broye. La majorité des données statistiques utilisées proviennent de Wüest & Partner, qui dispose des données de prix trimestrielles ou annuelles depuis 2005 pour les logements en location, en propriété, ainsi que les maisons individuelles. Les deux indices de transaction sont disponibles depuis 1985 pour maisons individuelles et logements en propriété. Seuls les quantiles de 50%[13] seront retenus pour l'analyse.

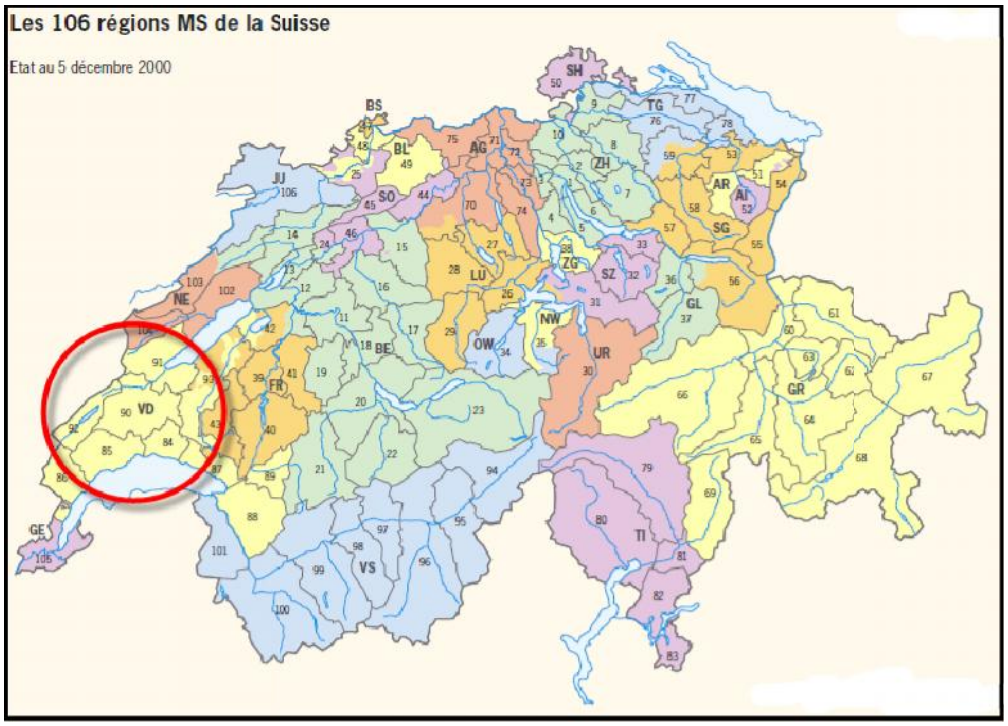


Figure 8 : Les 106 régions MS de la Suisse, OFS

2.1.1 Projets de développement immobiliers

Le présent travail porte uniquement sur le marché de l'habitation, tel que signalé par un cercle rouge sur la figure 9, soit la maison individuelle, le logement en location, en propriété mais également les terrains à bâtir.

---

[12] cf. Figure 8

[13] Les quantiles sont des indicateurs de diffusion fournissant une répartition statistique en parts égales. Le quantile des 50% correspond à la médiane et forme par exemple dans le cas d'une répartition des prix la frontière entre les segments cher et avantageux de l'offre. De même, le quantile des 10% sépare les 10% les plus avantageux du reste de l'offre, alors que celui des 90% distingue les 10% les plus chers du reste de l'offre. Les prix de transaction désignent les prix réels auxquels les biens immobiliers s'échangent sur le marché libre. Ils sont présentés uniquement pour les régions où au moins dix transactions par an sont enregistrées

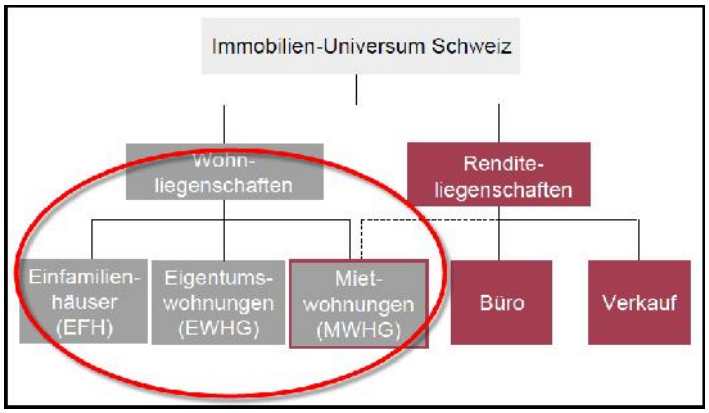


Figure 9 : L'univers immobilier suisse avec accent sur l'habitation, basé sur Patrick Schnorf, Wuest & Partner, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

Le modèle et la méthodologie de cette thèse peuvent certainement être appliqués aux zones artisanales, industrielles et commerciales. Cependant, comme les volatilités de ces marchés et leurs caractéristiques sont différentes, l'ensemble des calculs financiers doit être effectué de manière séparée. Faute de temps, ces trois secteurs ne seront donc pas analysés.

2.1.2 Taille

Bien que chaque projet soit différent, il apparaît, selon les praticiens, possible et plus facile de répliquer les bonnes pratiques de développement sur des projets d'une certaine taille.

Un grand nombre d'intervenants prend part au processus de développement d'un projet immobilier. Comme le montre la figure 10, plus de vingt intervenants influencent régulièrement un projet de développement immobilier. Dans ce contexte, la coordination par un promoteur ou développeur professionnel peut diminuer les délais ainsi que les risques dans le processus. Pour l'ensemble de la thèse, nous partons ainsi du principe que les projets d'une certaine taille sont gérés d'une manière optimale afin d'éliminer les « grandes » mauvaises surprises.

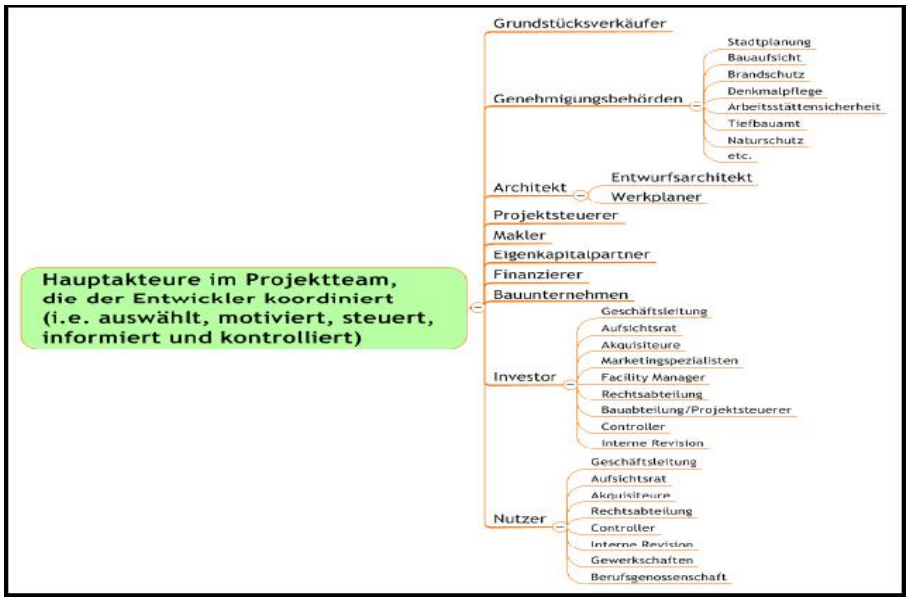


Figure 10 : Les acteurs principaux du développement de projets, Dr. Job von Nell, FINAP, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

Le développement de projets immobiliers est une activité dynamique et interdisciplinaire que Schulte et Bone-Winkel[14] décrivent comme : *„das interdisziplinäre Management von planungs-und baubezogenen Wertschöpfungsprozessen im Lebenszyklus der Immobilie. Dazu gehören die Bausteine Akquisition, Nutzungskonzeption und Machbarkeitsanalyse, Baurechtschaffung, Eigen-und Fremdkapitalbeschaffung, Marketing und Vermietung, Projektmanagement sowie die Verwertung der Immobilie."*

Cette définition met bien en évidence chaque étape du développement ajoutant de la valeur au bien. En l'espèce, les étapes ajoutant de la valeur au prix du bien immobilier depuis son acquisition sont l'élaboration d'un concept d'utilisation, l'analyse de marché, les mesures d'aménagement aboutissant à sa légalisation en zone à bâtir et à l'octroi des permis de construire, le financement du projet et sa mise sur le marché.

Si le processus illustré par la figure 11 est effectivement suivi à la lettre lors de l'élaboration d'un projet de développement, son aboutissement aura davantage de chance de se réaliser. Lorsqu'un projet concernant plusieurs dizaines de milliers de m^2 de terrain est mis en œuvre, on doit aussi partir du principe qu'une étude préliminaire aura été élaborée de concert avec la grande partie des intervenants, soit la municipalité, le conseil communal, l'urbaniste, les architectes, les ingénieurs de la mobilité douce, le service de développement territorial (SDT). Cette concertation initiale limite les risques d'un avancement chaotique. Un tel projet sera ainsi plus prédictible qu'un projet de moindre importance, pour lequel certains détails risquent d'être négligés, mais peuvent

[14] Schulte, K.-W. / Bone-Winkel, S. (2002)

néanmoins avoir des conséquences fâcheuses sur l'aboutissement du projet, que ce soit au stade de la légalisation et du classement en zone à bâtir, à celui de l'obtention du permis de construire, ou lors de la commercialisation des surfaces habitables. Les discussions qui ont eu lieu lors de l'enquête ont porté principalement sur des zones de plus de 10'000 m^2 de terrain.

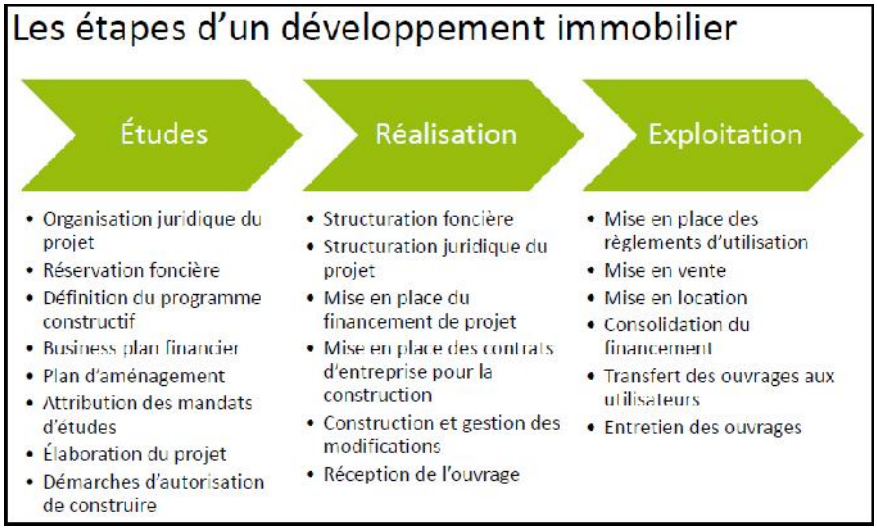


Figure 11 : Les étapes d'un développement immobilier, Créateurs Immobiliers, François Dieu

2.1.3 Types

Comme mentionné en introduction, la thèse porte sur l'habitation, dès le classement en zone à bâtir jusqu'à la construction des immeubles.

2.1.4 Stades de développement

Du fait que la question centrale de ce travail est l'analyse de la rentabilité maximale du terrain, l'étude examine implicitement, par le biais des options réelles, l'ensemble du cycle de développement immobilier.

Avant la mise en œuvre d'un projet immobilier, on retrouve la quadrature du cercle symbolisée par « l'utilisation-localisation-temps-capital »[15] décrite dans la figure 12. Dans notre analyse, le PDcom fixe les conditions cadres de l'utilisation ainsi que la taille approximative du projet, mais surtout sa localisation. L'utilisation ainsi que l'idée du projet sont ensuite affinées lors de l'élaboration du ou des plans partiels d'affectation (PPA) ou des autres plans d'affectation. Dans tous les cas, un ou des investisseurs sont, à un moment ou un autre, recherchés ou chercheront à entrer dans le projet afin de pouvoir concrétiser l'utilisation prévue sous des contraintes de temps bien définies. Selon les stratégies de l'investisseur, celui-ci acquerra les terrains immédiatement après le

[15] cf. Bonne-Winkel, p. 41, suivantes

classement en zone à bâtir ou optera pour un droit d'emption ou de préemption selon des critères fixés dans l'acte d'acquisition.

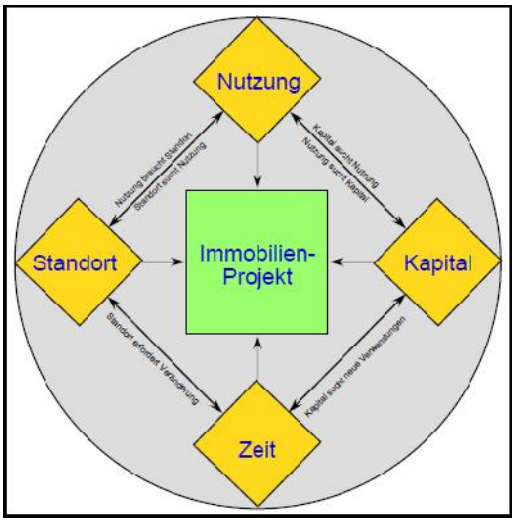


Figure 12 : Situation de départ de tout projet immobilier, Dr. Job von Nell selon Bone-Winkel (1994), S. 44, in Anlehnung an Diederichs, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

Selon les dispositions de l'article 63 de la LDFR[16], l'acquisition d'une entreprise ou d'un immeuble agricole est refusée lorsque a) l'acquéreur n'est pas exploitant à titre personnel, b) le prix convenu est surfait, ou c) l'immeuble à acquérir est situé en dehors du rayon d'exploitation de l'entreprise de l'acquéreur, usuellement hors de la localité.

Le motif ressortant de la lettre b) ci-dessus signifie qu'une parcelle agricole ne sera pas vendue à un investisseur avant qu'un PPA ne classe cette parcelle. En effet, aucun propriétaire foncier ne vendra sa parcelle au prix du terrain agricole[17], sachant que celle-ci est en phase de classement en zone à bâtir. La solution consiste, entre un propriétaire d'immeubles agricoles et un investisseur potentiel, à signer une promesse de vente et d'achat (PVA) ou un contrat de vente à terme assortis d'un droit d'emption ou de préemption[18]. Ce droit d'emption ou de préemption peut être annoté au registre foncier, et peut être exercé à l'entrée en force du PPA, après l'approbation de ce plan par l'autorité cantonale compétente, sous forme de décision définitive et exécutoire, non susceptible de recours.

Pour les calculs relatifs aux options réelles qui seront développées au chapitre 4 ci-après, l'évaluation des risques liés à chaque étape de développement est nécessaire ;

[16] cf. Bandli Christoph, Henny Jean-Michel, pp. 599, ss
[17] Le prix du terrain agricole en Suisse se situe entre 3.-- et 8.-- le mètre carré
[18] Emery, C. (2005)

de même, les probabilités de passer d'une étape à une autre constituent un élément crucial. Il convient maintenant de spécifier et de définir ces différentes étapes.

Le Pdcom est la pierre angulaire de toute mesure d'aménagement. Le PDcom détermine les objectifs d'aménagement de la commune. Il tient compte des options cantonales et régionales de développement[19]. Il faut cependant savoir que le PDcom n'a pas de force contraignante. Il s'agit d'un plan d'intention servant de référence et d'instrument de travail pour les autorités communales. Bien que l'absence de PDcom ne constitue pas en soi un obstacle à l'adoption ou à la modification des plans d'affectation communaux, il paraît peu probable qu'une commune vienne à classer de nouvelles zones à bâtir importantes sans avoir un PDcom fixant les lignes directrices de ces nouvelles zones. C'est l'hypothèse que nous considèrerons dans le cadre de cette thèse.

Les plans d'affectation sont en général élaborés sur la base des plans directeurs et tiennent compte du développement souhaité. Ils fixent les mesures adéquates pour atteindre les objectifs d'aménagement recherchés[20]. Dans les plans d'affectation, nous distinguons dans l'ordre croissant de détails : le plan général d'affectation (PGA), le plan partiel d'affectation (PPA), et le plan de quartier (PQ). Les trois peuvent indépendamment légaliser et classer de nouvelles zones à bâtir[21]. Il est cependant rare que pour de grandes zones à bâtir, l'on passe directement à un PQ sans passer par un PPA. Pour de petites parcelles, il est également monnaie courante de recourir à un PPA en lieu et place du PQ directement. Les délais mentionnés à la figure 13 devraient représenter le maximum à attendre, mais représentent plutôt en règle générale le minimum à compter. Pour un PPA élaboré, le minimum à compter est de quinze mois depuis sa mise en consultation préalable auprès du SDT cantonal jusqu'à son adoption et mise en œuvre, à la condition qu'il n'y ait pas de recours.

Le permis de construire est l'aboutissement des étapes mentionnées précédemment et donne au propriétaire du terrain, comme son nom l'indique, le droit d'exécuter les travaux de construction ou de démolition.[22]

---

[19] cf. LATC 35
[20] cf. RLATC 11 al. 1
[21] cf. LATC 44 al. 1 litt. a, b, c, d
[22] cf. également la figure synoptique des mesures d'aménagement, SAT maintenant renommé SDT en Annexe A.1

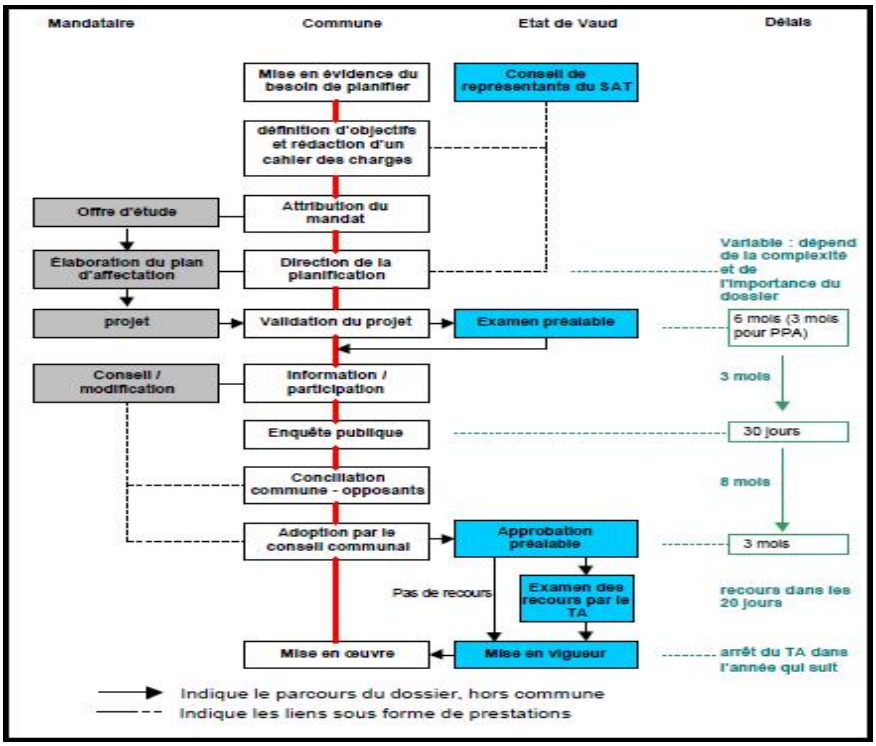


Figure 13 : Le déroulement dans le temps d'une procédure d'affectation type PGA ou PPA, SAT ex SDT

2.2 Enquête

Durant les mois de mai et de juin 2012, 18 professionnels de la branche de l'immobilier ont été interrogés[23]. Comme on peut le remarquer à la lecture de la liste des quinze entreprises interrogées, l'ensemble de la chaîne de valeur a été entendu des propriétaires, investisseurs, entreprises générales, jusqu'aux collectivités publiques, en passant par les urbanistes, promoteurs, consultants, chercheurs, régies, et cabinets de droit.

Le but de l'enquête était d'identifier les risques tout au long du cycle de développement de projets immobiliers en accumulant des données quantitatives pouvant également servir dans le développement du modèle d'options réelles, mais surtout la collecte de données qualitatives afin d'obtenir une meilleure sensibilité du métier de promoteur[24] immobilier.

Tous les intervenants sont actifs en Romandie et dans le canton de Vaud ; quelques acteurs agissant au niveau national. Un intervenant, RUAG Real Estate AG, n'est pas actif dans le segment de l'habitation puisqu'il développe principalement des sites industriels.

2.2.1 Méthodologie

Sur les dix-sept entités contactées, quinze ont répondu positivement. Les entités et les personnes approchées étaient soit connues de l'auteur, soit des références, ce qui a

[23] cf. liste des entreprises et personnes interrogées en annexe A.2
[24] Dans la suite du texte, les terme promoteur et développeur sont utilisés comme synonyme

permis un accès simplifié et accéléré. Parmi les dix-huit personnes interrogées, 100% faisaient partie de la direction générale de l'entreprise, 56% étaient CEO / directeur général et 44% administrateurs. 75% avaient plus de 15 ans d'expérience dans l'immobilier. L'identité des personnes interrogées figure en annexe.

Le questionnaire a été structuré comme suit :

a) Questions de type « fermées » :

- questions alternatives auxquelles les personnes interrogées pouvaient répondre par oui ou par non.

Ces questions fermées ont souvent permis d'obtenir des réponses rapides et précises, et étaient également importantes afin de faire progresser l'interview selon le questionnaire établi.

b) Question de types « ouvertes » :

- questions factuelles destinés à obtenir des détails (Quand ? Où ? Comment ? etc.)
- questions à choix multiples, telles que: Pensez-vous que la volatilité est de 10%, 20%, 30% ?
- Questions de développement avec une possibilité pour l'interlocuteur de développer son argumentaire
- Questions relais qui permet à l'interlocuteur d'approfondir sa pensée

Le questionnaire a été transmis avec une description du sujet de la thèse lors de la première prise de contact par courriel. Les entretiens ont toujours été effectués dans les locaux des interlocuteurs et bien que planifiés pour une durée d'une heure, ils ont en général duré 90 minutes.

2.2.2 Questionnaire

Voici, ci-dessous, les questions principales discutées avec les personnes interrogées :

1. Quels types de projets développez-vous ?
    a. Habitation
    b. Industriel
    c. Commercial
    d. Mixte
2. Comment vous définissez-vous dans la chaîne de valeur immobilière ?
    a. Développeur
    b. Propriétaire
    c. Entrepreneur individuel

   d. EG (entreprise générale)
   e. ET (entreprise totale)
   f. Architecte
   g. Bureau d'aménagement / planification / urbaniste
   h. Consultant
   i. Autre
3. Taille des terrains développés durant les 5 dernières années
   a. >20'000 m^2 de terrain
      i. Nombre de projets et localisations?
   b. >10'000 m^2 <20'000 m^2
      i. Nombre de projets et localisations?
   c. <10'000 m^2
      i. Nombre de projets et localisations?
4. A quel stade de développement du cycle immobilier vous engagez-vous ?
   a. Pendant la procédure d'élaboration des mesures d'aménagement
      i. Plan directeur (cantonal, communal, localisé ou régional)
      ii. Plan d'affectation (plan général, plan partiel, plan de quartier)
      iii. Pourquoi ne vous engagez-vous pas avant ? Est-ce un problème de risques ?
   b. Après l'entrée en vigueur des mesures d'aménagement
      i. Plan directeur (cantonal, communal, localisé ou régional)
      ii. Plan d'affectation (plan général, plan partiel, plan de quartier)
      iii. Pourquoi ne vous engagez-vous pas avant ? Est-ce un problème de risques ?
   c. Après l'obtention du permis de construire ?
      i. Pourquoi ne vous engagez-vous pas avant ? Est-ce un problème de risques ?
5. Quels sont les risques majeurs dans un projet de développement immobilier important ?
   a. Procédures d'élaboration des mesures d'aménagement
      i. Accord municipal
         1. Pourquoi ?
         2. Quelles sont les risques dans cette phase ?
      ii. Accord du conseil général ou communal
         1. Pourquoi ?
         2. Quelles sont les risques dans cette phase ?
      iii. Accord régional / agglomération, si nécessaire
         1. Pourquoi ?
         2. Quelles sont les risques dans cette phase ?
      iv. Accord cantonal, si nécessaire
         1. Pourquoi ?
         2. Quelles sont les risques dans cette phase ?
      v. Autre/s
         1. Pourquoi ?
         2. Quelles sont les risques dans cette phase ?
   b. Procédure de délivrance du permis de construire

i. Pourquoi ?
ii. Quelles sont les risques dans cette phase ?

c. Construction
   i. Volatilité[25] des coûts
      1. 10%, 20%, 30% de différence entre le moment où vous planifier votre engagement dans le projet et sa réalisation ?
   ii. Mauvaise coordination entre les intervenants ?

d. Marketing du projet
   i. Changement des conditions de marché depuis l'élaboration des mesures d'aménagement
      1. Inflation
      2. Changement de la demande
      3. Volatilité des prix du projet finis
         a. 10%, 20%, 30% de différence entre le moment où vous planifiez votre engagement dans le projet et sa réalisation

e. Autres risques
   i. Discussion de la taxe sur la plus value
      1. Pensez-vous que l'avant projet du parlement pourrait-être mis en vigueur ? et si oui, dans quel laps de temps ?
         a. 5 ans
         b. 10 ans
      2. Admettons que 20% de la plus-value du terrain suite à des mesures d'aménagement devaient être reversés par les propriétaires à la collectivité publique, pensez-vous que cette mesure augmenterait le prix du terrain à bâtir de 0%, 10%, 20% ?
   ii. Impôt sur les gains immobiliers
   iii. Risques liés à la taille du projet
      1. Y-a-t-il plus ou moins de risques sur des projets importants (risque ramené au m^2)
         a. Si oui, quelle est cette taille limite : 20'000 m^2, 50'000 m^2, 100'000 m^2 ?
         b. Quel est le risque additionnel ? 25%, 50% ?

6. En sus de l'offre et la demande, quels autres facteurs influencent les prix du terrain à bâtir ?
   a. La taille des nouvelles zones à bâtir et quelle importance : faible, moyenne, importante ?

---

[25] Comme les personnes interrogées n'avaient pas forcément toutes les connaissances pour interpréter le terme volatilité au sens strictement mathématique, voici la remarque qui était mentionnée dans le questionnaire : *« La volatilité (en finance) est une mesure de l'ampleur des variations du cours d'un actif financier. Elle sert de paramètre de quantification du risque de rendement et du prix d'un actif financier. Lorsque la volatilité est élevée, l'espérance de gain est plus importante, mais le risque de perte aussi. Dans ce questionnaire, le terme volatilité n'est pas à prendre au sens strict de sa définition mathématique si cela n'est pas possible, mais doit donner une idée du changement de valeur dans le temps ».*

b. Les coûts de construction et quelle importance : faible, moyenne, importante ?
c. L'inflation et quelle importance : faible, moyenne, importante ?
d. Les perspectives économiques
    i. L'immigration et quelle importance : faible, moyenne, importante ?
    ii. Les forfaits fiscaux offerts aux entreprises et quelle importance : faible, moyenne, importante ?
e. Autre/s et quelle/s importance/s : faible, moyenne, importante ?

7. Quand pensez-vous que le terrain a atteint sa plus haute rentabilité / valeur ajustée au risque et actualisée[26]?
    a. Après l'adoption d'un plan directeur communal mais avant l'adoption d'un plan d'affectation ?
        i. Plus-value par rapport à sa valeur estimée minimale[27] : 10%, 25%, 50%, 75%, 100%, autre ?
        ii. Décote par rapport à sa valeur estimée potentielle maximale[28] : 10%, 25%%, 50%, 75%, 100%, autre ?
    b. Après l'adoption d'un plan d'affectation communal mais avant l'obtention du permis de construire ?
        i. Plus-value par rapport à sa valeur estimée minimale: 10%, 25%, 50%, 75%, 100%, autre ?
        ii. Décote par rapport à sa valeur estimée potentielle maximale: 10%, 25%%, 50%, 75%, 100%, autre ?
    c. Après l'obtention du permis de construire mais avant la construction ?
        i. Plus-value par rapport à sa valeur estimée minimale: 10%, 25%, 50%, 75%, 100%, autre ?
        ii. Décote par rapport à sa valeur estimée potentielle maximale: 10%, 25%, 50%, 75%, 100%, autre ?
    d. Après la construction mais avant la vente, location ?
        i. Plus-value par rapport à sa valeur estimée minimale: 10%, 25%%, 50%, 75%%, 100%, autre ?
        ii. Décote par rapport à sa valeur estimée potentielle maximale: 10%, 25%%, 50%, 75%%, 100%, autre ?
    e. Après la vente ou la location

---

[26] La remarque (qui fait référence au ratio de Sharp mentionné dans le chapitre 1.3) suivante était indiquée dans le questionnaire : « *Par valeur ajustée au risque, il est entendu qu'un prix de 800.--/m^2 avec un risque de 2 (sans unité dans cet exemple) n'est pas une meilleure option qu'un prix de terrain de 400.--/m^2 avec un risque de 1. En effet ramené à un risque égal, le prix est de 400.--/ m^2 par unité de risque de 1 dans le deux cas. Par valeur actualisée, nous prenons en considération le pouvoir d'achat de l'argent dans le temps. En effet, 100.— confèrent aujourd'hui un pouvoir d'achat plus élevé que 100.-- dans 10 ans. En d'autres termes, 100.-- dans 10 ans ont une « valeur » moins importante que 100.-- aujourd'hui* ».

[27] La clarification suivante était donnée dans le questionnaire: « *Par valeur minimale estimée, nous comprenons la valeur estimée minimale du terrain durant le cycle complet de développement d'un projet immobilier mais qui ne doit pas forcément être au début du cycle du projet* ».

[28] La clarification suivante a également été donnée dans le questionnaire: « *Par valeur estimée potentielle maximale, nous comprenons la valeur estimée maximale du terrain durant le cycle complet de développement d'un projet immobilier mais qui ne doit pas forcément être à la fin du cycle du projet* ».

        i. Plus-value par rapport à sa valeur estimée minimale: 10%, 25%%, 50%, 75%%, 100%, autres?
        ii. Décote par rapport à sa valeur estimée potentielle maximale: 10%, 25%%, 50%, 75%%, 100%, autres ?

8. Si vous étiez propriétaire de terrain, aviez le capital nécessaire pour développer, ou pouviez trouver ce capital sans limitation ? Quand vendriez-vous ?
    a. Après l'adoption d'un plan directeur mais avant l'adoption d'un plan d'affectation. Oui / Non ? Pourquoi ? et comment identifiez-vous le bon moment ?
    b. Après l'adoption d'un plan d'affectation mais avant l'obtention du permis de construire. Oui / Non ? Pourquoi ? et comment identifiez-vous le bon moment ?
    c. Après l'obtention du permis de construire mais avant la construction. Oui / Non ? Pourquoi ? et comment identifiez-vous le bon moment ?
    d. Après la construction mais avant la vente ou la location. Oui / Non ? Pourquoi ? et comment identifiez-vous le bon moment ?
    e. Ne vendriez pas et développeriez / construiriez. Oui / Non ? Pourquoi ?
9. Quelle est, selon vous, la volatilité du prix du terrain dans les phases suivantes ?
    a. Après l'adoption du plan directeur mais avant l'adoption d'un plan d'affectation ? 10%. 25%. 50%, 75%. 100%
    b. Après l'adoption d'un plan d'affectation mais avant l'obtention du permis de construire ? 10%. 25%. 50%, 75%. 100%
    c. Après l'obtention du permis de construire mais avant la construction ? 10%. 25%. 50%, 75%. 100%
    d. Après la construction mais avant la vente ou la location ? 10%. 25%. 50%, 75%. 100%
    e. Durant le cycle de vie du projet construit ?10%. 25%. 50%, 75%. 100%
10. Avez-vous déjà entendu parler de la théorie des options réelles et/ou d'options dans les produits financiers tels qu'option sur une action, taux d'intérêt, taux de change, etc.? Oui / Non ?
    a. Si oui
        i. Appliquez-vous le calcul d'options réelles dans vos projets immobiliers et selon quelle/s formule/s?
            1. La formule de Black-Schole
            2. L'application de la théorie des arbres binomiaux
            3. La formule de Samuelson Mac-Kean
        ii. Si non, comment calculez-vous le coût d'opportunité[29] et rentabilité d'un projet?
            1. Discounted Cash-Flow ?
            2. Capitalisation du rendement espéré brut / net ?

[29] La clarification/définition suivante a également été donnée dans le questionnaire : « *Le coût d'opportunité (de l'anglais opportunity cost) ou plus rarement coût d'option, coût alternatif, coût de substitution ou coût de renoncement, désigne la perte des biens auxquels on renonce lorsqu'on procède à un choix, autrement dit lorsqu'on affecte les ressources disponibles à un usage donné au détriment d'autres choix. C'est le coût d'une chose estimé en termes d'opportunités non-réalisées, ou encore la valeur de la meilleure autre option non-réalisée* ».

3. Expérience ?
4. Autres et / ou comment le calculez-vous ?

11. Selon votre expérience, combien de temps, en moyenne, sépare ?
    a. L'adoption d'un plan directeur de l'adoption d'un plan d'affectation ? 2 ans, 5 ans, 10 ans, 15 ans, 20 ans, plus ?
    b. L'adoption d'un plan d'affectation de l'obtention du permis de construire ? 1 ans, 2ans, 5 ans, 10 ans, 15 ans?
    c. Entre l'obtention du permis de construire et la fin de la construction ? 1 ans, 2ans, 5 ans, 10 ans ?
12. Avez-vous déjà vendu au mauvais moment ? Si oui, pourquoi c'était le mauvais moment ?
13. Avez-vous déjà vendu au meilleur moment ? Si oui, pourquoi c'était le meilleur moment ?
14. Avez-vous d'autres points que vous aimeriez aborder qui selon votre expérience et connaissance pourraient être utiles dans le cadre de cette thèse ?
15. Acceptez-vous que votre nom et / ou celui de l'entreprise figure dans la thèse ?

2.2.3 Résultats de l'enquête

Des dix-huit personnes interrogées parmi les quinze entités concernées, treize sont majoritairement actives dans le secteur de l'habitation, soit 72%. La moitié des spécialistes ont également de l'expérience à part égale dans le secteur commercial, industriel et mixte.

Il était important de trouver des acteurs majoritairement actifs dans le secteur de l'habitation afin d'obtenir des informations pertinentes pour cette thèse ne traitant que du secteur de l'habitat.

55% des interlocuteurs se considérent comme des développeurs/promoteurs ; 33% sont propriétaires et (ou) investisseur à un moment ou un autre du cycle de développement ; 20% agissent également comme entreprise générale (EG) ; une minorité a une activité autre, que ce soit consultant, avocat, notaire. Il est à noter que la plupart des entreprises sont actives à plusieurs stades de la chaîne de valeur[30] mais jouent également le rôle d'intervenants multiples, que se soit EG, architectes, urbaniste, promoteurs, investisseurs, etc.

[30] cf. Figure 14

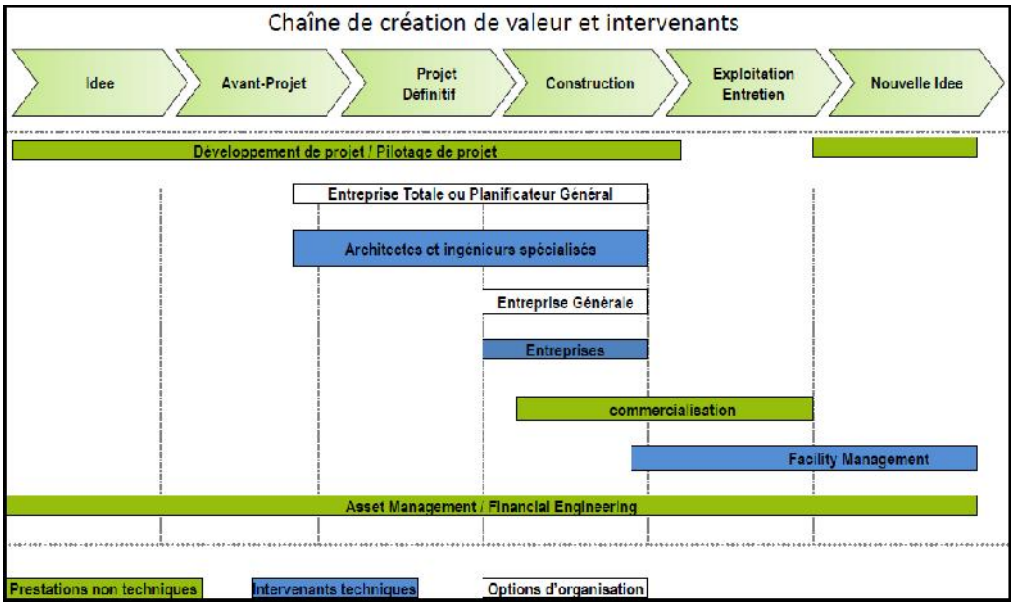


Figure 14 : Chaîne de création de valeur et intervenants, Créateurs Immobiliers, François Dieu

Comme mentionné au chapitre 2.1.2, cette thèse a pour but de présenter des estimations portant sur des parcelles d'une certaine taille, au minimum 10'000m$^{2.}$ Le développement de ces projets devrait être optimisé par le plus grand professionnalisme des équipes de projets, mais également grâce à leur importance stratégique. Les personnes interrogées ont développé et (ou) ont pris part à 81 projets durant les 5 dernières années. La surface de chaque parcelle, prise individuellement, est supérieure à 10'000 m^2 ; 47 projets concernent une surface supérieure à 20'000 m^2. Les 34 projets restants portent sur une surface comprise entre 10 000 et 20 000 m^2. Il est important de souligner que ces chiffres ne correspondent pas à l'ensemble des projets développés par lesdites entités, mais uniquement à ceux pour lesquels les personnes interrogées ont joué un rôle, que se soit dans leurs entreprises actuelles ou précédentes.

Bien que l'élaboration des PDcom soit de compétence municipale, souvent en collaboration avec les communes avoisinantes[31], 50% des personnes disent être impliquées lors de l'élaboration des PDcom. Elles le sont soit directement comme urbaniste ou consultant, soit indirectement. Près de 85% des intervenants confirment s'engager lors de l'établissement des plans d'affectation, principalement les PPA et PQ. Cela conduit à démontrer qu'une grande partie de la valeur ajoutée est créée à ce stade de développement ; en d'autres termes, c'est à ce stade que l'influence est la plus grande à moindre coût[32]. Ceci n'est naturellement pas représentatif de l'ensemble du secteur immobilier mais les personnes interviewées ont été choisies pour leur rôle important sur le

[31] cf. LATC 37 al. 1
[32] cf. Figure 6

développement et dans cette partie du cycle, il est certain que ce chiffre est très pertinent.

Moins de 10% des intervenants s'engagent uniquement à partir de la mise en œuvre des plans d'affection pour l'obtention des permis de construire. Quant aux risques perçus tout au long du cycle de développement depuis la phase de classement en zone à bâtir jusqu'à la réalisation des constructions, ainsi que durant le cycle de vie des immeubles construits, 90% des personnes interrogées mentionnent que le risque le plus élevé se situe au début du cycle de développement, lors de l'élaboration des plans d'affectation. Ce risque se mesure en fonction de la volonté ou, au contraire, de l'absence de volonté de la commune de développer la zone ou la parcelle en cause. Si l'on considère que la commune a la maîtrise des plans d'affectation, il apparaît illusoire pour un propriétaire ou investisseur de vouloir développer une zone sans le consentement de la municipalité. Une telle d'approche serait, selon les développeurs, une perte de temps. Le risque lié à l'approbation par le canton n'est pas important, spécialement sur les grands projets. Seule une personne parmi celles interrogées estime que le canton et ses différents services peuvent être une entrave à l'aboutissement d'un projet[33] dans les délais. Celle-ci mentionne cependant que les projets n'échouent que rarement au niveau du canton, mais sont simplement retardés.

L'ensemble des personnes interrogées confirme que la variation des coûts de constructions ne représente pas un problème pour un projet immobilier, car la bonne gestion du projet permet de les maîtriser. Force est de considérer que l'engagement d'équipes professionnelles permet de réduire ce genre de risques. De même, l'inflation ne représente pas un problème selon les personnes interrogées, car le prix de l'immobilier est indexé à l'augmentation du coût de la vie.

Par contre, la question de la mercatique du projet, qui inclut le changement des conditions de marché, a un impact important sur la volatilité du prix du projet construit. Les personnes qui ont pu répondre à cette question ont en moyenne estimé que la volatilité est de 15% à 25% dès la date de leur engagement dans le projet et des planifications financières, et jusqu'au moment où ils sortent du projet, soit la plupart du temps à la fin du cycle de développement, dès l'obtention des permis de construire ou après la construction.

[33] Bien que le canton / SDT doit se contenter de la vérification de la légalité, et non de l'opportunité, d'un plan d'affectation et / ou d'un permis de construire, et que la commune a toujours une autonomie importante dans les mesures d'aménagement, la personne mentionne que les délais peuvent être importants.

Parmi les autres risques mentionnés dans le questionnaire, la taxe de 20% sur la plus-value[34] générée par des mesures d'aménagement, débattue actuellement, n'est pas considérée comme un risque majeur. Tous les intervenants estiment tout d'abord que celle-ci sera mise en vigueur dans les prochaines cinq années et, qu'une fois appliquée, elle pourra facilement être intégrée dans les plans financiers de développement. Par contre, la majorité des intervenants est d'avis que dans un délai proche, suite à sa mise en application, le coût de cette plus-value sera répercuté sur les prix du terrain à bâtir. Selon le nouveau texte de la LAT[35] et le PDcan, les nouvelles zones à bâtir devront se concentrer dans les centres cantonaux, régionaux et locaux. Ceci engendrera certainement une pression supplémentaire sur les biens immobiliers situés dans ces centres, avec une répercussion rapide sur le prix.

La présente thèse ayant pour but d'établir des projections sur des projets de développement de plus de 10'000 m^2, il est important d'avoir une impression générale de l'impact de l'importance d'un projet sur l'augmentation ou la diminution des risques de succès[36] d'un projet. Pour cette question, aucune donnée chiffrée n'a pu être obtenue mais plutôt des réflexions qualitatives. Les très grands projets, d'une surface de 100'000 m^2 ne sont pas perçus comme plus risqués, quand le risque est ramené au m^2, mais simplement plus complexes. Comme mentionné ci-dessus, plus les projets sont grands, plus les équipes de projets sont professionnelles ce qui tend à diminuer les risques d'erreur. De plus, ces grands projets sont en général d'intérêt publics. De ce fait, ils reçoivent l'appui prononcé des autorités communales, régionales et cantonales, ce qui diminue également les mauvaises surprises tout au long du cycle de développement jusqu'à l'obtention des permis de construire. Il est cependant évident que le temps nécessaire à leur développement peut être plus important que pour un petit projet. A nouveau, si l'on ramène le temps nécessaire au m^2, on pourrait conclure que le temps de développement est moindre que sur un petit projet.

La vue des intervenants est manifeste quant aux facteurs influençant le prix du terrain et le moment où celui-ci atteint sa plus grande valeur ajoutée. Les personnes voient dans le terrain une option telle que définie dans l'Executive Summary, sans en

---

[34] Cette taxe sur la plus-value est le résultat d'une étude mandatée par ARE en 2010 au bureau-conseil B,S,S. Volkswirtschaftliche Beratung, dans laquelle plusieurs options ont été proposées pour le financement du déclassement de zones à bâtir mal situées et/ou surdimensionnées. Cette taxe serait perçue sur les avantages résultants de mesures d'aménagement de nouvelles zones à bâtir respectant les plans directeurs cantonaux qui favorisent la construction dans les centres près des transports publics. Cette taxe est, selon le texte de révision de la LAT proposé le 15 juin 2012 par l'assemblée fédérale, fixée à 20%. Le délai référendaire est fixé au 4 octobre 2012. Cf. également : Furer, H. (1983), Knapp, B. (1982)

[35] Art. 1, al. 1, 1re phrase, et 2, let. a^{bis}, b et b^{bis}

[36] La question 5, e, iii était posée dans le sens de la probabilité d'aboutissement ou non d'un projet depuis sa phase de classement jusqu'à sa mise sur le marché.

connaître obligatoirement la définition mathématique et financière, comme on le verra à la question 10. Ils estiment effectivement que le prix du terrain est un « résiduel » du prix de l'immeuble construit, et en dépend donc principalement. Son prix n'est donc autre, en langage d'option, que la valeur de l'option du sous-jacent[37]. Les perspectives de l'environnement économique sur la volatilité du prix du sous-jacent, l'immeuble, sont déterminantes dans la fixation du prix du terrain à bâtir.

Les personnes interrogées estiment clairement que la volatilité du prix du terrain décroît depuis sa phase de classement jusqu'à sa construction. En d'autres termes, le prix d'un terrain en phase de classement par le biais d'un PPA est plus volatile que celui d'un terrain classé après PPA, qui est à son tour moins volatile que celui d'un terrain pour lequel un permis de construire a été obtenu.

Pour un terrain agricole mentionné « à développer » dans un PDcom, les personnes interrogées estiment en moyenne une volatilité de 75% par rapport à sa valeur après classement en zone à bâtir par un plan d'affectation. Comme mentionné au chapitre 2.1.4, il convient de rappeler qu'un terrain agricole ne peut être vendu à un prix surfait, et qu'il doit l'être à un exploitant agricole. Dans ce cas, nous nous référons à un prix qui serait fixé dans un acte d'acquisition assorti d'un droit d'emption ou de préemption avant le classement. Ce droit d'emption ou de préemption ne peut être exercé qu'au moment de l'approbation du PPA ou autre plan d'affectation.

La question 10 permettait de connaître les instruments financiers familiers aux intervenants dans la chaîne de valeur immobilière et qu'ils appliquent dans leurs plans financiers. Il en ressort, sans grande surprise, que le terme d'options réelles est étranger à la plupart d'entre eux. Comme mentionné ci-dessus, il faut considérer cette constatation avec beaucoup de prudence. En effet, la définition mathématique, ainsi que son application directe dans le secteur immobilier ne sont pas connues, mais les discussions ont montré que par expérience, les professionnels de la branche réfléchissent et décident souvent en termes d'options. La méthode financière la plus fréquente pour le calcul de rentabilité et la valeur d'un projet est le rendement brut ou net, respectivement sa capitalisation. Il est intéressant de constater que seulement 50% des personnes interrogées travaillent et (ou) sont familiarisées avec la méthode de l'actualisation des flux financiers futures (DCF)[38].

La méthode d'options réelles mise à part, et d'un point de vue purement financier, mathématique et scientifique, il apparaîtrait que le DCF devrait être la méthode choisie

[37] cf. Ch. 3.3

[38] Bien que le terme « actualisation des flux financiers » soit utilisé en langue française, les experts financiers parlent plus facilement de « discounted cash flows » (DCF) qui est le terme anglais.

pour les décisions d'investissements puisque c'est une des rares méthodes qui prend en considération deux éléments importants, soit, d'une part, la projection des flux financiers (cash-flow) dans le futur, et d'autre part, la valeur temporelle de l'argent[39]. Ils sont tous deux des éléments essentiels pour avoir une bonne image de la rentabilité d'un investissement. Comme détaillé dans le chapitre suivant, le manque de confiance dans cette méthode repose certainement sur de bonnes raisons.

Quant à la durée des mesures d'aménagement, l'ensemble des personnes interrogées est catégorique. En moyenne, quand elle est bien conduite, la procédure d'élaboration et d'approbation du PPA dure 5 ans ; la durée est de 2 ans du PPA au permis de construire et de moins d'une année pour la construction. Bien évidemment, des exceptions ont été mentionnées ; dans certains cas la durée différait sensiblement.

2.3 Conclusions

Sur l'ensemble du questionnaire, les réponses obtenues sont très homogènes ce qui est réjouissant pour la suite de cette étude. En effet, beaucoup d'informations, qu'elles soient quantitatives ou qualitatives, pourront être utilisées pour la suite et surtout dans l'évaluation des résultats du modèle d'options réelles.

L'hypothèse que les projets d'une certaine taille peuvent et sont en général gérés d'une manière plus standardisée, ce qui diminue les risques d'échec tout au long du cycle de développement du projet, a également été confirmée.

Les risques principaux se situent au début du cycle de développement lors de l'élaboration des plans d'affectation ; c'est pourquoi les promoteurs préfèrent s'engager très en amont du processus pour pouvoir gérer ces risques, influencer le projet à moindre coût[40] et générer des plus-values.

Bien que de prime abord, les outils de planifications financières restent plutôt simples - calcul de rendement brut et capitalisation -, il semble que les professionnels qui ont une longue expérience de l'immobilier ont intégrés dans leur raisonnement la théorie des options réelles inconsciemment et sans y faire référence.

Les bases des instruments financiers pouvant être utilisés dans le développement de projets immobiliers seront décrites et analysées dans le chapitre suivant.

---

[39] Le terme „time value of money" est le terme anglais pour « valeur temporelle de l'argent ». Le terme anglais est plus fréquent dans la littérature. Pour une meilleure compréhension de ce terme, le lecteur se référera au ch. 3.

[40] cf. Figure 6

3 Flux de trésorerie actualisés (DCF) et options réelles

3.1 Introduction

A ce stade de l'étude, il est important de poser les bases théoriques financières. Comme le montre la figure 15, bon nombre de méthodes d'estimation des biens immobiliers existent. Comme dans tout investissement, l'investisseur immobilier est confronté à la problématique de l'évaluation du bien ainsi que de sa rentabilité financière. Nous pouvons diviser ces méthodes d'évaluation en trois catégories, notamment les méthodes statiques, celles dites de valeur de rendement et enfin les méthodes de valeur réelles. La méthode des flux financiers actualisés (DCF) sera brièvement décrite dans ce chapitre ; le sujet central de ce travail, soit les options réelles, sera développé par la suite.

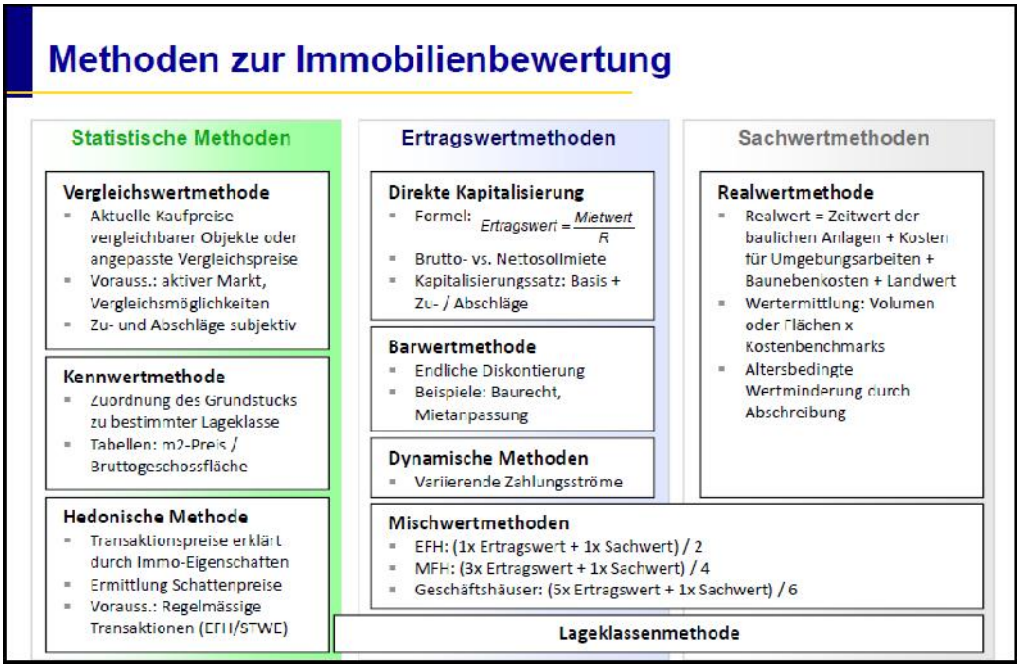


Figure 15 : Méthodes d'évaluation des biens immobiliers, Prof. Dr. Pascal Gantenbein, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

La figure 16 présente les différentes méthodes utilisées pour l'évaluation de chaque type de bien immobilier. La méthode hédonique[41] est fréquemment utilisée en Suisse pour l'estimation de la valeur des maisons individuelles, propriété par étage (PPE), immeubles multifamiliaux et logements en location.

La méthode de valeur de rendement est plus utilisée pour les biens dégageant un flux financier régulier comme les immeubles commerciaux, mais également les immeu-

[41] La méthode hédonique n'est rien d'autre qu'une fonction mathématique qui permet d'exprimer le prix d'un bien en fonction des caractéristiques de ce bien. On utilise des modèles de régression multiples afin d'exprimer la variable expliquée qui est le prix. Cf. Gravel, N. (2000)

bles multifamiliaux. La valeur du bien est calculée en capitalisant le rendement brut de l'immeuble.

La méthode de la valeur intrinsèque (*Realwertmethode*) est le plus souvent nommée la méthode du coût déprécié (*depreciated cost approach*). Le fondement de cette approche est qu'un investisseur n'est pas disposé à payer plus pour un bien que la somme de la valeur du terrain sur lequel le bien est construit, ainsi que la somme du coût de construction de l'immeuble moins sa dépréciation. Sa dépréciation suit en générale une formule en fonction de l'âge du bâtiment. Si un bâtiment à une durée de vie de 50 ans, la méthode simplifiée est d'appliquer 2% de dépréciation par an.

Ohne Cashflows		Mit Cashflows		
Hedonische Bewertung	Realoptions-modelle	Ertragswert-methode ***	DCF-Bewertung ***	Realwert-betrachtung
EFH STWE MFH MWG	Baulandpreise Bauprojekte Szenarien	MFH Geschäftsliegen-schaften	MFH Geschäftsliegen-schaften	MFH Geschäfts-liegenschaften Wohneigentum

Figure 16: Méthodes d'estimation immobilière et leurs applications : Dr. Ronny Haase, Wüest & Partner AG, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

3.2 Flux de trésorerie actualisés (DCF)

La méthode des flux de trésorerie actualisés, plus communément nommée, selon la nomenclature anglaise, discounted cash-flows (DCF)[42], est une des méthodes les plus utilisées en *corporate finance* pour l'évaluation d'entreprise, lors de transaction de fusion et acquisition ou simplement pour évaluer la valeur future d'une action d'une société.

La base de cette méthode est la valeur temporelle de l'argent[43] ou plus précisément sa perte de valeur ou pouvoir d'achat temporel[44]. Ce postulat stipule qu'une certaine somme d'argent, par exemple 100.--, ne conférera pas le même pouvoir d'achat dans 10 ans que 100.-- aujourd'hui. Ceci provient du coût de l'argent. C'est l'inverse du concept de l'intérêt composé d'un investissement. 100.-- investi à 5% vaudra 105 dans 1 année et 110.25 dans 2 ans (105 x 1.05), etc.

[42] Dans la suite du texte et pour raison de simplification, il sera toujours référé à la méthode DCF.
[43] En anglais : Time Value of Money
[44] cf. Figure 17

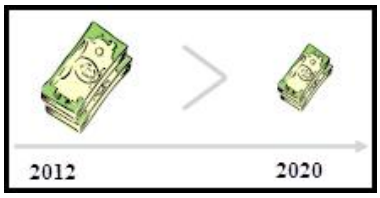


Figure 17 : La perte de valeur temporelle de l'argent.

La méthode DCF se fonde sur la relation qui doit exister entre la valeur d'un bien et les flux de trésorerie[45] générés pas ce bien. En effet, la valeur d'un bien ou investissement est une fonction de sa capacité à générer des cash-flows. La valeur de ce bien s'obtient en actualisant les cash-flows prévisionnels générés depuis la première année (t=1) jusqu'à l'infini (t=∞) à un taux d'actualisation « r » approprié tenant compte du risque de l'investissement.

$$PV_0 = \sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{CF_t}{(1+r)^t} \right) \qquad (1)$$

PV_o = Valeur actuelle (Present Value en anglais)
CF = Cash-flow générés durant le cycle d'investissement
r = taux d'actualisation (discount rate en anglais)

Comme il est extrêmement difficile de projeter les cash-flows année par année jusqu'à l'infini, les cash-flows sont actualisés en deux phases comme l'indique la figure 18. La première phase[46] représente un nombre d'années, dix en général dans l'immobilier, pendant lesquelles on fait un plan de cash-flows pour chaque année prise individuellement. La deuxième phase[47] débute à partir de la 10ème année, pour laquelle une valeur résiduelle est estimée que l'on actualise à l'année 0.
La valeur du bien immobilier s'obtient alors par la formule (2).

$$PV_0 = \sum_{t=1}^{T} \left(\frac{CF_t}{(1+r)^t} \right) + \left(\frac{VR_T}{(1+r)^T} \right) \qquad (2)$$

T : Horizon de la projection
r: taux d'actualisation
VR : Valeur résiduelle à partir de l'année 10

[45] Dans la suite, le terme anglophone cash-flows (CF) sera utilisé pour le terme flux de trésorerie.
[46] cf. figure 18, chiffre 1
[47] cf. figure 18, chiffre 2

Le taux d'actualisation « r » correspond en général à la rentabilité qu'un investisseur exige pour un engagement financier similaire en termes de risque et en considérant les alternatives de placement à sa disposition.

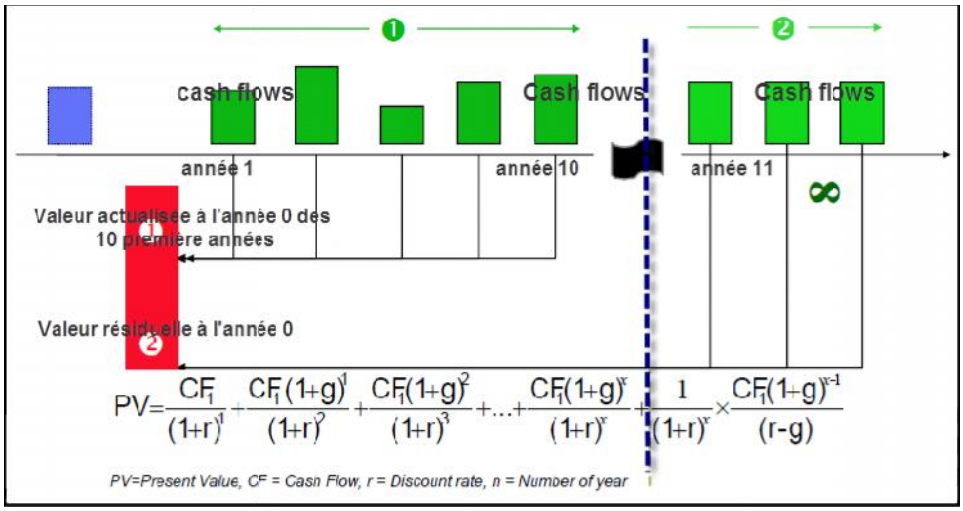


Figure 18 : Principe de base de la méthode DCF en 2 phases d'actualisation. Sur le modèle de Prof. Dr. Pascal Gantenbein, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

Comme mentionné plus haut et bien que la méthode DCF soit une méthode très courante dans le monde de la corporate finance, il semble que dans le secteur immobilier, elle ne soit toujours pas devenue le standard de modèle financier. Bien évidemment, les fonds immobiliers d'investissement et autres sociétés immobilières cotées en bourse utilisent certainement le DCF quotidiennement. Cependant, et comme les interviews l'ont confirmé, le DCF exige des connaissances techniques financières et mathématiques assez avancées. Ces ressources ne sont pas à la portée de tous les intervenants du secteur immobilier. Comme le montre la figure 19, trois variables principales influencent la valeur d'un bien selon la méthode DCF : en premier lieu, les cash-flows attendus durant la période prévisible de dix ans (*Projected Free Cash Flows*), deuxièmement, la valeur résiduelle (*Terminal Value*) et troisièmement, le taux d'actualisation qui en général devrait être le coût moyen pondéré du capital (WACC)[48]. Ces trois variables sont elles-mêmes dépendantes d'un nombre important d'autres facteurs comme indiqué dans la figure 19. Pour la projection des cash-flows, il faut faire une estimation de la croissance des revenus, marges, changements des fonds de roulements, et ainsi de suite. Les amortissements et dépréciations jouent également un rôle important. La valeur résiduelle est dépendante du taux de croissance appliqué à l'infini. Par rapport à la formule (2), la valeur résiduelle à l'année 10 se réduit à la formule suivante (3)

[48] WACC en anglais signifie „Weighted Average Cost of Capital" qui est le coût moyen pondéré du capital en français. Cf. De Fusco, R.A. (2001), De Posson, (2004-2006), Geltner (2007), Stowe J.D. (2002)

$$VR_{10} = \frac{CF_{10}}{r-g} \qquad (3)$$

VR_{10} : Valeur résiduelle en année 10 g : taux de croissance des cash-flows à partir de l'année 11

Pour l'estimation du WACC, qui devient le r dans notre formule (3), il faut estimer le coût des fonds propres qui n'est pas chose facile. Sans rentrer dans les détails de calculs, il faut estimer le béta de la compagnie qui représente le risque de l'investissement et ceci est également quelque peu complexe[49].

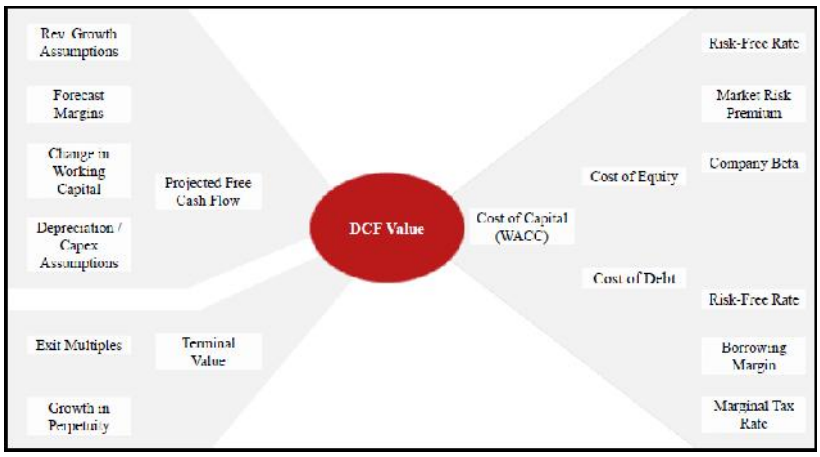


Figure 19 : Représentation résumée de la méthode DCF, Jan P. Eckert, Jones Lang LaSalle, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

3.2.1 Avantages

La méthode des cash-flows comporte trois avantages importants. Le premier est qu'elle est utilisée depuis fort longtemps dans le monde de la finance et surtout dans la corporate finance. Il existe également une littérature abondante à ce sujet. Ceci donne de la crédibilité à la méthode et devrait inciter d'autres secteurs tels que l'immobilier à intensifier son utilisation. Le deuxième avantage de la méthode est qu'elle rend nécessaire la planification des flux financiers pour un horizon d'environ dix ans. Cette projection implique donc une estimation des revenus mais également des dépenses, des rénovations et des impondérables qui peuvent survenir durant le cycle de vie de l'immeuble depuis son développement initial. Il est donc implicitement un instrument de planification forçant les acteurs à réfléchir dans les détails du projet.

Cette méthode est également très adaptée pour des analyses de sensibilité de la valeur en faisant varier les paramètres tel que le taux de croissance, le taux d'actualisation, le prix du loyer, l'impact que pourrait avoir le changement d'une législation sur la projection des revenus et marges. En sus, lors des analyses de sensibilité, il est également recommandé de comprendre la distribution statistique des valeurs possi-

[49] cf. Stowe John D., Robinson Thomas R, pour plus de détails dans l'évaluation selon la méthode DCF

bles en utilisant un logiciel capable de faire tourner un algorithme de simulation de Monte Carlo[50] qui peut faire jusqu'à 50 000 simulations d'estimation de valeur.

3.2.2 Désavantages

La méthode DCF comporte quelques désavantages, parmi lesquels les deux décrits ci-dessous que mentionnent les experts les plus critiques.

En premier lieu, la valeur résiduelle représente en moyenne 60% de la valeur totale d'un bien immobilier. Il faut se remémorer la formule (3) dans laquelle nous avons trois variables : le dernier cash-flow estimé de l'année 10, le taux d'actualisation et le taux de croissance. Plus le taux de croissance est élevé, plus le dénominateur de l'équation diminue, ce qui fait augmenter la valeur résiduelle en année 10 et en $t_{0.}$ Du côté acheteur ou vendeur du bien immobilier, les parties pourraient avoir tendance à jouer avec ce paramètre qui peut de toute manière toujours être défendu par de bons arguments. Pour comprendre l'effet de levier de l'estimateur, un exemple sera utilisé. Celui-ci comporte les données suivantes : un cash-flow de 10 millions en année 10, un taux d'actualisation de 5%[51] et un taux de croissance de 2%. Cela donne une valeur résiduelle en année 10 de 333 millions. Si ces 333 millions sont actualisés à aujourd'hui, cela donne une valeur résiduelle actuelle de 205 millions. Si le taux de croissance des cash-flows est augmenté de 2% à 3% par année, la valeur résiduelle en année 10 est de 500 millions, respectivement de 307 millions aujourd'hui, donc 50% de plus !

Dans la figure 20, nous voyons l'effet très important sur la valeur actualisée de 1000.-- lorsque le taux d'actualisation passe de 3%, à 5% puis 7%. Comme on peut le constater, l'augmentation du taux diminue la valeur actualisée, ce qui est l'effet contraire d'une augmentation du taux de croissance. Ceci se déduit facilement de la formule (3).

---

[50] cf. Robert, Christian P, Casella, George (2004), Glasserman, Paul, (2003), Fishman, George S., (1995), Frey, Herbert C.; Niessen, Gero, (2001), Joy, Corwin; Boyle, Phelim P.; Tan, Ken Seng, (1994)

[51] Dans le secteur immobilier en Suisse et bien qu'actuellement les taux de références soient extrêmement bas, il s'avère être une pratique de bonne gestion, d'utiliser un taux d'actualisation, qui peut évidemment varier selon le type d'immeuble et région, aux alentours de 5% par année.

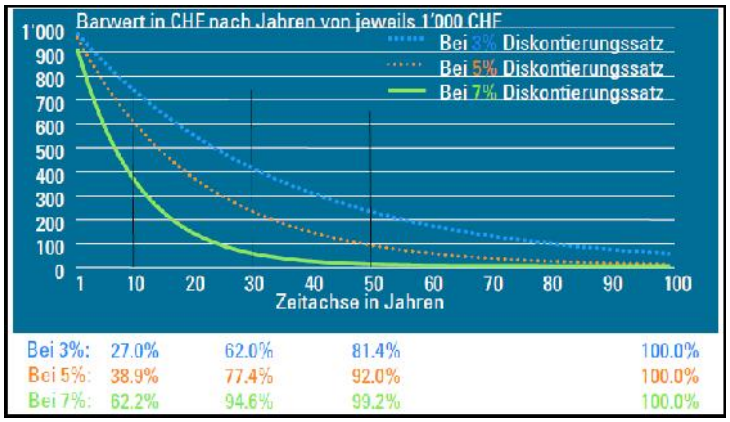


Figure 20 : Effet inverse du taux d'actualisation dans la méthode DCF, Andreas Amman, Wüest & Partner AG, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

Le deuxième désavantage, qui est le revers de la médaille de l'un des avantages, est la projection des cash-flows durant les 10 premières années. Ceci est également un exercice extrêmement difficile car il y beaucoup de paramètres dans un plan financier avant d'arriver au cash-flow.

Les deux désavantages mentionnés ci-dessus conduisent au troisième, qui est le savoir dont il faut disposer pour construire et maîtriser ce genre de tabelles financières. De plus, il faut être pourvu d'une connaissance parfaite du projet puisqu'il faut faire des projections les plus précises possibles sur un minimum de dix ans. Comme cela a été relevé plus haut et confirmé durant les interviews, ce sont certainement ces trois désavantages qui empêchent encore beaucoup de professionnels de l'immobilier d'appliquer la méthode des cash-flows et les conduit à se limiter à d'autres méthodes mentionnées auparavant.

3.2.3 Application à l'évaluation des biens immobiliers

Comme mentionné en préambule du chapitre 3.2, la méthode DCF convient à l'évaluation des biens immobiliers de rendement dégageant des cash-flows réguliers. Cette méthode est utilisée régulièrement par les entreprises immobilières d'une certaine taille et plus particulièrement celles cotées en bourse ou devant avoir régulièrement accès au marché des capitaux pour des sommes importantes. Malheureusement, pour les entreprises de tailles moyennes, cette méthode n'est que très peu utilisée. Cela est principalement dû au fait qu'il faut disposer de très bonnes connaissances de mathématiques financières. Or, il est hautement probable que les entreprises de tailles moyennes à petites ne peuvent pas offrir les conditions nécessaires pour attirer ce genre de compétences.

Afin de faire la transition aux options réelles présentées dans le prochain chapitre, il faut relever que les méthodes de capitalisation et actualisation, dont la méthode DCF

fait partie, ne sont pas toujours adéquates pour l'intégration d'une multitude de risques qui exigent des modèles dynamiques. Le DCF ne donne pas la flexibilité du temps. En effet, la décision selon la méthode DCF est une décision binaire d'investir ou de ne pas investir. Il faut prendre en considération que les investissements immobiliers sont pour la plus part irréversibles. En d'autres termes, cette méthode permet uniquement de démontrer à un moment donné si un investissement est économiquement viable. Elle ne donne cependant pas la possibilité d'analyser si un investissement serait plus lucratif en attendant quelques temps et profitant des changements potentiels des conditions cadres et des risques en découlant. La méthode DCF ne considère pas non plus l'impact, par exemple, d'une flexibilité de gestion qui permet de désinvestir une affaire centrale à l'entreprise, ou de se diversifier, ou encore de soudainement externaliser des services. Les réactions potentielles des concurrents ne sont également pas bien prises en considération dans la méthode DCF. Ces désavantages sont de bonnes raisons pour s'intéresser aux options réelles qui permettent de corriger bon nombre de ces défauts.

3.3 Options Réelles

Avant de rentrer dans le monde passionnant des options réelles, il faut poser les bases et quelques définitions dans ce domaine parfois perçu comme complexe. Voici les quatre définitions indispensables à la compréhension du mode de fonctionnement des options :

1. Call option :
    a. position long (long call) : droit – sans obligation- d'acheter l'actif sous-jacent à un prix et temps déterminé dans le futur
    b. position short (short call) : obligation de vendre au détenteur de l'option call l'actif sous-jacent à un prix et temps déterminé dans le futur
2. Put option :
    a. position long (long put) : droit – sans obligation- de vendre l'actif sous-jacent à un prix et temps déterminé dans le futur
    b. position short (short call) : obligation d'acheter au détenteur de la put option l'actif sous-jacent à un prix et temps déterminé dans le futur

Une option est donc un instrument financier qui donne simplement à son détenteur le droit, mais pas l'obligation, d'acheter (option d'achat ou *call*)[52] ou vendre (option de vente ou *put*) un actif sous-jacent à un prix prédéterminé à un certain moment dans le futur. Il faut insister que le droit d'achat ou de vente de l'actif sous-jacent est détenu par l'acheteur de l'option. Dans ce cas l'acheteur est « long » et ce droit lui est

[52] Dans la littérature, le terme français d'option d'achat et d'option de vente n'est que très rarement utilisé. Dans la suite de cette thèse, nous utiliserons systématiquement le terme de call option pour option d'achat et de put option pour option de vente.

donné par le vendeur de l'option qui est « short » [53 et 54]. Pour obtenir ce droit, l'acheteur de l'option paie une prime d'option au vendeur lors de la conclusion du contrat.

Les options financières sont soit négociées sur les places boursières, soit *« over-the-counter »*. Dans le dernier cas, ce sont des contrats sur-mesure qui sont proposés individuellement entre un acheteur et un vendeur selon des termes spécifiques qui ne sont pas standardisés comme ceci est le cas pour les options négociées sur les places boursières[55].

Pour être mieux comprises, une *option call* et *option put*, ainsi que leurs diagrammes de paiements respectifs, peuvent se représenter graphiquement. La figure 21 décrit la valeur intrinsèque d'une *option call*. Sur l'abscisse se trouve le prix de l'actif sous-jacent. Dans cet exemple, c'est le prix d'une action. Pour cette étude, il s'agirait du prix de l'immeuble construit. Ainsi que le montre le graphique, le prix d'exercice de cette option est fixé à 50$. Sur l'ordonnée se lit la valeur de l'option. Dans cette étude, ce sera le prix (ou) valeur[56] du terrain. L'option call dessinée en pleine ligne est dite une *option call long* et celle en traits d'unions, une *option call short*. *L'option long* signifie simplement que l'option est achetée et la *short* que l'option est vendue. Pour le *long call*, celle-ci prend de la valeur au moment où le prix l'actif sous-jacent dépasse les 50$. Ceci veut dire qu'un investisseur achètera un *call* – il deviendra *long* sur le sous-jacent- lorsqu'il pense que le prix d'une action va augmenter. En effet, la valeur de l'option croît proportionnellement à l'augmentation du prix de l'action.[57]

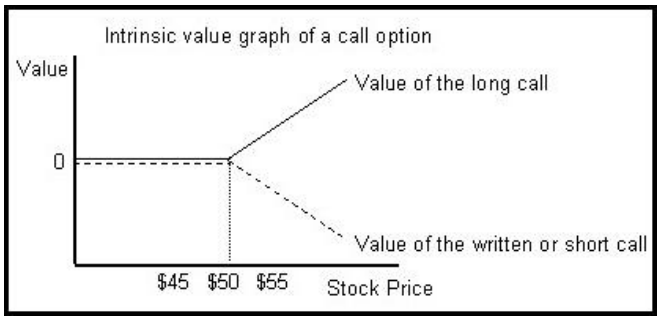


Figure 21: Valeur intrinsèque d'une option call

La figure 22 décrit la valeur intrinsèque d'une *option put*. Ce graphique est très similaire au précédent (figure 21), à la différence que pour le long put, la valeur aug-

[53] cf. figure 21
[54] cf. figure 22
[55] Il y beaucoup de littérature pour comprendre les détails des marchés financier des options. Un bon ouvrage est : CFA Institute, (2008), CFA Program Curriculum level II – volume 6 ou Hull, J. (2006), 6th Edition, Ch. 8
[56] Dans cette thèse les termes prix et valeur sont utilisés indifféremsment
[57] Dans ces explications simples, nous considérons qu'il n'y a pas de possibilité d'arbitrage

mente au moment où le prix de l'actif sous-jacent descend au-dessous des 50$. Ceci veut dire qu'un investisseur peut se protéger ou spéculer en achetant une *option put* lorsqu'il pense que le prix d'une action va baisser. En effet, ce qu'il perdra sur la valeur de l'action sera regagné dans la prise de valeur de l'option.

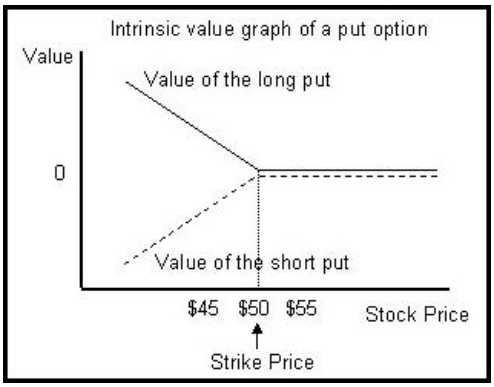


Figure 22: Valeur intrinsèque d'une option put

La figure 23, à la différence de la figure 21, montre le profit effectif de l'*option call* ainsi que son seuil de rentabilité[58]. En effet, il faut prendre en considération qu'il faut payer une prime pour acheter une option. Dans ce cas, la prime est de 5$ alors que le prix d'exercice est de 40$. Le seuil de rentabilité de l'option sera atteint lorsque le sous-jacent, l'action, aura atteint le prix de 45$. A ce moment le détenteur de l'option exercera son droit d'achat de l'action à un prix de 40$ mais comme il aura payé 5$ de prime, son coût total sera de 45$. Cette somme pourra être remboursée s'il revend immédiatement l'action à 45$. Quand l'action atteint 46$, il gagne 1$, puis 2$ lorsqu'elle atteint 47$, et ainsi de suite.

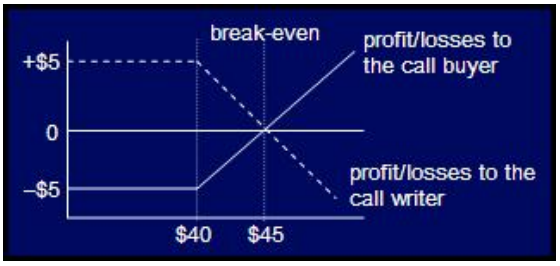


Figure 23: Diagramme de profitabilité d'une option call

La figure 24, comme la figure 23, montre le profit effectif de l'*option put* ainsi que son seuil de rentabilité. Le seuil de rentabilité de l'option sera ainsi atteint lorsque le sous-jacent, l'action, aura atteint le prix de 35$. A ce moment le détenteur de l'option

[58] Le terme anglophone « break-even point » est souvent utilisé dans la bibliographie française pour définir le seuil de rentabilité.

exercera son droit de vente à découvert[59] de l'action à un prix de 40$ mais comme il aura payé 5$ de prime, il aura effectivement 35$ en poche qu'il devra payer pour racheter son action qu'il a vendue sans la détenir. Si le prix de l'action descendait à 34$, il gagnerait 1$, à 33$ son gain serait de 2$, et ainsi de suite jusqu'à un gain maximum de 35$ si l'action devait chuter à 0$.

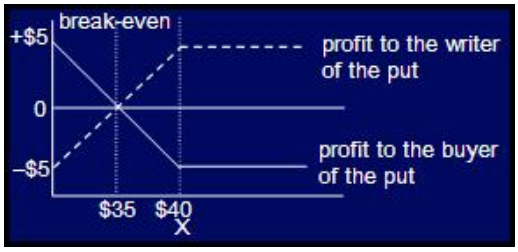


Figure 24: Diagramme de profitabilité d'une option put

Les cinq variables suivantes sont déterminantes pour la fixation du prix d'une option selon la formule d'évaluation d'option selon Black-Scholes :

1) S_0 : valeur de l'actif sous-jacent
2) T : temps qui reste à l'option avant son échéance (exprimé en années ou autre unité de temps)
3) K : prix d'exercice fixé par l'option
4) r : le taux d'intérêt sans risque
5) σ: la volatilité de l'actif sous-jacent

Autres notations dans ce texte :

1) C_0 : valeur d'une *option call* américaine
2) P_0 : valeur d'une *option put* américaine
3) c_0 : valeur d'une *option call* européenne
4) p_0 : valeur d'une *option put* européenne

Les principales options financières sont des options sur les actions, sur les indices boursiers, sur les obligations, sur les taux d'intérêts, sur les monnaies ou taux de changes et les matières premières.

Pour la suite de ce travail, il est important de comprendre qu'il existe deux sortes d'options. Premièrement les options européennes qui ne peuvent être exercées qu'à leur date d'expiration T et les options américaines qui peuvent être exercées à n'importe quel moment avant leur date d'expiration T. Sans entrer dans les détails mathématiques, il faut souligner, à ce stade, que la plus grande flexibilité d'une action américaine impli-

[59] Encore un terme que l'on entend régulièrement dans les médias. *Short selling* est l'équivalent de vente à découvert signifiant que le sous-jacent est vendu sans l'avoir possédé.

que que sa valeur est au moins égale ou supérieure à celle d'une option européenne, comme mentionné ci-dessous :

$$C_0 \geq c_0$$
$$P_0 \geq p_0$$

Ce concept d'augmentation de valeur dû à la flexibilité est une question centrale dans la théorie des options réelles. Comme mentionné dans les désavantages de la méthode DCF, ce concept est l'un des grands avantages de la théorie des options réelles. La méthode la plus courante pour valoriser le prix d'une option européenne est la théorie de Black-Sholes qui est une formule complexe, comme on peut le constater dans la figure 25.

$$c = S_0 N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2)$$
$$p - Ke^{-rT} N(\ d_2) \quad S_0 N(\ d_1)$$
$$d_1 = \frac{\ln(\frac{S_0}{K}) + (r + \frac{1}{2}\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$
$$d_2 = \frac{\ln(\frac{S_0}{K}) + (r - \frac{1}{2}\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Figure 25 : Formule de Black-Sholes pour l'évaluation d'une option européenne. Les notations correspondent à celles mentionnées en amont de ce texte : N représente une fonction de distribution standard normale.

Dans les années 1970, Fischer Black, Myron Sholes et Robert Merton ont apporté une contribution majeure dans l'évaluation des options d'actions. Ceci a conduit à la fameuse formule Black-Scholes, parfois dénommée Black-Scholes-Merton (BSM). Robert Merton et Myron Scholes ont reçu le prix Nobel en 1995 en lien avec ce modèle d'évaluation d'option (OPM)[60].

Ce qu'il faut comprendre dans le cadre de cette thèse, c'est l'impact des différentes variables sur le prix d'une option[61]. En effet, ces relations seront identiques pour les options réelles. Comme le précise la figure 26, le modèle comporte cinq variables. Si l'on observe attentivement la formule de la figure 25, et comme résumé dans la figure 26, la valeur d'une *option call* augmente avec le prix de l'actif sous-jacent, ainsi que sa volatilité et celle du taux d'intérêt sans risque. Au contraire, la valeur de cette même option diminue lorsque le prix d'exercice augmente et que l'échéance du contrat appro-

[60] cf. Hull John C., chap. 13, Chriss, N. A. (1997), De Fusco, R. A. (2001), Don M., C. (2003). En anglais le modèle est nommé le « Option Pricing Modell, OPM »
[61] cf. Figure 26

che. La formule BSM est conçue pour des options européennes et non américaines. Sans aller dans les détails, mais ceci à son importance en ce qui concerne les options réelles – qui seront étudiées plus tard-, cette formule est valable si le temps est continu ; c'est-à-dire que le temps entre chaque étape d'évaluation tout au long du contrat est infiniment petite. Elle s'applique ainsi à des marchés transparent est liquides, ce qui est souvent le cas pour les marchés financiers mais certainement beaucoup moins pour les marchés immobiliers.

Variable	Impact sur valeur du call	Impact sur valeur du put
S_0 : valeur de l'actif sous-jacent	positif[62]	Négatif
σ: volatilité de l'actif sous-jacent	Positif	Positif
r : taux d'intérêt sans risque	Positif	Positif
T : temps jusqu'à expiration	négatif [63] (valeur du call temps vers 0 à maturité)	Positif (valeur du put temps vers 0 à maturité)
K : prix d'exercice	négatif	Positif

Figure 26 : Impact des variations de chaque variable sur le prix des options

	Optionspreis	Realoptionen
Option auf	Finanzprodukt	Realgut
S_0	Preis des Basiswerts	∑ der erwarteten diskontierten Gewinne
K	Ausübungspreis	∑ der erwarteten diskontierten Kosten
r	Risikoloser Zinssatz	Zinssatz
T	Laufzeit der Option	Laufzeit der Investitionsentscheidung
σ	Volatilität	Risiko *

Figure 27 : Correspondance des 5 variables option financières – options réelles, Prof. Dr. Marc Chesney, Ord. Professor für Quantitative Finance, Vice Director of Department of Banking and Finance, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012

On approche ainsi du traitement de la question centrale de ce travail, les options réelles. Dans cette introduction, un peu longue certes, mais indispensable pour la compréhension de la suite, les options financières ont principalement été débattues. Les options réelles, comme leur nom l'indique, sont des options se rapportant à des biens réels tel que terrain, ressources minières ou autres ressources naturelles, fabriques d'énergie,

[62] Positif signifie que lorsque la variable augmente, la valeur de l'option augmente et que lorsque la variable diminue, la valeur de l'option diminue aussi

[63] Négatif signifie que lorsque la variable augmente, la valeur de l'option diminue et que lorsque la variable diminue, la valeur de l'option augmente

stockage de matières première, oléoduc, etc. La plupart des investissements sont caractérisés par 4 critères[64] : réversibilité opposée à irréversibilité, incertitude, dimension temps de l'investissement et la concurrence. La figure 27 illustre la correspondance entre options financières et réelles des 5 variables influençant la valorisation d'une option.

Comme nous l'avons déjà vu, la méthode classique DCF comporte les quatre désavantages suivants :

1) Les risques dans le modèle statique DCF ne sont pas estimés à leur juste valeur.
2) Il n'y a pas de flexibilité temps dans la méthode DCF.
3) La méthode DCF ignore la flexibilité de management quant à des changements de direction stratégique de l'entreprise.
4) La concurrence n'est pas suffisamment considérée.

La méthode des options réelles permet de prendre en considération l'agrandissement ou réduction d'un projet, son retard ou abandon complet, ou encore son changement de direction.
Pour comprendre la suite, il faut se souvenir de la définition d'option financière[65]. Les options réelles correspondent au droit, mais pas à l'obligation, d'entreprendre un investissement à un certain coût tout au long d'une période déterminée. Ceci correspond donc à une option américaine. La définition économique d'un terrain destiné à la construction est la capacité fondamentale que sa propriété donne à son propriétaire et plus particulièrement le droit sans obligation de développer un projet immobilier. Ceci correspond à la définition d'une option call.

3.3.1 Avantages

La théorie des options réelles permet de prendre en considération les lacunes de la méthode DCF mentionnés plus haut. Plus particulièrement, elle permet de donner une valeur à l'incertitude dans le temps.

[64] cf. Prof. Dr. Marc Chesney, Ord. Professor für Quantitative Finance, Vice Director of Department of Banking and Finance, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012
[65] cf. 3.3

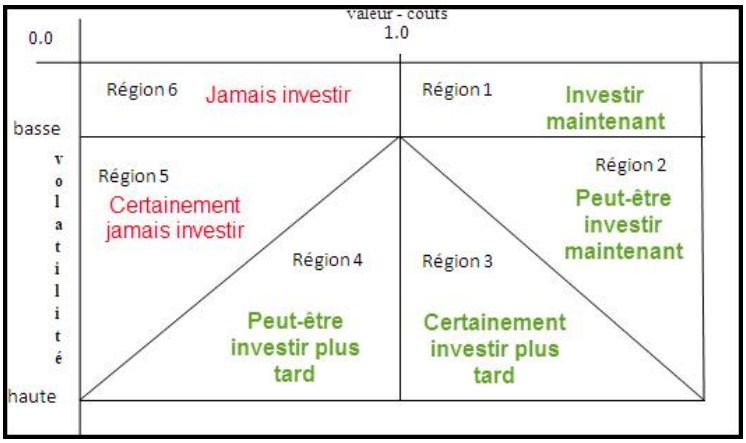


Figure 28 : Impact de la volatilité et du ratio valeur/coût d'un investissement sur la décision d'investissement

La figure 28 illustre la prise en considération par les options réelles de la flexibilité dans les décisions d'investissements. La méthode DCF donne un signal binaire d'investissement immédiat dans les régions 1, 2 et 3 alors que la méthode d'options réelles confirme l'investissement immédiat uniquement dans la région 1. Dans les régions 2 et 3 et selon les conditions du moment, il serait peut-être plus profitable économiquement de retarder l'investissement - dans le cas présent, l'achat du terrain-. Même la région 4, qui a un ratio-valeur inférieur à 1 -NPV[66] négatif selon la DCF-, est potentiellement intéressante dans le futur lorsque la volatilité de l'actif sous-jacent -l'immeuble dans le cas présent- augmente. Avec la méthode DCF, cette région 4 est écartée définitivement.

3.3.2 Désavantages

Bien que la méthode des options réelles soit une alternative très intéressante dans l'estimation du moment opportun pour l'investissement ou le désinvestissement, elle est un processus mathématiquement extrêmement complexe. Comme expliqué précédemment, la formule de Black-Scholes est applicable principalement aux options financières européennes, mais les méthodes d'évaluation d'options réelles sont dérivées de la logique de Black-Scholes. Les chapitres 3.4 et 3.5 porteront sur deux méthodes pour l'évaluation du prix du terrain. Celles-ci sont les arbres binomiaux et la formule de Samuelson-McKean. Elles font partie des techniques d'évaluation d'options réelles.

[66] La Net Present Value est la différence entre les flux positifs et négatifs de trésoreries actualisés. Si le NPV est positif, la règle selon la méthode DCF, est d'investir. S'il est négatif, l'investissement ne doit pas être entrepris

3.3.3 Applications à l'évaluation des biens immobiliers

Il faut reconnaître que pour l'instant les options réelles dans le secteur immobilier sont principalement débattues et appliquées dans les sphères académiques. Quelques exemples d'application sont particulièrement intéressants. Kanak Patel et Dean Paxsons[67] ont estimé le fameux projet de développement de Canary Wharf à Londres. Comme la plus part du temps avec les options réelles, ils en ont déduit des valeurs plus importantes qu'avec la méthode DCF/NPV. Par contre, ce qui est surprenant, c'est que les valeurs calculées grâce aux options réelles étaient malgré tout encore plus basses que ce qui s'est finalement négocié sur le marché. La question reste à savoir si le marché était plus performant en valorisant implicitement des options cachées que MM. Patel et Paxton n'auraient pas identifiées, ou est-ce-que le marché aurait simplement surévalué le projet ?

Les exemples d'utilisation des options réelles dans l'évaluation du terrain à bâtir sont encore moins nombreux. Le prochain chapitre illustre cette méthode, en mettant l'accent sur le canton de Vaud.

[67] Howell, Sidney; Stark, Andrew; Newton, David; Paxton, Dean, (2001), ch. 9

4 Le modèle d'options réelles call pour l'évaluation du terrain à bâtir dans le canton de Vaud

Le modèle d'option d'évaluation du terrain est le plus approprié pour des terrains nus ou pratiquement nus ou dans une phase de transition d'affectation. Deux théories principales de ce modèle seront développées, il s'agit des arbres binomiaux et de la formule de Samuelson McKean, Dans tous les cas, il est important de reconnaître que les options réelles qui génèrent la valeur du terrain correspondent à l'option de développement de la parcelle[68].

4.1 Les données statistiques

Comme dans toute modélisation, les données utilisées sont d'une importance primordiale pour la validation des résultats. A ce stade, il faut rappeler l'objectif principal de ce travail qui est de trouver la valeur du terrain, ainsi que le meilleur moment pour un propriétaire de s'en défaire, si cela est justifié économiquement. D'après la définition élaborée au chapitre 3.3, le terrain est une option réelle. Son actif sous-jacent est l'immeuble qui y sera construit. Comme étudié précédemment, l'une des variables primordiales du prix du terrain est la volatilité du projet construit. Il existe trois options pour déterminer cette volatilité :

1) Une simple estimation. Dans ce cas, les simulations de sensibilité de cette volatilité sur les résultats s'avèrent de toute importance, afin de voir s'il y de grands changements de la valeur de l'option suite à de petites variation de volatilité.

2) Obtenir des données fiables de source(s) indépendante(s)

3) En lien avec le point 1), réunir de l'information qualitative de la part de professionnels que l'expérience a sensibilisé au risque.

Dans le cadre de cette thèse, la méthode 2) sera utilisée, et complétée par la 3). Les données sur le canton de Vaud ont été mises à disposition par la société Wüest & Partner, et sont résumées dans la figure 29.

[68] Geltner David (2007), p. 731

Abréviation	Types biens
MI	Maisons individuelles
LoLo	Logements en location
LoPr	Logements en propriété
TC IMF	Terrain à construire pour immeubles multifamiliaux
TC MI	Terrain à construire pour maisons individuelles
TRX LoPr	Indice de transaction pour logements en propriété
TRX MI	Indice de transaction pour maisons individuelles
X	Années pour lesquelles ces données fiables sont à disposition

Année	MI	LoLo	LoPr	TC IMF	TC MI	TRX LoPr	TRX MI
1985	-	-	-	-	-	X	X
1986						X	X
1987	-	-	-	-	-	X	X
1988	-	-	-	-	-	X	X
1989	-	-	-	-	-	X	X
1990	-	-	-	-	-	X	X
1991	-	-	-	-	-	X	X
1992	-	-	-	-	-	X	X
1993	-	-	-	-	-	X	X
1994	-	-	-	-	-	X	X
1995	-	-	-	-	-	X	X
1996	-	-	-	-	-	X	X
1997						X	X
1998	-	-	-	-	-	X	X
1999	-	-	-	-	-	X	X
2000	-	-	-	-	-	X	X
2001	X	X	X	-	-	X	X
2002	X	X	X	-	-	X	X
2003	X	X	X			X	X
2004	X	X	X	-	-	X	X
2005	X	X	X	-	-	X	X
2006	X	X	X	-	-	X	X
2007	X	X	X	X	X	X	X
2008	X	X	X	X	X	X	X
2009	X	X	X	X	X	X	X
2010	X	X	X	X	X	X	X
2011	X	X	X	X	X	X	X
2012	X	X	X	-	-	-	-

MS-région	Nom
84	Lausanne
85	Morges
86	Nyon
87	Vevey
88	Aigle
89	Pays d'Enhaut
90	Gros-de-Vaud
91	Yverdon
92	La Vallée
93	La Broye

Figure 29 : Régions MS du canton de Vaud, types de biens immobilier[69] et séries statistiques utilisées

Il est donc important d'avoir des données historiques sur les valeurs de l'actif sous-jacents avec lesquels les volatilités et autres informations statistiques peuvent être calculées.

Pour les 10 régions MS du canton de Vaud, quelques données statistiques sont à disposition trimestriellement alors que d'autres, telles les indices, le sont seulement annuellement. Afin d'avoir une certaine consistance, les données trimestrielles ont été annualisées en prenant une moyenne arithmétique des quatre trimestres.

Dans un premier temps, une comparaison entre des types de biens identiques à travers les régions MS sera effectuée. Dans la figure 30 apparaît une volatilité de 19% de l'indice de transaction des logements en propriété, dont les volatilités les plus élevées se trouvent dans l'arc lémanique : Lausanne, Morges, et Nyon. Ceci est très pertinent, car ce marché très tendu réagit plus rapidement à des changements que d'autres marchés moins sensibles comme La Vallée. Cette volatilité de 19% sera la base de départ pour le calcul de la valeur de l'option terrain.

La matrice de corrélation donnée dans la figure 31 permet de faire un bilan de la cohérence des données. Celui-ci est extrêmement encourageant puisqu'il y a une corrélation extrêmement élevée entre toutes les régions.

[69] Pour la définition des biens immobiliers, le lecteur se référera aux actes Immo-Monitoring disponibles chez Wüest & Partner.

Type	TRX LoPr

Average of Valeur	Column Labels									
Row Labels	Aigle	Gros-de-Vaud	La Broye	La Vallée	Lausanne	Morges	Nyon	Pays d'Enhaut	Vevey	Yverdon
1985	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1986	103	105	104	103	101	103	105	103	102	104
1987	110	110	106	104	109	111	116	104	109	108
1988	115	115	109	107	116	122	124	107	118	116
1989	121	119	114	115	127	132	133	116	127	125
1990	122	122	122	121	126	131	132	122	127	130
1991	123	124	124	126	128	132	132	128	129	132
1992	116	123	123	125	121	125	125	126	123	130
1993	114	121	121	123	120	124	123	124	120	129
1994	112	116	120	122	117	119	118	123	117	127
1995	107	113	116	120	113	117	115	121	111	124
1996	105	110	115	117	107	112	112	118	105	120
1997	97	101	106	109	102	109	108	115	99	113
1998	97	101	105	109	103	108	108	116	100	113
1999	95	102	104	106	104	108	109	113	100	109
2000	94	101	104	106	102	106	106	112	100	108
2001	92	100	103	106	102	105	105	112	98	105
2002	92	100	104	107	104	108	108	115	100	104
2003	89	100	105	108	107	110	112	120	104	105
2004	98	108	109	113	118	121	125	129	115	113
2005	105	116	113	118	126	130	136	140	123	120
2006	115	121	117	122	138	140	149	148	133	124
2007	132	131	125	127	155	155	168	161	147	134
2008	148	140	133	134	169	167	189	175	158	145
2009	160	143	135	135	176	174	200	177	166	149
2010	170	148	143	147	187	184	207	177	179	155
2011	183	164	157	154	214	207	232	195	202	172
Volatilité relative	**21%**	**14%**	**12%**	**12%**	**23%**	**21%**	**26%**	**20%**	**22%**	**14%**

Volatilité moyenne sur l'ensemble	**19%**

Figure 30 : Indice de transaction régionale sur logement en propriété, volatilité relative régionale et volatilité moyenne

TRX LoPr	Aigle	Gros-de-Vaud	La Broye	La Vallée	Lausanne	Morges	Nyon	Pays d'Enhaut	Vevey	Yverdon
Aigle	100.0%	97.9%	95.1%	92.1%	96.7%	96.6%	96.0%	87.7%	97.6%	95.1%
Gros-de-Vaud	97.9%	100.0%	97.9%	95.8%	97.1%	97.5%	95.8%	90.3%	98.4%	97.7%
La Broye	95.1%	97.9%	100.0%	99.1%	94.5%	94.9%	92.5%	89.6%	95.6%	99.1%
La Vallée	92.1%	95.8%	99.1%	100.0%	94.0%	94.5%	91.9%	91.3%	94.7%	98.2%
Lausanne	96.7%	97.1%	94.5%	94.0%	100.0%	99.8%	99.7%	95.9%	99.6%	94.3%
Morges	96.6%	97.5%	94.9%	94.5%	99.8%	100.0%	99.5%	95.7%	99.6%	95.2%
Nyon	96.0%	95.8%	92.5%	91.9%	99.7%	99.5%	100.0%	96.4%	98.8%	92.7%
Pays d'Enhaut	87.7%	90.3%	89.6%	91.3%	95.9%	95.7%	96.4%	100.0%	93.7%	89.8%
Vevey	97.6%	98.4%	95.6%	94.7%	99.6%	99.6%	98.8%	93.7%	100.0%	95.3%
Yverdon	95.1%	97.7%	99.1%	98.2%	94.3%	95.2%	92.7%	89.8%	95.3%	100.0%

Figure 31 : Corrélations régionales sur l'indice de transaction logements en propriété

Similaire à la figure 30 mais sans montrer toutes les données par souci de protection de celles-ci, l'ensemble des volatilités par région et type d'immobilier est résumé dans la figure 32. Dans le modèle d'options, il sera procédé à quelques simulations avec des volatilités différentes mais les moyennes se situent clairement aux alentours de 18% et 20% pour les immeubles construits et sont sans surprise plus élevés pour les terrains non construits. Ce dernier élément devra encore être vérifié par un test d'élasticité de prix pour le terrain nu opposé aux biens immobiliers construits. La pratique dit clairement que lorsque le prix des immeubles varie de 1%, le prix du terrain varie d'une manière plus prononcée. C'est ce qui sera démontré plus tard mais qui apparaît déjà clairement dans ces volatilités.

Type	Aigle	Gros-de-V	La Broye	La Vallée	Lausanne	Morges	Nyon	Pays d'Enh	Vevey	Yverdon	Moyenne
TRX MI	20%	19%	11%	16%	24%	25%	31%	20%	25%	16%	20%
TRX LoPr	21%	14%	12%	12%	23%	21%	26%	20%	22%	14%	19%
TC MI	40%	23%	28%	50%	23%	24%	19%	24%	26%	30%	29%
TC IMF	56%	38%	48%	7%	16%	18%	13%	50%	20%	9%	28%
LoPr	33%	20%	19%	20%	28%	24%	27%	18%	27%	21%	24%
LoLo	12%	10%	10%	10%	12%	12%	10%	10%	13%	8%	11%
MI	19%	14%	11%	10%	17%	18%	19%	15%	20%	12%	15%

Figure 32: Ensemble des volatilités régionales pour chaque type d'immobilier

Bien qu'il ne soit pas nécessaire de montrer toutes les matrices de corrélations régionales, celle des terrains à construire pour immeuble multifamiliaux sont présentées dans la figure 33. A nouveau, il est constaté que les corrélations restent particulièrement élevées. Sans autre matrice de corrélation à comparer, il faudrait rester prudent car la série statistique se limite à cinq ans. Mais étant donné que les cinq autres combinaisons – qui ne sont pas illustrées ici - de matrices de corrélations montrent des résultats allant dans la même direction, cela incite à la confiance.

TC IMF	Aigle	Gros-de-Vaud	La Broye	La Vallée	Lausanne	Morges	Nyon	Pays d'Enhaut	Vevey	Yverdon
Aigle	100.0%	95.5%	94.9%	94.6%	98.1%	94.5%	97.1%	89.2%	98.5%	79.4%
Gros-de-Vaud	95.5%	100.0%	99.8%	96.8%	97.0%	99.6%	99.4%	98.3%	98.0%	87.7%
La Broye	94.9%	99.8%	100.0%	95.7%	95.8%	99.5%	99.5%	98.9%	97.1%	86.5%
La Vallée	94.6%	96.8%	95.7%	100.0%	98.6%	94.6%	96.9%	93.1%	98.1%	94.7%
Lausanne	98.1%	97.0%	95.8%	98.6%	100.0%	95.6%	97.2%	91.3%	99.8%	88.5%
Morges	94.5%	99.6%	99.5%	94.6%	95.6%	100.0%	98.4%	98.2%	97.0%	84.4%
Nyon	97.1%	99.4%	99.5%	96.9%	97.2%	98.4%	100.0%	97.2%	98.1%	86.8%
Pays d'Enhaut	89.2%	98.3%	98.9%	93.1%	91.3%	98.2%	97.2%	100.0%	92.9%	87.3%
Vevey	98.5%	98.0%	97.1%	98.1%	99.8%	97.0%	98.1%	92.9%	100.0%	87.2%
Yverdon	79.4%	87.7%	86.5%	94.7%	88.5%	84.4%	86.8%	87.3%	87.2%	100.0%

Figure 33 : Corrélations régionales sur les terrains à construire pour immeubles multifamiliaux

Dans une deuxième phase d'analyse statistique, les corrélations entre types d'immobilier ont été analysées au sein de chaque région indépendante. La figure 34 présente un exemple où ces corrélations sont également très élevées. Les analyses de corrélation pour toutes les régions montrent que les corrélations sont similaires à celles de Morges.

Morges	MI	LoLo	LoPr	TC IMF	TC MI	TRX LoP	TRX MI
MI	100.0%	99.0%	99.6%	88.6%	99.4%	99.3%	99.1%
LoLo	99.0%	100.0%	99.1%	87.6%	99.7%	98.3%	98.7%
LoPr	99.6%	99.1%	100.0%	86.4%	99.6%	99.3%	99.2%
TC IMF	88.6%	87.6%	86.4%	100.0%	90.2%	93.8%	92.0%
TC MI	99.4%	99.7%	99.6%	90.2%	100.0%	97.3%	98.1%
TRX LoPr	99.3%	98.3%	99.3%	93.8%	97.3%	100.0%	94.7%
TRX MI	99.1%	98.7%	99.2%	92.0%	98.1%	94.7%	100.0%

Figure 34: Corrélations entre types d'immobiliers dans la région MS de Morges

La figure 35 résume les volatilités entre régions tous types confondus et entre types toutes régions confondues. Les moyennes se situent à 21% et ceci sera à nouveau une indication primordiale pour les simulations des options réelles selon les arbres binomiaux et la formule de Samuelson-McKean.

	MI	LoLo	LoPr	TC IMF	TC MI	TRX LoPr	TRX MI	Moyenne
Aigle	19%	12%	33%	56%	40%	21%	20%	**29%**
Gros-de-Vaud	14%	10%	20%	38%	23%	14%	19%	**20%**
La Broye	11%	10%	19%	48%	28%	12%	11%	**20%**
La Vallée	10%	10%	20%	7%	50%	12%	16%	**18%**
Lausanne	17%	12%	28%	16%	23%	23%	24%	**20%**
Morges	18%	12%	24%	18%	24%	21%	25%	**20%**
Nyon	19%	10%	27%	13%	19%	26%	31%	**21%**
Pays d'Enhaut	15%	10%	18%	50%	24%	20%	20%	**23%**
Vevey	20%	13%	27%	20%	26%	22%	25%	**22%**
Yverdon	12%	8%	21%	9%	30%	14%	16%	**16%**
Moyenne	**15%**	**11%**	**24%**	**28%**	**29%**	**19%**	**20%**	

Figure 35 : volatilités régionales pour chaque type d'immobilier et part types d'immobilier pour chaque région MS

En résumé, les résultats des données statistiques ci-dessus sont consistants et devraient permettre de faire des analyses de sensibilité sans craindre des erreurs grossières d'interprétation dans la suite.

Dans la formule de Samuelson-McKean, l'élasticité entre le prix du terrain et le prix de l'immeuble construit joue un rôle important. Cette formule également utile dans l'évaluation du terrain sera utilisée ultérieurement. Une analyse de ces élasticités selon les statistiques à disposition montre des élasticités régionales plus ou moins égale variant de 3.5 à 5 entre TC MI d'une région donnée et les différents types d'immeubles construits dans cette même région. Ces élasticités sont comprises dans les mêmes intervalles entre TC IMF d'une région donnée et les différents types d'immeubles construits dans cette même région. En d'autres termes, selon ces statistiques une augmentation de valeur de l'immeuble construit amènerait à une augmentation de valeur du terrain à construire d'environ 3% à 5% selon les régions.

4.2 Arbres Binomiaux

4.2.1 Quelques informations théoriques

La méthode binomiale d'évaluation d'options est intéressante, car elle est capable de prendre en compte un nombre important de conditions pour lesquelles l'application d'autres modèles n'est pas aisée. Cela vient en grande partie du fait que la méthode binomiale prend en compte les variations de l'actif sous-jacent -contrairement à d'autres méthodes qui ne prennent en compte qu'un point fixe-. La méthode binomiale est en particulier utilisée pour les options américaines dont les terrains à construire font partie.[70] La méthode binomiale est de plus mathématiquement relativement simple et peut être modélisée sans trop de difficulté sur des tables de calculs comme Excel.

[70] Dans cette thèse, le terrain est considéré comme une option américaine même si l'on sait que selon LAT 15, art. 2, il y a comme une limite maximale à quinze ans pour la construction. Cependant pendant cette période de 15 ans, le propriétaire peut développer ou non tant qu'il a le droit de thésauriser le terrain.

La méthode binomiale utilise un « cadre à temps discret » pour retracer l'évolution de l'actif sous-jacent, via un arbre, pour un nombre donné de « pas » qui correspond au temps entre la date d'évaluation et celle de l'expiration de l'option. Chaque nœud de l'arbre (intersection entre deux branches de l'arbre) est un prix possible du sous-jacent à un moment précis dans le temps. Cette évolution des prix constitue la base de l'évaluation des options.

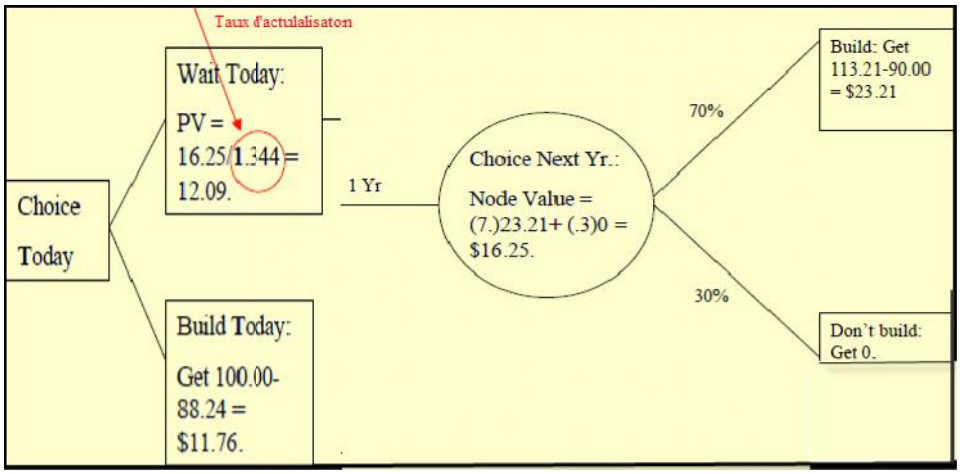


Figure 36 : Différence de valeur du terrain entre méthodes DCF et option réelle sur exemple simple, sur le modèle de Geltner David (2007)

La figure 36 illustre la mécanique des arbres binomiaux. Le processus d'évaluation est itératif. On part du nœud final de chaque branche et ensuite on « remonte » jusqu'au premier nœud (date d'évaluation), où le résultat du calcul est la valeur de l'option. Comme illustré dans la figure 36, en admettant que la valeur de l'immeuble est de 100 aujourd'hui avec de coûts de construction de 90 dans 1 année. Ces coûts déflatés de 2% serait effectivement aujourd'hui de 88.24, ce qui laisse une valeur positive de 11.76. Selon le DCF, il faudrait construire. Néanmoins, en prenant l'exemple où dans un an le projet peut valoir 113.21 avec 70% de probabilité ou une valeur inférieure aux coûts de construction de 90. Cela donnerait un prix de terrain en année 1 de 16.25 comme le montre, sur la figure 36, le calcul intégré dans le cercle. En actualisant à un taux de 34.4% une valeur de 12,09 de l'option réelle serait obtenu, donc du terrain, qui est plus élevé que les 11.76. Bien qu'une méthode simple de comparaison de coûts et revenus selon DCF soit positive, il vaut la peine dans ce cas de figure d'attendre une année.

La méthode utilise donc toujours le processus suivant :

1. création de l'arbre,
2. calcul de la valeur de l'option au nœud final de chaque branche,

3. calcul progressif de la valeur de l'option à partir du nœud précédent, la valeur du premier nœud étant la valeur de l'option.

4.2.2 Application à la évaluation du terrain à bâtir sur le Canton de Vaud

A présent, le modèle binomial sera utilisé pour simuler la valeur du terrain dans le canton de Vaud. Afin de simplifier, des unités neutres dans le calcul seront utilisées, qui sont faciles à extrapoler selon le besoin. En d'autres termes, le prix du sous-jacent aura toujours la valeur 100.

Bien que des simulations soient utilisées, la figure 37 servira de référence pour le rendement total (cash-flows et gain en capital) et rendement des cash-flows.

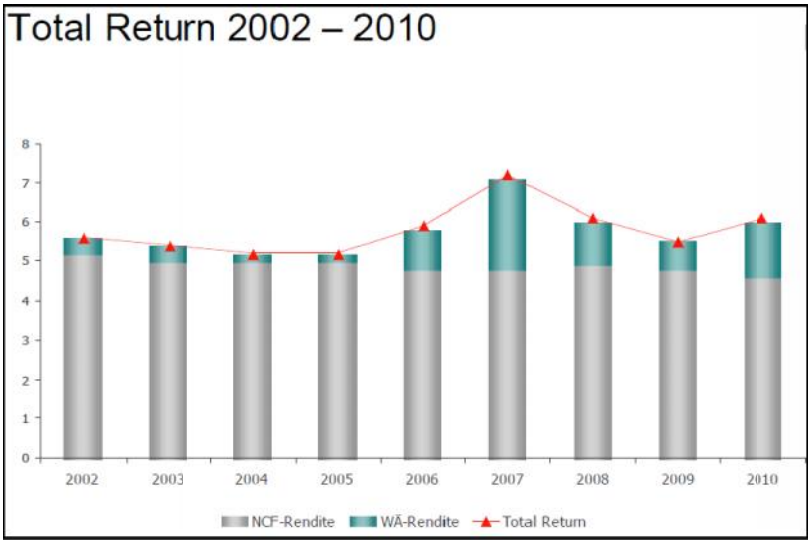


Figure 37 : Rendement du cash-flow, gain en capital et rendement total de IPD /Wüest & Partner Switzerland Annual Property Index, Christian Felker, Wüest & Partner, cours du CUREM lors du Master of Advanced Studies in Real Estate, 2011/2012,

Les volatilités utilisées pour les simulations seront tirées des données statistiques développées au chapitre 4.1., ainsi que de la sensibilité obtenue lors des entretiens avec les professionnels de la branche.

Le modèle d'arbres binomiaux utilisé fonctionne sous le tableur Microsoft Excel 2007 et a été conçu à partir de différentes publications[71]. Le but de cette thèse n'étant pas d'expliquer toute la démarche mathématique pour arriver à la valeur de l'option, seuls les résultats seront commentés au chapitre 4.2.3 ci-après.

4.2.3 Résultats

L'objectif est donc de trouver la valeur du terrain en fonction du prix du projet fini et de savoir à quel moment exercer l'option. En d'autres termes, à quel moment faut-il commencer le développement et ne pas laisser le terrain libre de construction ?

[71] cf. principalement de Geltner (2007) avec modification de l'auteur.

Les arbres binomiaux ont été simulés en faisant changer les variables principales qui sont la volatilité du projet fini (sigma), les coûts du projet en pourcentage de la valeur du projet finis (K initial), la durée maximale de l'option, le rendement total (rV), le rendement net (yV), la croissance des coûts de constructions (gK) correspondant à l'inflation, le taux sans risque (rf) qui est l'inflation. La valeur du projet est donc fixée à 100 et les coûts sont exprimés en termes relatifs. La valeur de l'option est également exprimé de manière relative à la valeur initiale du projet. Il est donc très facile à quiconque d'extrapoler la valeur de l'option, donc du terrain, en mettant la valeur effective du projet et d'appliquer la valeur relative de l'option trouvée à cette valeur du projet.

Dans la figure 38, un exemple de simulation permet d'obtenir une valeur d'option, donc de terrain de CHF 17.95 pour une valeur de projet de 100. Pour un propriétaire, cela signifie qu'il devrait négocier 17.95% du prix du projet final le prix de son terrain à bâtir au moment d'exercer son option.

Enter (input): Pour projet max. 12 ans*		*Resulting (output):*	
Period length (*T/n*) in yrs =	1.0000		
Riskfree interest rate (rf) =	1.50%	rf/period=	1.50%
Underl Asset Total Return (rV) =	6.00%	rV/period =	6.00%
Underl Asset Cash yield (yV) =	5.00%	yV/period=	5.00%
K growth rate (gK) =	0.50%	K gro/per=	0.50%
Volatility (sigma) =	25%	V gro/per=	0.95%
V(initial) =	SFr. 100.00	sig/period=	25.00%
K(initial) =	SFr. 90.00	yK/period=	1.00%
		"p" real prob=	0.5778
		"u" =	1.2500
		"d" =	0.8000
		Option Value	**SFr. 17.95**

Figure 38 : Exemple de résultat du modèle binomial avec données d'entrée (input) et la valeur de l'option correspondante (output)

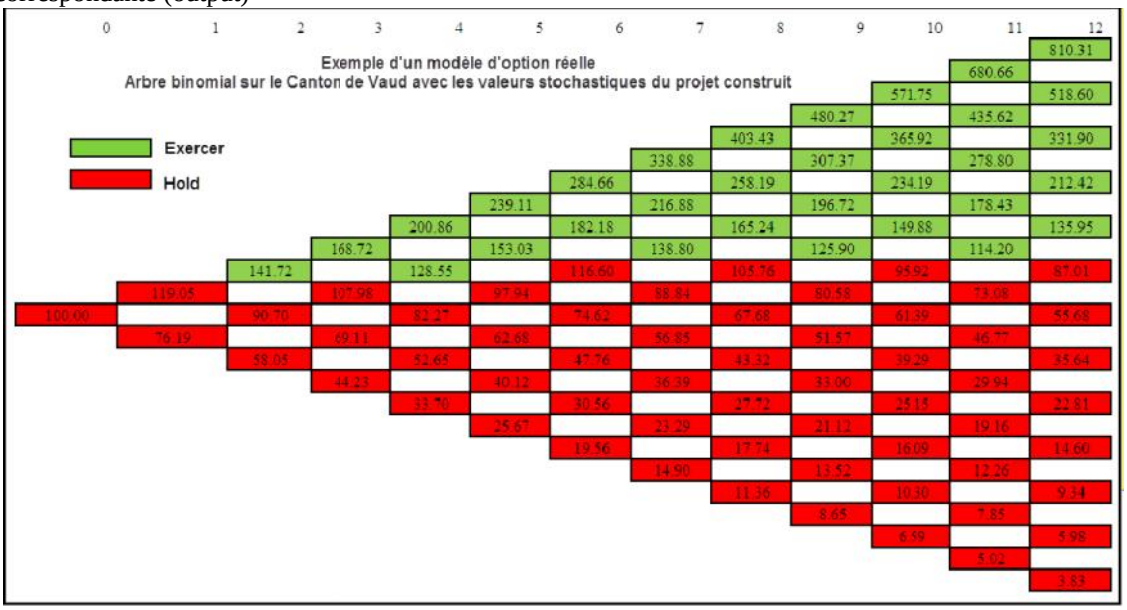


Figure 39: Arbre binomial d'un projet immobilier dans le Canton de Vaud avec les valeurs stochastiques du projet construit et les périodes idéales pour l'exercice de l'option terrain à bâtir

Dans la figure 39, l'arbre binomial est dessiné d'après les données d'entrée de la figure 38. Chaque nœud correspond à une étape possible que la valeur du projet immobilier pourrait prendre durant les douze prochaines années. Le modèle indique également en vert à quel moment il serait opportun d'exercer l'option, donc de lancer le développement du projet et ne plus laisser le terrain nu. Par exemple, en année 2 suite à deux mouvements à la hausse, le premier passe de 100 à 119.05 puis à 141.72, le moment optimal est atteint pour exercer l'option. Les nœuds en rouges signalent qu'il ne faut pas exercer mais continuer à attendre, donc à spéculer pour des changements plus favorables. En année 4, nous avons deux états d'exercice possible pour l'option valorisée à 17.95, c'est-à-dire lorsque le prix du projet est à 200.86 ou 128.55. Le même principe s'applique jusqu'en année 12.

La figure 40 décrit la distribution des valeurs possibles que prendrait un projet construit en année 0 tout au long des 12 années d'observation. Bien que les probabilités conditionnelles soient de 57,78%[72], respectivement 42.22% (100% - 57.78%), que les valeurs se dirigent d'un nœud à l'autre vers le haut ou le bas, les probabilités non-conditionnelles deviennent normales -en forme de cloche-, sur l'ensemble des valeurs potentielles.

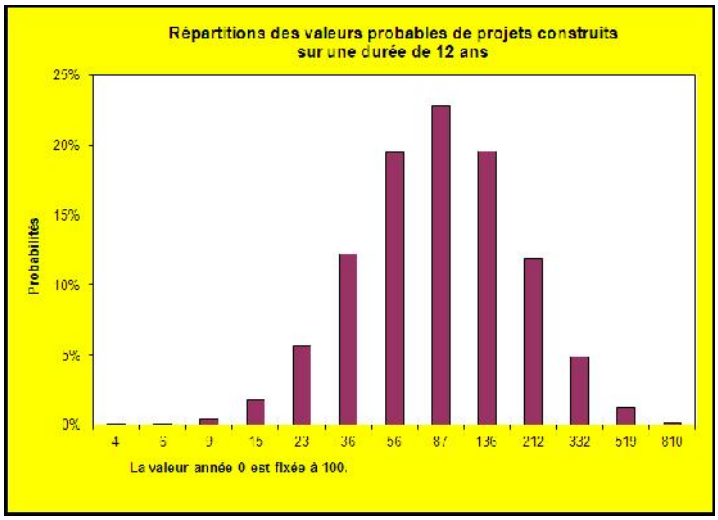


Figure 40 : Répartitions des valeurs probables d'un projet tout au long des 12 ans

Suite à l'exemple statique mentionné précédemment, il était important de comprendre l'évolution de la valeur de l'option réelle, donc du prix du terrain à bâtir, en effectuant des simulations du modèle en changeant l'ensemble des variables. Une méthode par élimination a été appliquée afin de voir quelles étaient effectivement les variables qui avaient la plus grande influence dans l'environnement vaudois. Au départ, 147'000 combinaisons étaient possibles, ce qui rendait l'interprétation des résultats dif-

[72] cf. figures 38, "0utput" sous "p" real prob

ficiles ; cela était principalement dû au fait que bon nombre des valeurs appliquées n'étaient pas vraiment réalistes. Par exemple, il n'est certainement pas opportun de faire tourner le modèle avec un taux sans risque de 5% ou un rendement net de 1%. Les variables ont donc été bloquées comme suit :

- Taux sans risque : 1.5%
- Rentabilité totale : 6%
- Rentabilité net : 5%
- Croissance des coûts de construction, inflation : 0.5%

Seuls deux éléments peuvent donc varier : la volatilité et le ratio entre les coûts de construction et la valeur initiale du projet fini.

Le choix pour le gel des quatre variables ci-dessus a été effectué car des changements sensés et marginaux de ces valeurs ont un impact marginal sur la valeur du terrain.

Les figures 41 et 42 présentent les résultats de ces simulations. Celles-ci indiquent que la volatilité joue un rôle extrêmement important lorsque le ratio entre les coûts du projet et valeur du projet se rapproche de 1. En d'autres termes, sur la figure 41, lorsque les coûts du projet se rapprochent de 100, donc de la valeur du projet, une volatilité importante de 20% et plus donne toujours une valeur significative au terrain à bâtir non développé. En jaune, la valeur de l'option est à 17.9, ce qui correspond à l'exemple développé en détails ci-dessus.

	Coûts du projet incluant tous les coûts excepté prix du terrain à bâtir					
Volatilité	75	80	85	90	95	100
10.00%	25.0	20.0	15.0	10.0	5.4	2.9
15.00%	25.0	20.0	15.0	11.3	8.5	6.6
20.00%	25.0	20.4	17.3	14.4	12.4	10.5
25.00%	26.2	23.1	20.0	17.9	16.1	14.3
30.00%	28.7	25.7	23.5	21.4	19.6	17.9
35.00%	31.1	28.9	26.8	24.8	23.0	21.4
40.00%	33.9	31.9	30.0	28.1	26.4	24.9

Figure 41 : Matrices d'options réelles, valeur du terrain à bâtir selon les variations des volatilités et du ratio entre les coûts de construction et la valeur du projet.

Il convient de souligner que dans l`étude statistique des différentes régions MS du canton de Vaud élaborée au chapitre 4.1, les volatilités variaient autour de 20%. Il y avait évidemment des différences régionales et c'est ici que réside l'avantage de ce modèle puisqu'il permet de recalculer rapidement la valeur du terrain en faisant changer la volatilité et d'autres variables si cela s'avère nécessaire.

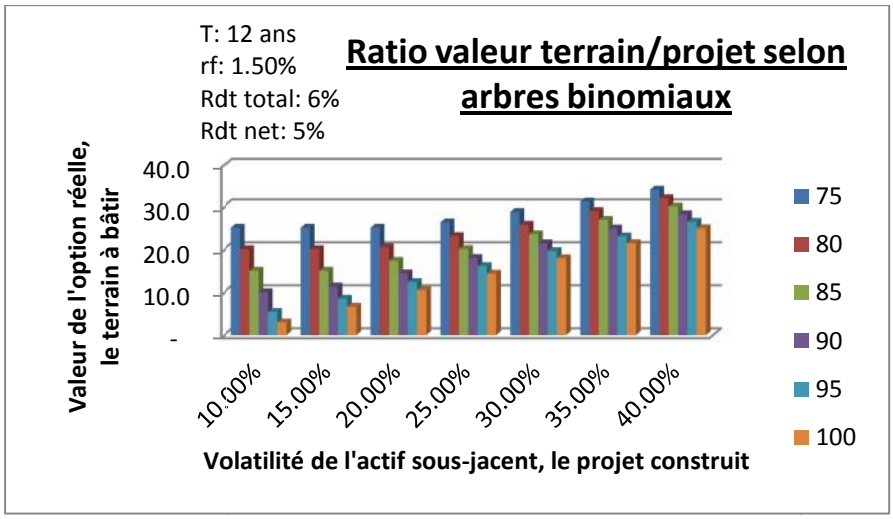


Figure 42: Options réelles, valeur du terrain à bâtir selon les variations des volatilités et du ratio entre les coûts de construction et la valeur du projet

4.3 Formule de Samuelson-McKean

4.3.1 Quelques informations théoriques

Afin d'avoir une deuxième opinion sur le modèle d'options réelles quant à l'évaluation du terrain à bâtir, nous effectuerons quelques simulations avec la formule de Samuelson-McKean. Celle-ci est spécialement adaptée à ce genre d'évaluation. L'arbre binomial est l'un des modèles le plus intuitifs pour estimer le terrain à bâtir et le moment de développement idéal. Cependant, il a une faiblesse pour la Suisse, et partant pour l'étude du canton de Vaud. Il est destiné à des options réelles d'une durée de vie déterminée et non infinies dans le temps[73]. Bien qu'avec les arbres binomiaux, il soit aussi possible d'évaluer approximativement une option perpétuelle en augmentant le nombre de nœuds pour avoir des périodes individuelles infinitésimales, le modèle devient mathématiquement difficile à implémenter.

Afin de simplifier les calculs, l'on supposera que les immeubles sont construits instantanément lorsqu'il est opportun de construire, ce qui n'est évidemment pas le cas dans la réalité, et particulièrement pour les grands projets. Le modèle pourrait être adapté pour tenir compte des différentes étapes de la construction.

L'avantage de cette formule est qu'elle est extrêmement simple et donc compréhensible sans disposer de connaissances mathématiques avancées.

La formule de Samuelson-McKean nécessite trois variables pour décrire l'actif sous-jacent qui est l'immeuble construit :

2) Le rendement net[74]
3) Volatilité de la valeur du sous-jacent, l'immeuble construit

[73] cf. annotation n°: 70
[74] Par la suite sera nommé cash yield our built property cash yield

4) Rendement des coûts de construction[75]

$$C_0 = (V^* - K_0)\left(\frac{V_0}{V^*}\right)^{\eta} \qquad (4)$$

C_0 : Valeur de l'option réelle, donc du terrain à développer

V^* : Valeur limite ou critique (en anglais *« hurdle value »*)

K_0 : Coûts du projet incluant tous les coûts de constructions et le développement, mais excluant le prix du terrain à bâtir

V_0 : Valeur de l'immeuble construit

η : Elasticité de l'option, donc du terrain à bâtir[76]

L'élasticité se calcule selon la formule (5), qui paraît complexe de prime abord, mais qui ne sera pas utilisée comme telle, car celle-ci sera calculée automatiquement dans le tableur Excel utilisé pour les simulations. L'élasticité donne également une indication du risque de prime qu'un propriétaire de terrain à bâtir devrait exiger en comparaison avec celle exigée par un investisseur dans un projet immobilier fini. Si l'élasticité est de 3 et en supposant que l'investisseur d'un projet exige un retour sur l'investissement de 5%, alors le propriétaire des parcelles non-développées devrait exigés 15% sur son capital.

$$\eta = \{y_V - y_K + \sigma_V^2/2 + [(y_K - y_V - \sigma_V^2/2)^2 + 2y_K\sigma_V^2]^{1/2}\}/\sigma_V^2 \qquad (5)$$

La valeur limite ou critique est en fait la valeur du projet développé au-dessous de laquelle le terrain ne devrait pas être développé et construit. C'est en fait une valeur qui signale le moment optimal pour le développement, donc en termes d'option réelle, le moment d'exercer cette option. Comme selon la formule (6), cette valeur limite est une simple fonction des coûts du projet K_0 et de l'élasticité η.

$$V^* = K\eta / (\eta - 1) \qquad (6)$$

Il faut également noter qu'avec la formule (6), il est possible d'extraire le quotient limite entre « bénéfice et coûts » selon la formule (7). C'est également un ratio qui signale le moment opportun pour exercer l'option terrain à bâtir.

$$(V^*/K) = \eta / (\eta - 1) \qquad (7)$$

[75] Par la suite nommé „construction cost yield », $y_k = r_f - g_k$ qui n'est rien d'autre que la différence entre le taux d'actualisation sans risque, r_f et la croissance de coûts de construction, g_k qui est l'inflation

[76] L'élasticité donne le changement de valeur de l'option, le terrain, en pourcentage lorsque le prix de l'immeuble change de 1%. Pour une compréhension détaillée de l'élasticité, cf. Geltner (2007), Kolb, R.W. (2007), Hull, J.C. (2006)

4.3.2 Application à l'évaluation du terrain à bâtir sur le Canton de Vaud

Pour simuler la valeur du terrain dans le canton de Vaud, la formule de Samuelson-McKean sera utilisée dans cette thèse à partir de maintenant. Afin de simplifier, des unités neutres seront employées dans les calculs qui seront facilement extrapolables selon le besoin. En d'autres termes, pour débuter, une valeur de 100 pour le prix du sous-jacent sera appliquée.

De même que précédemment pour les arbres binominaux, la figure 37 sert de base pour le rendement des cash-flows. Les volatilités sont tirées des données statistiques développées au chapitre 4.1., ainsi que de la sensibilité obtenue lors des entretiens avec les professionnels de la branche.

Ce modèle fonctionne également sous le tableur Microsoft Excel 2007 et a été conçu à partir de différentes publications[77]. Le but de cette thèse n'étant pas d'expliquer toute la démarche mathématique pour arriver à la valeur de l'option, le terrain, seuls les résultats seront commentés au chapitre 4.3.3 ci-après.

4.3.3 Résultats

Comparée au modèle des arbres binomiaux, la formule de Samuelson-McKean est plus simple à utiliser. Il est donc important de voir la cohérence des résultats avec celle de la méthode binomiale. La question est donc de savoir si on obtient une valeur de terrain à bâtir équivalente à la méthode binomiale.

Input Values:	
Project volatility (sigma) = sqrt(var(V)+var(K)-2cov(V,K))	20.00%
Underlying asset (built property) current yield (yV)	6.00%
Riskless rate (Rf) (Not nec to val option)	3.00%
Construction cost yield (yK)	1.00%
Underlying asset (built property) current mkt value (V)	$100.00
Construction cost exclusive of land (K)	$88.24
Output values:	
Option (land value) elasticity [*"eta" = (dC/C)/(dV/V)*]:	3.64
Hurdle Benefit/Cost Ratio (V*/K) (PV[FV] terms)	1.3792
V*=	$121.69
Current Land Value (C)	**$16.38**
Critical Current Value of Underlying Asset (optimal development at not below):	$121.69
Optimal immediate exercise (development)?:	No
Optimal land value fraction at cevlpt (current values) = 1/eta:	27.49%

Figure 43 : Exemple de la matrice des données d'entrées (input values) et résultats (output values), Geltner (2007)

Nous détaillerons tout d'abord un exemple de résultat comme celui mentionné à la figure 43. Une valeur d'option, donc le prix du terrain à bâtir, est de 16.38% sur une valeur initiale du projet de 100. L'élasticité est de 3.64, ce qui signifie que chaque fois

[77] cf. principalement Geltner (2007) avec modification de l'auteur.

que le projet potentiel construit aurait augmenté de 1%, la valeur du terrain aurait augmenté de 3.64%. Comme remarqué précédemment, cette élasticité est très dépendante de la volatilité, mais également de la valeur de l'immeuble et des coûts du projet sans les coûts du terrain[78]. De la valeur de l'option, il est possible de déduire la prime de l'option de 4.62 - ((16.38 - (100-88.24)) - en cas de développement immédiat. Celle-ci est inclue dans la valeur de l'option de 16.38. En d'autres termes et dans cet exemple, un propriétaire qui signerait une promesse de vente avec droit d'emption de son terrain devrait exiger une prime de 28% - (4.62/16.38) -de la valeur du terrain afin de transmettre cette option à l'acheteur.

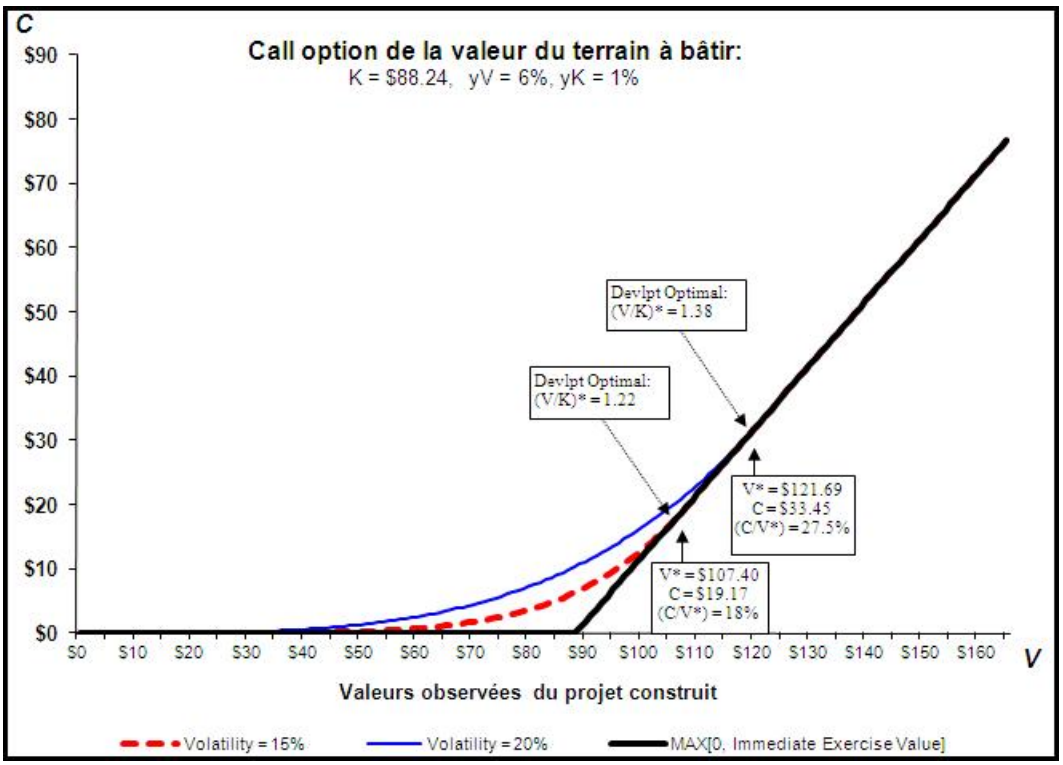


Figure 44 : Résultat de la formule de Samuelson-McKean qui transcrit l'option call du terrain à bàtir, Geltner (2007) adapté par l'auteur

La figure 44 illustre bien la relation qu'il y a entre la valeur du terrain sur l'ordonnée (C) et la valeur du projet construit sur l'abscisse (V). Il est possible de constater l'impact positif de l'augmentation de la volatilité sur le prix du terrain à bâtir. En rouge se lit la simulation avec une volatilité de 15% alors qu'en bleu une volatilité de 20% est simulée. Cette figure indique également que l'augmentation de la volatilité retarde l'exercice de l'option puisqu'avec 15%, il serait optimal d'exercer l'option à une valeur du projet construit de 107.40, ce qui donnerait un quotient limite entre le bénéfice

[78] cf. formule 5

et les coûts V/K (107.40/88.24) de 1.22. En revanche, avec 20%, ce ratio devrait être de 1.38. Ce ratio est une simple fonction de l'élasticité selon la formule (7).

Comme avec les arbres binomiaux, quelques simulations avec les données spécifiques des régions MS du canton de Vaud ont été effectuées. De nouveau, le rendement a été fixé à 5% net, le r_f à 1.5%, la valeur (V) à 100 unités et seuls les coûts (K) et la volatilité ont varié. Faire varier les coûts et fixer V conduit à faire varier cette relation et inversement. C'est un choix arbitraire qui n'a aucun impact sur les résultats et sur leurs interprétations.

		Coûts du projet incluant tous les coûts excepté prix du terrain à bâtir					
	Volatilité	75	80	85	90	95	100
Samuelson McKean	10.00%	25.0	20.0	15.0	10.0	5.9	3.5
Binomial		25.0	20.0	15.0	10.0	5.4	2.9
Samuelson-McKean	15.00%	25.0	20.0	15.4	11.9	9.4	7.5
Binomial		25.0	20.0	15.0	11.3	8.5	6.6
Samuelson-McKean	20.00%	25.3	21.7	18.5	16.0	14.0	12.3
Binomial		25.0	20.4	17.3	14.4	12.4	10.5
Samuelson-McKean	25.00%	28.0	25.3	22.9	20.9	19.2	17.7
Binomial		26.2	23.1	20.0	17.9	16.1	14.3
Samuelson-McKean	30.00%	32.0	29.8	27.8	26.1	24.6	23.2
Binomial		28.7	25.7	23.5	21.4	19.6	17.9
Samuelson-McKean	35.00%	36.3	34.4	32.7	31.2	29.9	28.7
Binomial		31.1	28.9	26.8	24.8	23.0	21.4
Samuelson-McKean	40.00%	40.4	38.9	37.5	36.2	35.0	33.9
Binomial		33.9	31.9	30.0	28.1	26.4	[illegible]

Figure 45 : Comparaison valeurs du terrain selon les méthodes Samuelson-McKean et arbres binomiaux

La figure 45 présente les résultats des valeurs du terrain à bâtir suite aux simulations avec la méthode de Samuelson-McKean comparée avec la méthode des arbres binomiaux. Il est possible de constater que les valeurs entre les deux méthodes sont assez proche les unes des autres jusqu'à des volatilités de 25% respectivement des ratios entre les coûts du projet et la valeur du projet finis de 95%. Au-delà, les différences relatives augmentent progressivement en faveur de la méthode de Samuelson-McKean selon la direction de la flèche rouge.

4.4 Conclusions

Bien que la méthode des arbres binomiaux et la formule de Samuelson-McKean soient basées sur des hypothèses qui ne reflètent pas toujours la réalité, les résultats montrent qu'elles donnent des valeurs de terrain à bâtir très proches les unes des autres.

Comme pour toute méthode d'évaluation, il est toujours bon d'avoir plusieurs résultats, leur moyenne constituant un bon compromis.

Ces deux méthodes sont donc des outils intéressants qui pourraient être utilisés pour des négociations entre vendeurs et acquéreurs de terrains à bâtir.

5 Stratégies du propriétaire immobilier

5.1 Introduction

Avec les deux modèles présentés dans le chapitre précédent, ainsi que les informations sur les mesures d'aménagement et la description des risques sur l'ensemble du cycle de développement immobilier, le propriétaire foncier peut prendre les décisions opportunes quant au devenir de son bien. La question centrale de la thèse étant l'évaluation des options réelles et la valeur du terrain à bâtir, il paraît important de donner également quelques éléments quant aux possibilités de ventes et de co-investissement d'un propriétaire. Ce chapitre a pour seul but d'ouvrir la discussion ; il ne rentre pas dans les détails.

5.2 Droit d'emption et préemption avant l'adoption du plan partiel d'affectation

Avant l'adoption d'un plan d'affectation, le terrain, non constructible, reste considéré comme un immeuble agricole. Celui-ci sera classé de zone agricole en zone à bâtir lors de l'adoption du plan d'affectation, que ce soit un PGA, PPA ou PQ.

Selon la LDFR et ODFR[79], la terre agricole ne peut pas être vendue à des personnes non exploitantes et pas à un prix surfait. Si un terrain est donc en phase de classement, un investisseur immobilier et un propriétaire de terres agricoles ne peuvent s'engager dans une transaction future qu'à travers un droit d'emption[80] ou de préemption[81]. Dans le premier cas, il s'agit simplement d'une *option call* vendu à son acquéreur, l'empteur est en général un investisseur. Celle-ci devient techniquement une *option call* si et seulement si, une prime est payée au moment de la signature du contrat. Un propriétaire ne devrait en aucun cas signer un contrat sans se mettre d'accord sur une prime plus communément appelée acompte. Le propriétaire foncier doit également demander le versement de cet acompte irrévocablement au moment de la signature du contrat. Sinon, il céderait un droit d'emption ou une option sans que celle-ci soit rémunérée. Le propriétaire ne devrait également pas accepter que l'acompte soit consigné sur un compte bloqué auprès d'un notaire. En effet, l'argent ne pourrait pas fructifier jusqu'à l'exécution du PVA ou de l'option réelle alors que dans le calcul de valorisation de l'option réelle qui inclus sa prime, le rendement de l'argent est pris en considération.

---

[79] cf. annotation 16

[80] Le droit d'emption donne à son titulaire le pouvoir d'acquérir ultérieurement le bien foncier aux conditions fixées dans le contrat

[81] Le droit de préemption donne à son titulaire un droit préférentiel d'acquérir le bien foncier si le propriétaire le mettait sur le marché à l'échéance fixée. Il pourrait donc l'acquérir moyennant le fait qu'il fasse une offre au moins égale ou supérieur à l'offre la plus élevée faite par un tiers

Le propriétaire pourrait également s'engager à travers un droit de préemption qui lui serait avantageux[82] si le marché partait à la hausse. Cependant, sa prime serait plus difficile à négocier que celle découlant d'un droit d'emption et serait certainement moins élevée.

La prime à payer par l'empteur peut être calculée selon la formule de Samuelson-McKean. Il apparaît que dans la pratique, ces acomptes sont bien inférieurs à ce qui ressort de la formule Samuelson-McKean. Un minimum de 10% devrait être exigé mais avec une volatilité de 15% et plus, le propriétaire ne devrait pas hésiter à négocier jusqu'à 20% d'acompte.

A ce stade, le risque additionnel existe que le plan d'affectation n'aboutisse pas. Ce risque n'est pas pris en considération dans les deux modèles développés précédemment et pourrait faire l'objet d'études supplémentaires. Cependant, l'objectif de la thèse était de travailler sur des projets importants pour lesquels un risque de non aboutissement reste extrêmement faible, sauf changement soudain de législation qui bloquerait le classement en zone à bâtir.

5.3 Vente dès l'adoption du plan partiel d'affectation

Selon les discussions avec les professionnels de l'immobilier et pour les projets importants, le cas le plus fréquent est l'engagement définitif des investisseurs à partir de l'entrée en force des plans d'affectation, donc de la légalisation du terrain en zone à bâtir. Le propriétaire peut alors, soit vendre à ce moment, soit de nouveau donner un droit d'emption ou de préemption à l'investisseur. Les grands promoteurs et investisseurs confirment qu'à ce stade de développement, ils préfèrent effectuer l'achat définitif que de prendre des options par emption ou préemption. Il est certain que le prix fixé par un droit d'emption à ce moment devrait être plus élevé que le prix fixé dans un acte de vente à ce même moment, car ce droit donne la flexibilité de l'exécution[83] du contrat qui a son prix selon la théorie des options.

5.4 Participation financière dans le projet immobilier

Le propriétaire foncier peut devenir propriétaire des immeubles qui seront construits sur son terrain. En prenant l'hypothèse qu'il n'ait pas de fonds propres, il pourrait faire financer les études du projet par un promoteur jusqu'à l'obtention du droit de construire. Dès l'obtention des permis de construire et d'ici au démarrage de la cons-

[82] La différence entre un droit d'emption et de préemption est que dans le premier cas, le prix est fixé et non négociable à l'exécution du droit alors qu'avec un droit de préemption, le vente sera effectué au plus offrant à l'échéance du contrat et/ou l'acquéreur du droit de préemption si son offre est au moins égale ou supérieur à l'offre la plus élevée

[83] Il est considéré ici que cette flexibilité est permise dans le contrat

truction, il peut obtenir des prêts en mettant ses immeubles en gage. Dans l'hypothèse où la valeur des terrains correspond entre 15% et 25% de l'ensemble de la valeur du projet construit, cela induirait un taux d'endettement élevé qui pourrait rapidement mettre en péril le projet en cas de changements des conditions du marché. Pour le propriétaire du terrain, différentes manières d'atténuer ce risque pourraient exister, soit en commercialisant une partie du projet en vente en PPE, soit en concluant des baux à loyer avec les futurs locataires, soit, ce qui est plus courant, en vendant une partie du terrain à un investisseur/EG/ET après l'obtention du PPA et utiliser ainsi ces nouveaux fonds propres additionnels pour diminuer le taux d'endettement sur la partie qu'il construira lui-même et conservera.

L'autre possibilité serait de créer une structure financière séparée qui réunirait les fonds d'un investisseur et la contre-valeur du terrain sur l'ensemble du projet. Une nouvelle entité juridique serait alors propriétaire de l'ensemble.

6 Résumé, discussions et perspectives

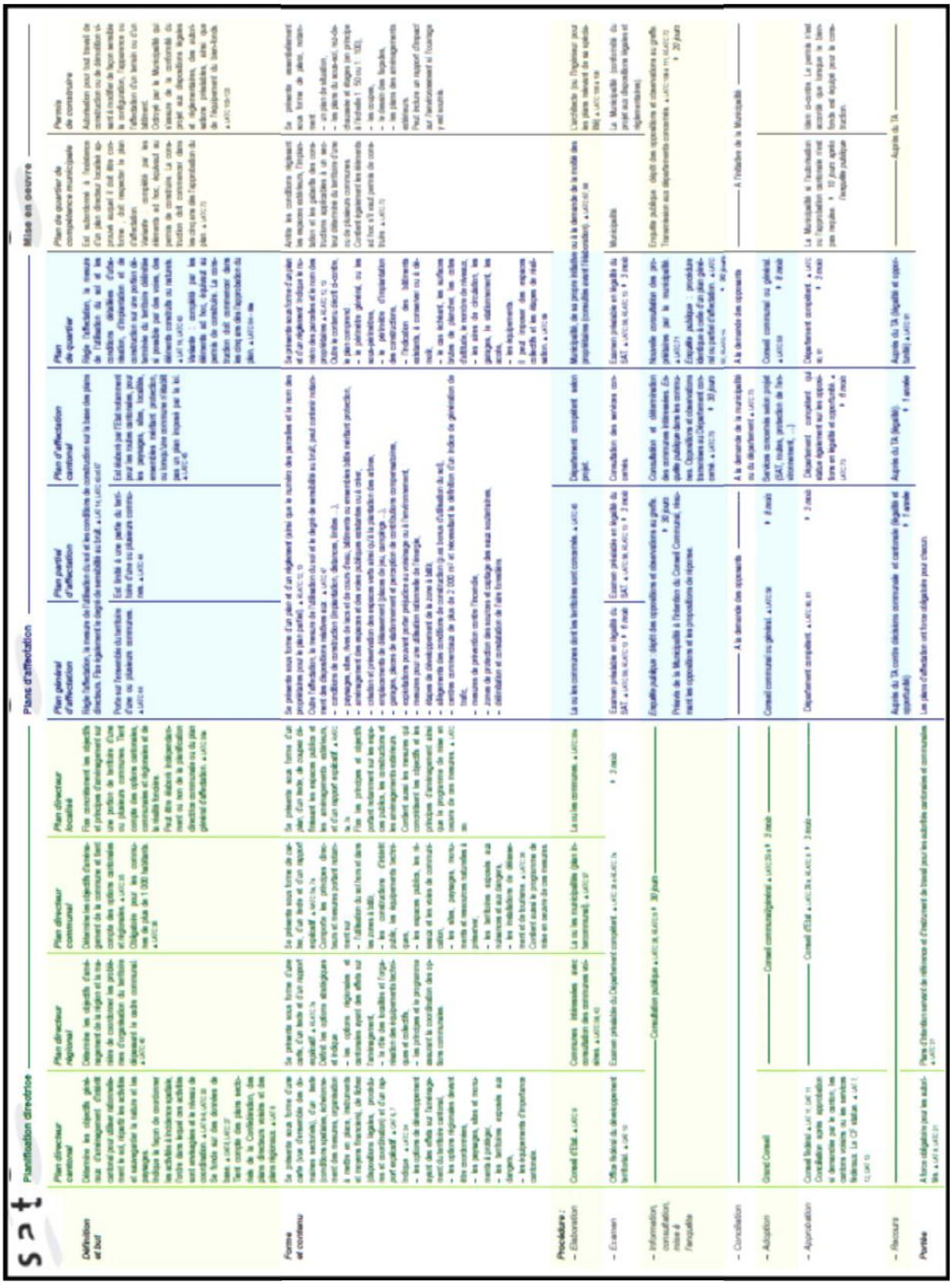
Ce travail met l'accent sur l'évaluation du terrain à bâtir dans le canton de Vaud. Il était important de mettre en lumière le cycle de développement immobilier selon les théories générales. Ensuite, avec l'aide d'un questionnaire, plus de quinze professionnels de l'immobilier ont commenté ces étapes de développement dans le canton de Vaud avec un accent sur les différentes mesures d'aménagement et les risques encourus. Il en ressort, sans surprise, que les risques les plus importants se situent très en amont du cycle de développement à partir de l'établissement des plans d'affectation, que ce soit des PGA, PPA ou PQ. Force est de constater que les instruments financiers utilisés dans la pratique pour l'évaluation des biens fonciers restent basiques et que malheureusement, la théorie des options réelles n'est pas connue et appliquée.

L'analyse statistique, bien qu'avec des séries historiques différentes pour les différents type d'habitats, démontre une très bonne corrélation entre les dix régions MS du canton de Vaud d'une part, mais également entre les différents types d'habitats au sein d'une même région. Cette analyse statistique nous a permis d'utiliser les données sans craindre des erreurs d'interprétation grossières résultant des modèles d'options réelles. Les résultats d'évaluation du prix du terrain par le modèle des arbres binomiaux donnent des résultats similaires au modèle de Samuelson-McKean ; ceci pour des volatilités qui restent au-dessous de 30%. Au-delà de 25% ou 30%, la formule de Samuelson-McKean donne systématiquement des valeurs plus élevées d'au moins 20%.

Il a été démontré que ces modèles sont très utiles et faciles à utiliser et peuvent être extrêmement intéressant pour le vendeur et l'acheteur d'un terrain en zone à bâtir afin d'avoir des éléments quantifiables dans l'argumentation de la négociation.

Bien qu'elles soient utiles, il paraît également évident que le monde de l'immobilier traditionnel ne va pas recourir à ce genre de techniques d'un jour à l'autre. Cependant, avec la direction donnée par la révision de la LAT et même si le référendum devait aboutir, la politique d'aménagement du territoire actuelle menée dans le canton de Vaud mène à une concentration du milieu bâti dans les centres cantonaux, régionaux et locaux. Ceci induira moins de projets immobiliers, qui seront cependant plus grands dans le futur. Dès lors et compte tenu de la professionnalisation des équipes de développement sur les grands projets, il sera possible et de plus en plus pertinent de mettre en œuvre ces modèles d'options réelles au cas par cas.

A.1 : Figure synoptique des mesures d'aménagement



A.2 : Liste des personnes interrogées

1. ***Entreprise :*** Avenir Suisse
   Nom: Marco Salvi, Projektleiter
   Lieu de l'interview : Zürich
   Date de l'interview : 24/05/2012

2. ***Entreprise :*** Université de Lausanne, Faculté de droit et des sciences criminelles et Etude des avocats Haldy, Conod, Marquis et Leuba
   Nom: Jacques Haldy, Prof. de droit civil, membre du Barreau vaudois
   Lieu de l'interview : Lausanne
   Date de l'interview : 25/05/2012

3. ***Entreprise :*** SBB Immobilien
   Nom: Roger Beier, Head of Development, member of ExCom
   Lieu de l'interview : Zürich
   Date de l'interview : 31/05/2012

4. ***Entreprise :*** CGImmobilier
   Nom: Charles Spierer, Administrateur
   Lieu de l'interview : Genève
   Date de l'interview : 07/06/2012

5. ***Entreprise :*** RUAG Real Estate AG
   Nom: Hans Rudolfo Hauri, CEO
   Lieu de l'interview : Berne
   Date de l'interview : 08/06/2012

6. ***Entreprise :*** Plarel – Architectes et urbanistes associés
   Nom: Yves Blanc, Administrateur, Suzanne Ferreux, Géographe
   Lieu de l'interview : Lausanne
   Date de l'interview : 13/06/2012

7. ***Entreprise :*** Créateurs Immobilier & MK Realitim Management SA
   Nom: M. François Dieu, Co-fondateur de Créateurs Immobilier et Administrateur de MK Realitim Management SA
   Lieu de l'interview : Plan-Les-Ouattes, Genève
   Date de l'interview : 14/06/2012

8. ***Entreprise :*** Losinger Marazzi SA
   Nom: Pierre Adnet, Directeur Adjoint, Développement Immobilier Agence Valdo-Genevoise
   Lieu de l'interview : Cointrain, Genève
   Date de l'interview : 14/06/2012

9. ***Entreprise :*** Losinger Marazzi SA
   Nom: Manuel Baud, Chef de projet, Développement Immobilier Suisse Occidentale
   Lieu de l'interview : Bussigny
   Date de l'interview : 15/06/2012

10. ***Entreprise :*** Rilsa Immobilier
    Nom: Christian Niels, Administrateur et Axel Niels, Courtier
    Lieu de l'interview : Lausanne
    Date de l'interview : 15/06/2012

11. ***Entreprise :*** Alvazzi Immobilier SA
    Nom: Pascal Alvazzi, Administrateur et Christophe Alvazzi, Administrateur
    Lieu de l'interview : Orbe
    Date de l'interview : 15/06/2012

12. ***Entreprise :*** Econlab GmbH
    Nom: Markus Gmünder, CEO
    Lieu de l'interview : Bâle
    Date de l'interview : 22/06/2012

13. ***Entreprise :*** Naef Participations financières SA
    Nom: Antoine Gabella, Directeur
    Lieu de l'interview : Lausanne
    Date de l'interview : 22/06/2012

14. ***Entreprise :*** Pro Logement SA
    Nom: Sandy Grand, Administrateur
    Lieu de l'interview : Echallens
    Date de l'interview : 22/06/2012

15. ***Entreprise :*** Parfi Management SA
    Nom: Gérard Wuilleret, Directeur
    Lieu de l'interview : Echallens
    Date de l'interview : 22/06/2012

Bibliograhie et références

Aemisegger, H. (1983) : Aménagement du territoire et obligation d'indemniser : expropriation matérielle - principe de la bonne fois, Berne 1983

Aemisegger, H. (2009): Association Suisse pour l'Aménagement National, Commentaire de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire, Zürich-Basel-Genf 2010

Anderson, G. E. (2005): Taxes and Fees as Forms of Land Use Regulation, The Journal of Real Estate Finance and Economics, (2005), 31:4, Page 413–427

Bandli, C. / Henny, J-M. (1998) : Le droit foncier rural, commentaire de la loi fédérale sur le droit foncier rural du 4 octobre 1991, Brugg 1998

BCV (2007) : Le marché immobilier vaudois de l‘habitation, vers une pénurie structurelle de logements, Lausanne 2007

Bianchi, M. (1990) : La révision du plan d'affectation communal, Lausanne 1990

Bovay, B. (2010) : Droit fédéral et vaudois de la construction : textes annotés de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire et de son ordonnance d'exécution, de la loi vaudoise sur l'aménagement du territoire et les constructions et de son règlement d'exécution, textes de la loi sur le plan de protection de Lavaux et de l'Accord inter cantonal harmonisant la terminologie dans le domaine des constructions, Bâle 2010

Brach, M. A. (2003): Real Options in Practice, Hoboken 2003

Brealey, R. A. / Myers S. C. (1996): Principle of Corporate Finance, Sixth Edition, Part Six, Options, New York 1996

Bridel, L. (1971) : Panification et aménagement des aires de délassement , Zürich 1971, 4, S. 22

Buser, B. (2000): Zusammenhang von Bodenpreise und den Regionalen Entwicklungstypen im Kanton Graubünden, Zürich, 2000

Capozza D. / Li Y. (1994): Reviewed work(s), The Intensity and Timing of Investment: The Case of Land, The American Economic Review, Vol. 84, No. 4 (1994), Page 889-904

CFA Institute, (2008) : CFA Program Curriculum level II – volume 6, Charlottesville, 2008

Chambre Neuchâteloise du commerce et de l’industrie, (2010) : Des idées pour dessiner l’avenir du canton, Neuchâtel 2010

Channel 4, (1991), The men who built Canary Wharf, London 22 septembre 1991

Chapuis, F. / Stoll, U. (2008): Strategische Führung von Betriebsimmobilien : am Beispiel des Immobilien-Portfolios des Paul Scherrer Instituts (PSI), Norderstedt 2008

Chriss, N. A. (1997): Black-Scholes and Beyond, Option Pricing Models, Chicago 1997

Copeland, T. / Antikarov, V. (2001): Real Options, A practitioner's guide, New York 2001

C.W.R. Ward, Arbitrage and Investment in Commercial Property, (pas de date)

Davidson, D. A. (1992): The Evaluation of Land Resources, New York 1992

Davidson, J. C. (2011): Private equity real estate, Zug 2011

De Fusco, R. A. (2001): Quantitative methods for investment analysis, Baltimore 2001

De Posson, (2004-2006) : Economie financière et gestion de portefeuille, 2ème licence, Paris 2006

Don M., C. (2003): Analysis of derivatives for the CFA Program, Charlottesville 2003

Emery, C. (2005): Le droit de préemption en droit foncier rural, Thèse de licence et de doctorat présentée à la Faculté de droit de l'Université de Lausanne, Lausanne 2005

Felix, J. M. (2000) : Grösse und Lage von Bauzonen nach Art. 15 RPG und dem weiteren raumrelevanten Recht, Nottwill 2000

Frey, H. C. / Niessen, G. (2001): Monte Carlo Simulation, Quantitative Risikoanalyse für die Versicherungsindustrie, München 2001

FSU (Fédération Suisse des Urbanistes, section romande), (2008), Réalité foncière et projet urbain, Lausanne 2008

Furer, H. (1983): Rechtliche Probleme der Mehrwertabschöpfung : unter besonderer Berücksichtigung der Kantone Basel-Stadt, Basel 1983

Geltner, D. M. / Miller, N. G. (2007): Commercial real estate analysis and investments; Mason 2007

Giuliani, G. (2002): Landwirtstschaftlicher Bodenmarkt und landwirtschaftliche Bodenpolitik in der Schweiz, Zürich, 2002

Glasserman, P. (2003): Monte Carlo Methods in Financial Engineering, New York 2003

Fishman, G. S. (1995): Monte Carlo Concepts, Algorithms and Applications, New York 1995

Gmünder, M. (2010): Raumplanung zwischen Regulierung und Markt : eine ökonomische Analyse anreizorientierter Instrumente in der Raumplanung, Basel 2010

Gravel, N. (2000): La méthode hédonique d'évaluation des biens immobilier : Intérêts et limites pour les parcs HLM, unité mixte de recherche du CNRS : No. 7536, Université de Cergy-Pontoise

Grisel, A. (1984) : Traité de droit administratif, Neuchâtel 1984

Hoesli, M. (2011) : Investissement immobilier, Paris 2011

Howell, S. / Stark, A. / Newton, D. / Paxton, D. (2001): Real Options, Evaluating Corporate Investment Opportunities in a Dynamic World, London 2001

Hull, J. C. (2006): Options, Futures and Other Derivatives, Englewood Cliffs 2006

Immobilienwirtschaft aktuell, Beiträge zur immobilienwirtschaftlichen Forschung, (2010), Center for Urban & Real Estate Management, Zürich 2010

Immobilienwirtschaft aktuell, Beiträge zur immobilienwirtschaftlichen Forschung, (2011), Center for Urban & Real Estate Management, Zürich 2011

Jaeckel, P. (2002): Monte Carlo methods in finance, Chichester 2002

Joy, C. / Boyle, P. P. / Tan, K. S. (1994): Quasi-Monte Carlo Methods in numerical finance, Ontario 1994

Kammer Unabhängiger Bauherrenberater (Schweiz), Eidgenössische Technische Hochschule (Zürich), (2009), Immobilienmanagement : Handbuch für Immobilienentwicklung, Bauherrenberatung, Immobilienbewirtschaftung, Zürich-Basel-Genf 2009

Kippes, S. (2005): Immobilienmanagement, Handbuch für professionelle Immobilienbetreuung und Vermögensverwaltung, Stuttgart 2005

Knapp, B. (1982) : La compensation selon l'article 5 de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire, Lausanne 1982

Kolb, R. W. (2007): Futures, options, and swaps; Malden 2007

Kyrein, R. (2002): Immobilien Projektmanagement, 2ème édition, Projektentwicklung und –steuerung, Köln 2002

Levitt, R. L. (2003): Property Development Europe, Case Studies in Innnovation, Washington D.C. 2003

Loi fédérale sur l'aménagement du territoire (2012), LAT, Modification du 15 juin 2012, Berne 2012

Luerman, T. A. (1998): Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers, HBS 1998, Reprint 98404

Luehrman, T. A. (1998): Strategy as a Portfolio of Real Options, HBS 1998, Reprint 98506

Lutz, U. / Klaproth, T. (2004): Riskmanagement im Immobilienbereich, Technische und wirtschaftliche Risiken, Berlin 2004

Luzius, H. (1980) : Welche Folgen haben die Dauer des Baubewilligungsverfahrens und die Abgaben, die auf dem Boden lasten, auf die Bodenpreise und die hypothekarische Belehnung?, St. Gallen 1980

Moel A. / Tufano, P. (1998): Bidding for the Antamina Mine: Valuation and Incentives in a Real Options Context, HBS 1998

Mueller-Erzbach, R. (1928): Deutsches Handelsrecht, 2ème et 3ème édition, Tübingen 1928

Mun, J. (2006): Modeling Risk, Applying Monte Carlo Simulation, Real Options Analysis, Forecasting, and Optimization Techniques, New Jersey 2006

Ooi, J. T. L. (2004): The Wealth of Land acquisition, The Journal of Real Estate Finance and Economics 2004, 29:3, S. 277–294

Pfnuer, A. (2004): Modernes Immobilienmanagement, Facility Management, Corporate Real Estate Management und Real Investment Management, Berlin 2004

Poorvu, W. J. / Cruikshank, J. L. (1999): The real estate game, New York 1999

Robert, C. P. / Casella, G. (2004): Monte Carlo Statistical Methods, New York 2004

Ronn, E. I. (2002): Real Options and Energy Management, Using Options Methodology to Enhance Capital Budgeting Decisions, London 2002

Sailer, E. / Grabener, H. J. (2004): Immobilien-Fachwissen von A-Z, Das Lexikon mit umfassenden Antworten auf Fragen aus der Immobilienwirtschaft, Kiel 2004

Schaerrer, J. (2010) : La propriété foncière rurale, Berne 2010

Schulte, K.-W. / Bone-Winkel S. (2002): Handbuch Immobilien-Projektenwicklung, 2ème édition, Cologne 2002

Schulte, K.-W. (2010): Wörterbuch Immobilienwirtschaft : english-german / german-english, Real estate dictionary, Wiesbaden 2010

Schwab, N. / Vuithier, M. (1984) : Enquête sur les statistiques du prix du sol en Suisse, Berne 1984

Scyboz, G. (2008): Code civil suisse et Code des obligations annotés, Bâle 2008

Sennhauser, R. (1970) : Infrastructure et équipement de zones à bâtir, Bulletin technique de la Suisse romande, Zürich 1970

Siepe, W. (2004): Die 141 besten Marketing-Tipps für Haus- & Grundbesitzer, Wie Sie die besten Mieter finden, wie Sie gute Mieter behalten, wie Sie Immobilien erfolgreich kaufen, Offenburg 2004

Simonius, P. / Sutter, T: (1995): Schweizerisches Immobiliarsachenrecht, Band I: Grundlagen, Grundbuch und Grundeigentum, Basel 1995

Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes, (2005): Ratios financiers pour les immeubles, Zürich 2005

Soom, E. (1968): Monte-Carlo-Methoden und Simulationstechnik, Statistische und mathematische Methoden für die Fertigung II, Bern 1968

Statistique Genève, (2012), Mouvement de la Construction, 4ème Trimestre 2011 et Bilan Annuel, No 10 – Février 2012

Stowe J. D. / Robinson T. R. (2002) : Analysis of equity investments: Valuation, Baltimore, 2002

Titman, S. (1985): Urban Land Prices Under Uncertainty, The American Economic Review, Vol. 75, No. 3 June 1985, S. 505-514

Turnbull G. K. (2005): The Dynamic Perspective in Urban Land, The Journal of Real Estate Finance and Economics, (2005), 31:4, S. 351–355

Turnbull, G.K. (2004): The Investment Incentive Effects of Land, The Journal of Real Estate Finance and Economics, (2004), 31:4, S. 357–395

Van der Hoek, J. / Elliott, R. J. (2006): Binomial Models in Finance, New York 2006

Vose, D. (1998): Quantitative Risk Analysis, A Guide to Monte Carlo Simulation Modeling, Chichester 1998

Williams, J. T. (1997): Redevelopment of Real Assets, Real Estate Economics 1997, vol: 25, 3, p: 387-407

Williams, J. T. (1991): Real Estate Development as an Option, Journal of Real Estate Finance and Economics 1991, 4, S. 191-208

Wüest & Partner, (1998), Immo-Monitoring Wüest & Part, Zürich 1998

Wüest & Partner, (1993), Monitoring Immobilienmarkt Schweiz Wüest & Partner, Rauminformation, Zürich 1993

Ziegler, A. (2004): Corporate Finance and Financial Intermediation in Continuous Time, A Game Theory Analysis of Options, Berlin 2004

ZKB, (2008), Wertvoller Boden, Die Funktionsweise des Bodenmarktes im Kanton Zürich, Zürich 2008

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Thema

"Maximiser l'évaluation et la rentabilité d'un terrain à bâtir depuis sa phase de classement et pendant l'ensemble du cycle de développement immobilier. Une méthodologie d'options réelles avec accent porté sur le canton de Vaud"

selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Falle durch Angabe der Quelle (auch der verwendeten Sekundärliteratur) als Entlehnung kenntlich gemacht.

Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen und wurde auch noch nicht veröffentlicht.

Ebmatingen, den 10. August 2012